



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA



PROSIDING

PENGEMBANGAN PROFESI PRANATA LABORATORIUM PENDIDIKAN

2021

Direktorat Sumber Daya
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi

Volume 2

ISSN 2774-406X

Judul Buku

Prosiding Pengembangan Profesi Pranata Laboratorium Pendidikan Tahun 2021

Penanggung Jawab

Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
Direktur Sumber Daya

Penelaah

Koordinator Kompetensi Pendidik dan Tenaga Kependidikan

Penyusun

Tim Sub Koordinator Kompetensi Tenaga Kependidikan

Penyunting Bahasa

Syifa Mufiedatussalam

Desain Sampul

Nanda Gardamewa

Penata Isi

Utami Dewi Nastiti

Reviewer

Mulyono
Suhardjono
Bambang Sugiarto
Bambang Supriatno
Tri Joko Raharjo
Abdurachman Effendi

Jumlah Halaman

117 + iii halaman romawi

Edisi Cetakan

Volume 2, November 2021

Penerbit

Direktorat Sumber Daya, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

©2021, Hak Cipta dilindungi Undang-Undang Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Pranata Laboratorium Pendidikan sebagai jabatan fungsional mengemban tugas, tanggung jawab, dan wewenang untuk melakukan pengelolaan laboratorium di satuan pendidikan. Agar dapat melaksanakan tugas tersebut secara kompeten dan profesional, pranata laboratorium pendidikan perlu diberikan pembinaan dan ruang untuk mengembangkan profesinya.

Dalam rangka pembinaan dan pengembangan profesi PLP, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi melalui Direktorat Sumber Daya melanjutkan Program Pengembangan Profesi Pranata Laboratorium Pendidikan (PP-PLP). Peserta PP-PLP Tahun 2021 wajib mempresentasikan hasil penelitian yang dilakukan melalui seminar nasional yang difasilitasi oleh Direktorat Sumber Daya.

Hasil seminar tersebut perlu dituangkan dalam prosiding sebagai bahan bacaan dan referensi bagi masyarakat khususnya Pranata Laboratorium Pendidikan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada Tim Penyusun dan pihak lain yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian prosiding ini.

Jakarta, November 2021
Direktur Sumber Daya

Mohammad Sofwan Effendi

DAFTAR ISI

Kata Pengantar			i
Daftar Isi			ii
Daftar Prosiding			
Adita Yuniati Puspitasari	Universitas Gadjah Mada	Perancangan dan Realisasi Alat Pencuci Tube NMR Menggunakan Sistem Vakum.	1
Agus Wahid Habiburrohmah	Universitas Mataram	Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Suara pada Zat Padat Menggunakan Sensor Piezoelectric untuk Praktikum Fisika Dasar Topik Cepat Rambat Bunyi.	6
Anton Hartanto	Universitas Negeri Surabaya	Oven Pintar Berbasis Modul Elektronik Kontrol dengan Pewaktu Otomatis untuk Pengeringan Bahan Praktek di Laboratorium Pengecatan.	11
Budiyono	Universitas Jember	Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Bola Jatuh pada Praktikum Viskositas Menggunakan Arduino UNO ATmega.	16
Dedi Susanto	Universitas Bengkulu	Pengembangan Lemari Pengering Herbarium Berbasis Aliran Udara Kering Bersuhu Rendah.	22
Heni Triwahyuni	Universitas Brawijaya	Pengaruh Waktu Fiksasi, Waktu Dehidrasi dan Waktu Analisis terhadap Mutu dan Kualitas Hasil Pewarnaan HE.	29
Huyyirnah	Universitas Hasanuddin	Penyediaan Stok Kultur Bakteri (Patogen dan Non Patogen) di Laboratorium Mikrobiologi Laut yang Diisolasi dari Rumpun Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .	36
Irwan Zaenal N	Institut Teknologi Bandung	Rancang Bangun Purwarupa Alat Pengujian Tahanan Kontak	45
Marjuni	Universitas Lambung Mangkurat	Penentuan dan Peningkatan Kualitas Akuades Berdasarkan Variasi Sumber Air Baku pada Alat Destilasi dengan Sirkulasi Air Termodifikasi	50
Nyoman Sri Handayani	Universitas Udayana	Uji Efektivitas Metode <i>Spin Column</i> Dibandingkan Konvensional Terhadap Kualitas dan Kuantitas DNA Darah pada Hewan Model Hepatotoksik dengan Waktu Penyimpanan Berbeda	56
Olha rantung	Universitas Sam Ratulangi Manado	Metode Spektrofotometer UV Untuk Uji Vitamin C Dalam Buah-Buahan	61
Rumbiwati	Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	Daur Ulang Limbah Gel Agarose untuk Efisiensi Reagen Elektroforesis	67

Siti Nuraini	Universitas Sriwijaya	Prekonsentrasi Logam Kadmium dengan Ultrasonik Menggunakan Resin DOWEX 50WX2-200	72
Sriyadi	Universitas Negeri Semarang	Rancang Bangun E-Atlas Histologi Menggunakan <i>Digital Image Creator for Microscope</i> (DIGICOM) sebagai Upaya Adaptasi Kebiasaan Baru	78
Sugito	Universitas Sebelas Maret	Uji Performa AAS Thermo Ice 3000 Terhadap Logam Cu Menggunakan CRM 500 dan CRM 697 di UPT Laboratorium Terpadu UNS	84
Sunarti	Universitas Borneo Tarakan	Uji Efektifitas Model dan Mekanisme Kerja Alat Instalasi Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Arang Aktif dan Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ (Aluminium Sulfat)	89
Ulul Khairi Zuryati	Universitas Mataram	Pemanfaatan Zeolit NaA dari Kaolin Sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) Pada Limbah Cair di Laboratorium Kimia	95
Yeni Indrawati	Universitas Riau	Pengembangan Kinerja <i>Muffle Furnace</i> Berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i> di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis	102
Yenni Putri Sari	Universitas Bengkulu	Rancang Bangun Mini Laminar Airflow Cabinet sebagai Penunjang Kegiatan di Laboratorium yang Membutuhkan Kondisi Aseptik	108
Zenal Aripin	Institut Teknologi Bandung	Pengembangan Peralatan untuk Pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro	113

Perancangan dan Realisasi Alat Pencuci Tube NMR Menggunakan Sistem Vakum

Adita Yuniati Puspitasari*¹, Anif Usman²

^{1,2}Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu, Universitas Gadjah Mada

E-mail: *¹adita.yuniati@ugm.ac.id,²usman@ugm.ac.id

Abstrak

Spektrometer NMR merupakan teknik analisis kualitatif dan kuantitatif untuk menentukan struktur senyawa dalam perancangan obat, pembuatan sensor serta mengontrol kualitas bahan dan produk. Tube NMR berdiameter 5 mm yang digunakan untuk analisis berperan penting pada kualitas data yang dihasilkan. Proses pencucian tube tersebut secara konvensional menggunakan sonikator, pipet, tisu serta pelarut organik membutuhkan waktu rata - rata 2 menit/tube. Lamanya proses pencucian dan resiko paparan pelarut organik merupakan dampak negatif yang ditimbulkan pada metode ini. Kami telah merancang dan membuat alat pencuci tube yang dapat mempersingkat waktu pencucian tube serta mengurangi resiko paparan. Alat utama pada metode ini adalah pompa vakum untuk mendorong pelarut masuk ke dalam tube serta menjangkau seluruh bagian tube pada proses pencucian. Alat dirancang untuk mencuci 3 tube sekaligus dalam satu kali proses pencucian. Dampak yang diharapkan dari pembuatan alat ini adalah meningkatnya kepuasan pelanggan karena waktu penyelesaian uji yang lebih cepat, keakuratan hasil karena tidak adanya faktor kontaminasi bahan atau sampel serta efisiensi dana untuk pembelian tube NMR.

Kata kunci : tube NMR, pelarut organik, pencucian tube

Abstract

NMR spectrometer is a qualitative and quantitative analysis technique to determine the structure of compounds in drug design, manufacture of sensors and control the quality of materials and products. The 5 mm diameter NMR tube used for analysis plays an important role in the quality of the data produced. The conventional tube washing process using a sonicator, pipette, tissue and organic solvent takes an average of 2 minutes/tube. The length of the washing process and the risk of exposure to organic solvents are negative impacts caused by this method. We have designed and manufactured a tube washer that can shorten tube washing time and reduce the risk of exposure. The main tool in this method is a vacuum pump to push the solvent into the tube and reach all parts of the tube in the washing process. The tool is designed to wash 3 tubes at once in one washing process. The expected impact of making this tool is increased customer satisfaction due to faster test completion times, accuracy of results due to the absence of material or sample contamination factors and efficiency of funds for purchasing NMR tubes.

Keywords : NMR tube, organic solvent, tube cleaning

PENDAHULUAN

Spektrometer NMR merupakan salah satu teknik analisis non destruktif yang sangat penting yang digunakan untuk menunjang berbagai bidang penelitian terutama pada bidang kimia, farmasi, kedokteran, biologi dan pertanian (Simmler, Napolitano, McAlpine, Chen, & Pauli, 2014).

Sampel yang akan dianalisis sebelumnya dipreparasi terlebih dahulu dengan melarutkan sampel tersebut ke dalam pelarut organik yang sesuai kemudian sampel dimasukkan ke dalam tube NMR untuk dianalisis. Tube atau tabung NMR merupakan alat pendukung analisis yang sangat penting. Tabung yang digunakan terbuat dari bahan khusus yang dapat digunakan dalam medan magnet. Hal inilah yang menyebabkan harga dari tabung ini sangat mahal karena harus didatangkan dari luar negeri. Goresan yang terdapat pada tabung dapat mempengaruhi hasil pembacaan sampel. Oleh karena itu, proses pencucian tube NMR adalah proses penting yang harus diperhatikan. Kebersihan tabung yang digunakan akan membuat hasil uji lebih valid.

Tube NMR merupakan bahan habis pakai yang digunakan pada pengujian sampel menggunakan instrumen NMR. Tube ini terbuat dari bahan gelas yang mempunyai kerentanan magnetik yang sesuai dengan rongga tempat sampel yang membatasi larutan. Desain dan bentuk tabung silinder sampel berisi rongga sampel berbentuk slot yang dibuat dari kaca yang kerentanan magnetisnya cocok dengan pelarut sampel (*SM-glass*) (Takeda et al., 2011).

Tube NMR berkualitas tinggi umumnya digunakan untuk *screening* afinitas ligan. Pada tahun 2011, harga tabung sudah cukup tinggi yaitu \$ 2 hingga \$ 8 per tube dan bisa digunakan lebih dari sekali (Zhang Bo, Hodgson James, 2011). Harapan dari investasi yang mahal untuk tube sampel NMR dengan kualitas presisi yang tinggi adalah didapatkannya resolusi dan sensitivitas hasil uji yang tinggi. Goresan dan kotoran yang sulit atau tidak dapat dibersihkan pada tube NMR dapat mengurangi kualitas hasil uji, oleh karena itu prosedur pembersihan tube NMR sangat penting untuk diperhatikan. Prosedur yang tepat dapat menjaga kualitas tabung NMR yang digunakan, sehingga dapat digunakan kembali untuk sampel yang lain dengan hasil uji yang tinggi resolusi dan

sensitivitasnya. Kinerja spektrometer yang digunakan akan menurun jika tabung yang digunakan mengalami kerusakan akibat dari prosedur pencucian tube yang salah.

Goresan pada permukaan bagian dalam tube memungkinkan sebagian sampel melampaui batas pembacaan yang ditentukan oleh tube NMR karena bagian sampel yang mengisi goresan di permukaan bagian dalam tube mengalami medan magnet yang berbeda dari sampel lainnya. Garis akan melebar dan resolusi akan memburuk saat menggunakan tabung yang tergores.

Alat pencuci tube NMR menjadi alat pendukung proses pengerjaan sampel dan penelitian di laboratorium karena dapat menghemat waktu. Desain pencuci tabung NMR yang telah dijual secara komersial harganya sangat mahal dan rapuh (Landrie & Marszalek, 2011). Salah satu model pencuci dapat mencapai harga 6 juta dan alat tersebut masih membutuhkan alat gelas lain dan pompa agar dapat berfungsi untuk mencuci tube.

Metode pencucian tube NMR telah banyak dilakukan oleh para peneliti seperti yang pernah dilakukan oleh Zhang Bo dkk yaitu menggunakan botol vakum dengan T-valve berbahan Teflon untuk mencuci 1 tube dengan pelarut natrium bikarbonat jenuh dalam air terdeionisasi. Pelarut yang digunakan dapat bervariasi tergantung dari jenis sampel yang sebelumnya dimasukkan ke dalam tabung (Zhang Bo, Hodgson James, 2011)

Pada tahun 2016 Nguyen, T.B menggunakan metode vakum desikator untuk membersihkan kotoran pada tube NMR. Pelarut organik atau larutan pencuci sebanyak 4 ml ditambahkan pada tube yang akan dibersihkan kemudian dimasukkan dalam desikator kemudian dikoneksikan dengan vakum. Proses pencucian ini memberikan hasil optimal setelah perendaman selama satu malam (Nguyen, 2016)

Pencucian tube NMR metode manual yang telah dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM sampai saat ini menggunakan pipet tetes dan sonikator. Tube yang telah siap dicuci dibilas menggunakan pelarut organik yaitu aseton p.a kemudian disonikasi, dibilas aseton dan dikeringkan.

Penggunaan pelarut organik dalam proses pencucian tube meningkatkan dampak negatif paparan bahan kimia terhadap kesehatan dan

keselamatan kerja personil laboratorium. Lama waktu yang diperlukan pada proses pencucian tube menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan. Berkurangnya waktu yang digunakan pada proses pencucian tube akan berbanding lurus dengan penurunan resiko paparan.

Kepuasan pelanggan pada Laboratorium layanan pengujian yang telah terakreditasi merupakan parameter yang dapat menjadi tolak ukur kualitas dari institusi tersebut (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Hal yang sering dikeluhkan oleh pelanggan diantaranya yaitu lamanya waktu pengerjaan sampel dan akurasi hasil uji sampel.

Pada layanan pengujian sampel dengan instrumen NMR poin penting yang dapat dilakukan untuk memenuhi hal tersebut yaitu jaminan tidak adanya faktor kontaminasi sampel pada hasil uji serta kecepatan penerimaan hasil uji.

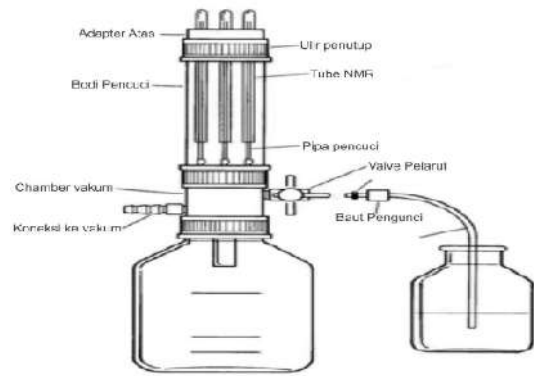
Perancangan alat pencuci tube NMR dengan vakum bertujuan untuk mempersingkat waktu pencucian sehingga dapat mengurangi paparan akibat pelarut organik yang digunakan serta mempercepat lama pengerjaan sampel.

METODE

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat alat ini yaitu pompa kompresor dengan tekanan maksimal 760 mmHg, botol reagen kaca dan pengait, konektor selang vakum, valve berbahan stainless steel 4 arah, adapter stainless, baut pengunci, botol gelas penampung hasil pencucian dan pelarut yang digunakan untuk mencuci, pipa pencuci serta selang berbahan stainless. Proses pembuatan bodi gelas dan instalasi alat dilakukan di bengkel teknik.

Pelarut yang digunakan pada penelitian ini adalah aseton, metanol dan *n-hexane* dengan kualitas *pro-analysis*. Gambar rangkaian alat dapat dilihat pada gambar 1.

Proses pencucian tube diawali dengan meletakkan tube yang kotor pada pipa pencuci dalam keadaan terbalik kemudian setelah ditutup sejumlah pelarut pencuci dialirkan dengan kecepatan tertentu kemudian pompa vakum dengan tekanan yang optimal akan mendorong cairan pencuci ke dalam tube dalam waktu tertentu.



Gambar 1. Rancangan Alat pencuci tube NMR dengan vakum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Pencuci tube NMR yang dirancang menggunakan pompa vakum dikoneksikan dengan bodi pencuci tabung NMR yang terbuat dari kaca dan untuk penyangga tube yang dicuci dibuat dari bahan stainless sebanyak 4 buah. Botol kaca yang digunakan sebanyak 2 buah dimana 1 buah digunakan sebagai penampung pelarut organik atau *aquadest* sebagai larutan pencuci tube dan botol kaca yang lain sebagai penampung limbah pencucian tube. Proses pencucian diawali dengan mempersiapkan tabung yang akan dicuci yaitu dipisahkan berdasarkan jenis pelarut yang sebelumnya digunakan saat melakukan preparasi sampel. Tabung dikosongkan dari sampel kemudian diletakkan secara terbalik pada penyangga tube di dalam bodi pencuci.

Pompa vakum kemudian dinyalakan dengan kecepatan dan tekanan tertentu sehingga pelarut dapat mengalir dari botol penampung ke dalam tube yang akan dibersihkan. Proses pengaliran pelarut tersebut dilakukan selama 3 menit/proses.

Tabung atau tube NMR yang akan dibersihkan harus dibalik ke atas kanula atau pipa penyangga tube dengan ujung terbuka dan dibuat sedemikian rupa sehingga tidak menyentuh ujung tube NMR yang akan dicuci. Ujung terbuka pada pipa penyangga berfungsi sebagai tempat keluarnya larutan pencuci seperti aseton atau isopropanol. Jarak yang dibuat antara ujung pipa penyangga dan ujung tube yang akan dicuci bertujuan untuk menyediakan ruang untuk larutan pencuci bercampur dengan residu atau kotoran yang

menempel pada tube kemudian melarutkannya sebelum dikeluarkan dan ditampung pada penampung limbah pencucian (Butler, 2021)



Gambar 2. Bahan dan alat yang digunakan pada metode pencucian tube NMR metode manual

Pada proses pencucian menggunakan metode manual, bahan dan alat yang digunakan seperti pada Gambar 2 dan sonikator. Setelah sampel dikeluarkan dari tabung dan dibilas dengan pelarut aseton p.a kemudian tube disonikasi menggunakan *aquadest* selama 1 menit. Tube dikeringkan dengan tisu kemudian dibilas kembali dengan aseton p.a kemudian diangin-anginkan semalam untuk menguapkan aseton. Tube yang selesai dicuci dapat digunakan kembali setelah aseton p.a yang digunakan pada proses terakhir telah menguap seluruhnya. Penguapan dilakukan semalam atau 12 jam untuk memastikan tidak ada kontaminasi pelarut organik dari pencuci tube.



Gambar 3. Bodi pencuci tube NMR dan penampung limbah dari proses pencucian

Bodi pencuci tube dibuat dari bahan gelas yang dapat dilihat pada Gambar 3 telah dikoneksikan dengan botol penampung limbah pencucian yang ada di bawahnya. Terdapat dua selang pada bodi pencuci yaitu selang dengan valve *on-off* yang menghubungkan bodi dengan botol penampung larutan pencuci. Pada rangkaian alat yang telah dibuat dirancang dapat terhubung dengan dua botol penampung larutan pencuci yang berbeda. Selang tanpa valve terhubung dengan kompresor sebagai pompa vakum.

Alat pencuci tube yang telah diinstal dengan pompa vakum dapat dilihat pada Gambar 4. Ukuran tube yang dapat dicuci menggunakan alat ini adalah tube dengan diameter 5 mm dan panjang 8 inch. Pada bodi gelas terdapat pipa penyangga tube dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran tube yang akan dicuci. Pembuatan pipa penyangga dibuat sedemikian sehingga tidak akan membuat goresan pada tube yang dicuci. Pipa penyangga tidak dibuat menggunakan bahan PTFE karena bahan tersebut saat proses pembuatan patah sehingga bahan diganti menjadi stainless dan dapat berfungsi dengan baik. Pompa vakum dinyalakan dan diatur tekanannya tidak boleh melebihi 760 mmHg. Tube akan pecah jika tekanan yang diberikan melebihi angka tersebut.



Gambar 4. Alat pencuci tube NMR dengan vakum

Perbandingan performa metode pencucian tube NMR secara manual dan dengan vakum dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa dengan menggunakan alat pencuci tube menggunakan vakum, jumlah tube yang dibersihkan dalam satu kali proses pencucian lebih banyak dibandingkan dengan metode manual. Adanya bodi pencuci tube

serta selang 2 pada Gambar 4 yang digunakan untuk mengalirkan pelarut organik sebagai pencuci akan berdampak pada waktu pengerjaan sampel uji yang lebih cepat serta berkurangnya paparan pelarut organik terhadap personel laboratorium. Dengan demikian maka kepuasan pelanggan dapat terpenuhi dan keselamatan serta kesehatan personel laboratorium juga terjaga dengan baik. Dampak positif lain dari penggunaan metode ini adalah efisiensi belanja bahan habis pakai laboratorium karena tube yang dicuci menggunakan alat ini dapat digunakan lebih dari sekali dan memberikan hasil yang akurat karena tidak adanya kontaminasi dari sisa sampel terdahulu.

Tabel 1. Tabel perbandingan performa Metode pencucian tube konvensional dan pencucian dengan Metode vakum

Metode	Waktu (menit)	Jumlah tube yang dicuci (buah)	Volume pelarut yang dibutuhkan (mL)
Manual	2	1	6
Dengan vakum	3	4	5

KESIMPULAN

Alat pencuci tube NMR dengan vakum yang telah dibuat dapat menghemat waktu proses pencucian tube menjadi 1 menit/tube sehingga dapat mempercepat waktu uji sampel dan mengurangi paparan pelarut organik. Kepuasan pelanggan pada Laboratorium layanan pengujian akan meningkat serta terlaksananya penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2018). Implementasi SNI ISO/IEC 17025 : 2017. In *Badan Standarisasi Nasional*.
- Butler, S. C. (2021). Easy-to-Assemble NMR Tube Cleaner Made from Common Laboratory Equipment. *Journal of Chemical Education*, 98(10), 3405–3408. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00337>
- Landrie, C. L., & Marszalek, R. (2011). A durable and economical NMR tube cleaner. *Journal of Chemical Education*,

88(12), 1734–1735.

<https://doi.org/10.1021/ed200104v>

- Nguyen, T. B. (2016). Vacuum Desiccator as a Simple, Robust, and Inexpensive NMR Tube Cleaner. *Organic Process Research and Development*, 20(2), 319.

<https://doi.org/10.1021/acs.oprd.6b00001>

- Simmler, C., Napolitano, J. G., McAlpine, J. B., Chen, S. N., & Pauli, G. F. (2014). Universal quantitative NMR analysis of complex natural samples. *Current Opinion in Biotechnology*, 25, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.08.004>

- Takeda, M., Hallenga, K., Shigezane, M., Waelchli, M., Löhr, F., Markley, J. L., & Kainosho, M. (2011). Construction and performance of an NMR tube with a sample cavity formed within magnetic susceptibility-matched glass. *Journal of Magnetic Resonance*, 209(2), 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.jmr.2011.01.005>

- Zhang Bo, Hodgson James, H. W. and P. R. (2011). An Inexpensive High-Throughput NMR Tube Cleaning Apparatus. *Anal Biochem*, 23(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2011.05.012>. An

Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Suara pada Zat Padat Menggunakan Sensor Piezoelectric untuk Praktikum Fisika Dasar Topik Cepat Rambat Bunyi

Agus Wahid Habiburrohman¹, Fauzi²

^{1,2}Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Email : aguswahidhabiburrohman@gmail.com

Abstrak

Penelitian kali ini bertujuan untuk membuat alat ukur kecepatan bunyi dan menentukan cepat rambat bunyi melalui medium zat padat menggunakan sensor piezoelectric. Adapun medium uji zat padat yang digunakan adalah batang logam tipis dari tiga jenis bahan yang berbeda. Batang uji sepanjang 6 m terbuat dari aluminium, besi dan tembaga. Proses pengujian dilakukan dengan membentuk batang uji menjadi kumparan yang digulung di atas gabus yang berfungsi untuk meredam getaran dan gelombang bunyi. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa gelombang bunyi hanya akan meambat melalui medium batang logam. Kumparan dihubungkan dengan plat besi pada salah satu ujungnya, kemudian dipukul dengan palu sebagai sumber bunyi. Ketika palu dipukul ke plat besi secara otomatis perhitungan waktu penjalaran gelombang dimulai kemudian waktu akan berhenti ketika sudah mencapai ujung yang lain yang telah terhubung dengan sensor piezoelectric, sehingga didapat waktu waktu penjalaran gelombang pada zat padat. Kemudian dihitung nilai cepat rambat gelombang bunyi pada medium zat padat tersebut. Hasil perhitungan kecepatan yang didapat akan dibandingkan dengan dengan nilai kecepatan refrensi dan dihitung persentase errornya.

Kata kunci: Kecepatan rambat bunyi; Sensor Piezoelectric; Gelombang bunyi

Abstract

This study aims to make a measuring instrument for the speed of sound and determine the speed of sound propagation through a solid medium using a piezoelectric sensor. The solids test medium used was a thin metal rod of three different types of materials. The 6 m long test rod is made of aluminium, iron and copper. The testing process is carried out by forming a test rod into a coil that is rolled on a cork which serves to dampen vibrations and sound waves. This is done with the assumption that sound waves will only propagate through a metal rod medium. The coil is connected to an iron plate at one end, then struck with a hammer as a sound source. When the hammer is hit to the iron plate, the calculation of the propagation time of the wave begins and the time will stop when it reaches the other end which is connected to the piezoelectric sensor, so that the time of the wave propagation in solids is obtained. Then the value of the speed of sound wave propagation in the solid medium is calculated. The speed calculation results obtained will be compared with the reference speed value and the percentage error is calculated.

Keywords: Speed of sound; Piezoelectric Sensors; Sound wave

PENDAHULUAN

Ilmu fisika mempelajari gejala alam baik pada gas, cair maupun padat dan merupakan ilmu eksperimental (Young dan Freedman, 2003). Oleh karena itu ilmu fisika erat kaitannya dengan pelaksanaan praktikum fisika. Tujuan praktikum fisika sebagai penguat teori-teori fisika yang di pelajari oleh mahasiswa fisika sehingga mampu menerapkan teori-teori fisika secara nyata. Salah satu teori yang dipelajari pada mata kuliah fisika adalah materi tentang bunyi.

Bunyi merupakan salah satu jenis gelombang yang membutuhkan medium untuk merambat, seperti udara, cair dan padat. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menentukan kecepatan bunyi pada medium udara seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Irni Agustina Dwi Astuti (2016) dengan menggunakan metode Time Of Flight mendapatkan nilai kecepatan bunyi di udara sekitar 335.27 m/s. Penelitian lain yang berhubungan dengan cepat rambat bunyi dilakukan oleh Muhafid (2014) tentang pengembangan alat eksperimen bunyi dengan sistem akuisisi data berbasis smartphone android menjelaskan bahwa penelitian dan pengembangan menggunakan diperoleh nilai cepat rambat gelombang bunyi di udara untuk pipa organa terbuka sebesar 340.9 m/s.

Selain udara bunyi juga dapat merambat melalui zat padat. Zat padat memiliki kecepatan yang lebih besar dalam merambatkan bunyi karena memiliki jarak antar molekul yang lebih rapat daripada udara (David Halliday, 2010). Penelitian tentang cepat rambat bunyi pada zat padat sangat jarang dilakukan, salah satu penelitian cepat rambat bunyi pada zat padat yang pernah dilakukan oleh Se-Yeun Mak (2000) yang mengukur cepat rambat bunyi pada batang logam menggunakan signal generator yang dihubungkan pada sebuah oscilloscope untuk melihat panjang gelombang dari getaran yang diberikan ketika getaran bunyi merambat pada batang logam yang digantung. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai cepat rambat bunyi pada zat padat untuk mengetahui nilai cepat rambat bunyi pada zat padat dan dapat membantu mahasiswa memahami konsep perambatan gelombang pada medium zat padat.

Pada penelitian kali ini cepat rambat bunyi pada zat padat dapat dilakukan dengan cara mengetahui waktu tempuh getaran bunyi yang diberikan pada salah satu ujung medium zat padat kemudian getarannya ditangkap oleh

sensor *piezoelctric* yang dipasang pada ujung yang lainnya.

Teori Dasar

Bunyi termasuk gelombang mekanik artinya membutuhkan medium untuk merambat, gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yakni gelombang yang merambat searah arah getaran yang terjadi akibat perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair dan padat. Gelombang bunyi dihasilkan akibat adanya getaran yang dirambatkan pada medium melalui interaksi antara molekul-molekul penyusunnya. (Paul A. Tipler. 1998). Kecepatan gelombang bunyi pada zat padat dapat di hitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

Dimana v adalah kecepatan rambat gelombang, E adalah modulus elastis atau ukuran kekuatan suatu bahan dan ρ adalah massa jenis. Kecepatan dalam zat padat tergantung pada komposisi dan stuktur pada zat padat. Nilai kecepatan bunyi pada zat padat pada suhu ruang dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Nilai Kecepatan Bunyi Pada Medium Zat Padat

No	Medium	Kecepatan (m/s)
1	Aluminium	5100
2	Besi	5130
3	Tembaga	3560

Sumber : David Halliday (2010)

Perambatan gelombang pada zat padat pertama kali dilakukan oleh Biot pada tahun 1808 (Beyer 1999) dengan cara menggunakan pipa air sepanjang 1000 m dan memeberikan sumber bunyi pada salah satu ujung dan mencatat lama perambatan bunyi pada ujung lainnya. Sehingga didapat nilai waktu perambatan gelombang dalam 1 meter medium yang dijadikan sebagai periode perambatan gelombang bunyi pada medium zat padat. Waktu perambatan gelombang sepanjang 1 meter dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut

Tabel 2.2 Waktu Perambatan Gelombang Panjang 1 m pada Medium

No	Medium	Waktu (ms)
1	Aluminium	0.205
2	Besi	0.195
3	Tembaga	0.277

Sumber : Se-Yeun Mak (2000)

Pada dasarnya kecepatan gelombang dapat dihitung dengan persamaan atau dimana adalah panjang gelombang, f adalah frekuensi dan T adalah periode gelombang. Sehingga rumus kecepatan rambat gelombang untuk panjang tertentu dapat dihitung dengan persamaan

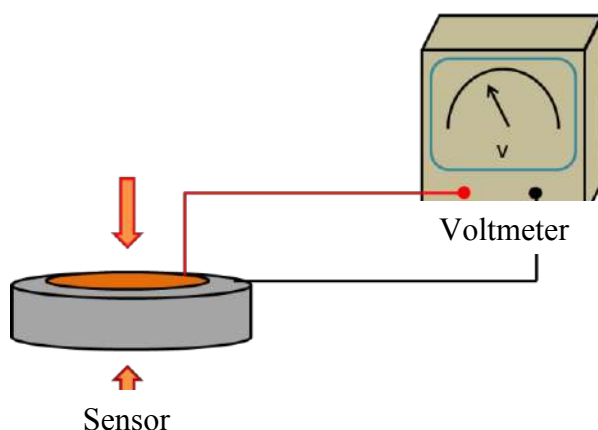
$$v = \frac{s}{t} \quad (2)$$

s merupakan panjang medium dan t adalah waktu penjalaran gelombang.

2.1.2 Sensor Piezoelctric

Sensor piezoelctric merupakan salah satu komponen elektronika yang banyak digunakan untuk perangkat yang berhubungan dengan bunyi (tone) ataupun sebagai tranduser yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Efek piezoelctric adalah efek dimana suatu bahan akan mengalami deformasi fisik atau mekanik bila terkena arus listrik dan sebaliknya akan menghasilkan listrik apabila terjadi deformasi fisik. Hal ini terjadi akibat perubahan jarak antara muatan positif dan negatif dalam molekul saat terkena deformasi sehingga menyebabkan perubahan orientasi muatan atau yang lazim disebut polarisasi sehingga menimbulkan konsentrasi muatan listrik pada masing-masing permukaannya (Arnau, 2008). Gambaran umum prinsip kerja sensor piezoelctric dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Sensor *Piezoelctric*

Gambar 2.1 menunjukkan jika sensor mendapat tekanan atau ganguna maka akan mengakibatkan perubahan orintasi muatan sehingga bisa menimbulkan perbedaan tegangan.

METODE

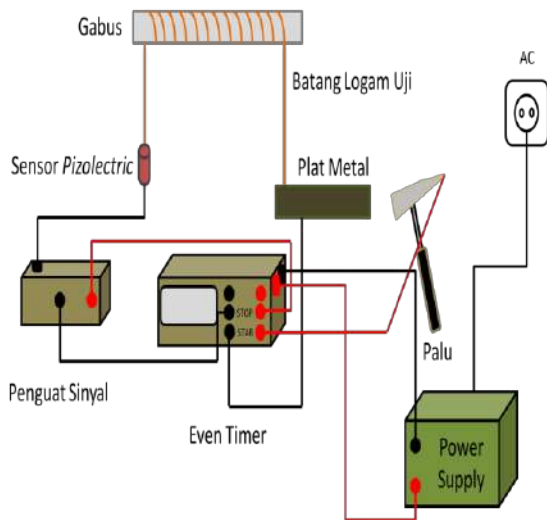
Alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain : 1. Even timer digital ketelitian minimal 1 ms 1 buah, Power Supply digital 1 buah, Sensor *Piezoelctric* 1 buah, Kabel konektor sensor 1 buah, Penguat sinyal dengan batrai internal 1 buah, Batang Aluminium tipis panjang 10 m 1 buah, Batang Tembaga tipis panjang 10 m 1 buah, Batang Besi tipis panjang 10 m 1 buah, Kabel konektor banana-banana 8 buah, Kabel konektor banan-aligator 8 buah, Palu kecil 1 buah, Plat Besi ukuran 10 x 2 x 1 cm 1 buah, Gabus 1 lembar

Adapun tahapan penelitian ini dibagi menjadi tiga yakni persiapan, pengambilan data dan analisis data

Persiapan

Persiapan terdiri dari persiapan perancangan sistem alat dan pembuatan rangkaian penguat sinyal. Untuk perancangan sistem alat terlebih dahulu dilakukan studi literatur berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dengan mencari sumber-sumber refrensi yang berkaitan dengan sistem pendeteksi waktu dengan sensor *piezoelctric*. Adapun tahapan persiapan sebelum pengambilan data sebagai berikut :

1. Pembuatan kumparan dari medium yang akan diukur dengan cara membuat gulungan dengan gabus dengan diameter sekitar 6 cm kemudian digulung kumparan tersebut diatas gabus. Fungsi gabus sebagai peredam getaran.
2. Kalibrasi sensor *piezoelctric* dengan cara dihubungkan kutub positif dan negatif ke voltmeter, kemudian digetarkan sensor jika terjadi perubahan tegangan maka sensor siap digunakan.
3. Dicek semua kabel konektor untuk memastikan semua dalam kondisi yang baik atau terkoneksi
4. Dirangkai alat sebagai berikut :



Gambar 3.1 Rangkaian Alat Pengukur Kecepatan pada Zat Padat

Pengambilan Data

Tahapan pengambilan data setelah rangkaian alat sudah siap sebagai berikut :

1. Dihubungkan power supply ke sumber tegangan AC
2. Plat logam dipukul dengan palu yang telah dihubungkan dengan even timer mengakibatkan hubungan singkat pada bagian “STAR” sehingga waktu penjarangan gelombang mulai dihitung, kemudian dicatat waktu penjarangan gelombang yang muncul pada even timer
3. Diulangi langkah 2 sebanyak 10 kali dan dicatat waktunya.
4. Diganti batang logam uji dan diulangi langkah 1 sampai 2

Analisis Data

Tahapan analisis data pada penelitian ini untuk menentukan kecepatan rambat gelombang bunyi pada zat padat, sebelum melakukan perhitungan kecepatan terlebih dahulu dilakukan perhitungan ketidakpastian untuk pengukuran waktu dengan persamaan

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

kemudian dilakukan perhitung kecepatan rambat bunyi dengan menggunakan persamaan 2, setelah itu dilakukan perhitungan ketidakpastian kecepatan dengan persamaan

$$\Delta v = \left[\left(\frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 \Delta t^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial s} \right)^2 \Delta s^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengambilan data diperoleh nilai waktu tempuh (t) gelombang bunyi pada masing-masing medium zat padat yang memiliki panjang 10 meter dan dihitung standar deviasinya (Δt) menggunakan persamaan 3 sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Waktu Rambat Gelombang

Medium	Waktu (ms)					$\bar{t} \pm \Delta t$
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	
Aluminium	2.014	1.997	2.036	2.013	1.981	2.008 ± 0.021
Besi	1.951	1.960	1.978	0.195	1.931	1.951 ± 0.017
Tembaga	2.787	2.770	2.762	2.745	2.771	2.767 ± 0.015

Waktu tempuh yang diperoleh pada masing-masing medium zat padat kemudian dihitung kecepatan (v) rambat gelombang menggunakan persamaan 2 setelah itu dihitung standar deviasi (Δv) untuk kecepatan rambatnya menggunakan persamaan 4 dan dihitung selisih antara kecepatan yang diperoleh berdasarkan pengukuran dan kecepatan referensi untuk melihat persentase errornya, sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Kecepatan Rambat Gelombang

No	Medium	$v \pm \Delta v$ (m/s)	v_{ref}	% error
1	Aluminium	4980 ± 0.051	5100	2.35
2	Besi	5088 ± 0.042	5130	1.02
3	Tembaga	3614 ± 0.020	3560	1.51

Pada penelitian ini menggunakan sensor piezoelectric sebagai detektor waktu untuk menentukan waktu rambat gelombang, sensor piezoelectric memiliki karakteristik dapat mengubah energi mekanik menjadi listrik sehingga sangat tepat digunakan sebagai detektor waktu pada penelitian cepat rambat bunyi. Pada pengambilan data perlu diperhatikan kondisi lingkungan yang stabil dan posisi sensor tidak banyak gangguan dari luar supaya data yang diperoleh memiliki akurasi yang baik. Pada penelitian ini medium zat padat dibuat sepanjang 10 meter kemudian dililitkan seperti pada peredam berupa gabus bertujuan untuk meredam gelombang atau getaran bunyi yang merambat kesegala arah sehingga diasumsikan gelombang hanya menjar pada kawat medium zat padat tersebut.

Ketika palu dipukulkan pada plat perhitungan waktu dimulai secara otomatis dan ketika getaran mencapai ujung medium zat padat yang terhubung dengan sensor maka waktu otomatis berhenti akibat getaran yang diterima oleh sensor Piezoelctric, pengukuran dilakukan masing-masing sebanyak lima kali perulangan untuk mendapatkan waktu terbaik. setelah didapatkan waktu kemudian dihitung kecepatan rambat gelombang pada masing-masing medium zat padat, dari hasil perhitungan didapatkan nilai cepat rambat gelombang pada medium aluminium sebesar 4980 ± 0.051 m/s sedangkan berdasarkan refrensi nilainya sebesar 5100 m/s dengan persentase error 2.35 %. Pada medium besi didapat nilai cepat rambat bunyi sebesar 5088 ± 0.042 dan nilai refrensinya 5130 m/s dengan persentase error 1.02 %. Pada medium Tembaga didapat nilai sebesar 3614 ± 0.020 dan nilai refrensinya 3560 m/s dengan persentase error 1.02 %

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibuat alat ukur untuk mengukur kecepatan gelombang bunyi pada medium zat padat dengan menggunakan sensor piezoelectric sebagai detektor waktu. Proses pengambilan data, pengolahan dan hasil sesuai yang diharapkan
2. Sensor piezoelctric dapat digunakan sebagai detektor waktu untuk cepat rambat gelombang bunyi pada medium zat padat karena memiliki karakteristik untuk mengubah sinyal mekanik menjadi listrik
3. Kecepatan rambat bunyi pada medium aluminium berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan sebesar 4980 ± 0.051 m/s sedangkan berdasarkan refrensi nilainya sebesar 5100 m/s dengan persentase error 2.35 %. Pada medium besi didapat nilai cepat rambat bunyi sebesar 5088 ± 0.042 dan nilai refrensinya 5130 m/s dengan persentase error 1.02 %. Pada medium Tembaga didapat nilai sebesar 3614 ± 0.020 dan nilai refrensinya 3560 m/s dengan persentase error 1.02 %.

Saran

Disarankan dalam melakukan pengukuran sebelumnya dipastikan kondisi ruang kondusif artinya tidak banyak gangguan dari eksternal sehingga bisa mendapatkan data waktu yang

akurat, selain itu sensor piezoelctric diberi wadah yang kokoh dan diberi peredam supaya getaran yang dari luar dapat diminimalisir

DAFTAR PUSTAKA

- Arnau, A, 2008. *Piezoelectric Transducers and Applications Second Edition*. Spain : Springer.
- Astuti, Irnin Agustina D. 2016. *Pengembangan Alat Eksperimen Cepat Rambat Bunyi Dalam Medium Udara Dengan Menggunakan Metode Time Of Flight (TOF) dan Berbantuan Software Audacity*. Unnes Physics Education Journal 5 (3) (2016). Oktober 2016.
- Beyer, R. T .1999. *Sounds of Our Times*.New York : Springer.
- D. Young, Hugh & Roger A. Friedman. 2002. *Fisika Universitas (Terjemahan) Jilid.1*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday dan Resnick. 2010. *Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Muhafid, Ervian Arif & M Reza Primadi. 2014. *Pengembangan Alat Eksperimen Bunyi Dengan Sistem Akuisisi Data Berbasis Smartphone Android*. Jurnal Fisika Vol. 4 No. 2. Nopember 2014.
- Mak, Se-yuen, Yee-kong Ng and Kam-wah Wu.2000. *Measurement of the speed of sound in metal rod*. Phys Educ 36(6) Novemeber 2000
- PhysicsEducation_V35(6)_2000.
- Tipler, P. A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Oven Pintar Berbasis Modul Elektronik Kontrol dengan Pewaktu Otomatis untuk Pengeringan Bahan Praktek di Laboratorium Pengecatan

Anton Hartanto, S.T¹, Hendra Saputra Pratama, A.Md².
^{1,2}S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: ¹antonhartanto@unesa.ac.id, ²hendrapratama@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat pengecatan yang layak digunakan pada pembelajaran Parktikum Pengecatan di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Dalam mengembangkan alat ini diperlukan prosedur tertentu yang sesuai dengan sasaran yang ingin dicapai.

Alat oven pintar berbasis modul elektronik kontrol dengan pewaktu otomatis untuk pengeringan bahan praktek ini dilakukan menggunakan beberapa metode yaitu Studi literatur dilakukan untuk memenuhi bahan rujukan untuk alat oven. Kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan data baik dari literature fisik (buku, jurnal dan standart) maupun non fisik (internet). Konsultasi rekan sejawat ini dilakukan untuk memperoleh second opinium dari rekan sejawat untuk menyempurnakan alat oven pintar berbasis modul elektronik kontrol dengan pewaktu otomatis untuk pengeringan bahan praktek. Perancangan, pembuatan dan eksperimen dalam membuat alat secara mekanik dan melakukan uji coba peralatan guna memperoleh hasil yang diharapkan. Kegiatan perbaikan dilakukan apabila ditemukan kesalahan material hasil preparasi maka dilakukan perbaikan terhadap alat oven pintar berbasis modul elektronik kontrol dengan pewaktu otomatis untuk pengeringan bahan praktek.

Berdasarkan hasil penelitian, ditunjukkan bahwa hasil pengujian pengaruh besar temperatur dan lama pemanasan 35-55°C selama 180 menit cat sudah kering dan tingkat pengelupasannya sekitar 5-10%. Kemudian di suhu 55°C selama 180 menit cat sudah kering dan tampak mengkilap (glossy) pengelupasannya 0%. Hasil dari pengujian dengan menggunakan cahaya matahari selama 360 menit dengan temperatur 31-35°C cat sudah kering namun sangat berdebu dan tingkat pengelupasannya sekitar 20%.

Kata kunci : Pengecatan, daya lekat, alat oven pintar

Abstract

This research aims to development a painting tool that is suitable for use in learning the Painting Practice at the Department of Mechanical Engineering Education, Faculty of Engineering, State University of Surabaya. In developing this tool, certain procedures are needed that are in accordance with the objectives to be achieved.

This smart oven based on an electronic control module with an automatic timer for drying of practical materials was carried out using several methods, namely Literature studies were carried out to meet reference materials for ovens. This activity is carried out by collecting data from both physical literature (books, journals and standards) and non-physical (internet). This peer consultation was carried out to obtain a second opinion from colleagues to perfect a smart oven based on an electronic control module with an automatic timer for drying practice materials. Design, manufacture and experimentation in making mechanical tools and testing equipment in order to obtain the expected results. Repair

activities are carried out if material errors are found from the preparation results, then repairs are made to the smart oven based on an electronic control module with an automatic timer for drying practice materials.

Based on the results of the research, it was shown that the test results had a large effect on temperature and heating time of 35-55°C for 180 minutes the paint was dry and the peeling rate was about 5-10%. Then at a temperature of 55°C for 180 minutes the paint is dry and looks shiny (glossy) with 0% peeling. The results of the test using sunlight for 360 minutes with a temperature of 31-35°C the paint is dry but very dusty and the peeling rate is about 20%.

Keywords : *Painting, adhesion, smart oven.*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang ekstrim mengakibatkan curah hujan semakin tinggi dan lebat, perubahan cuaca sangat berpengaruh terhadap proses belajar mengajar pada mata kuliah praktek pengecatan. Hal ini tentu saja akan berdampak negatif pada kegiatan belajar mengajar mata kuliah praktek pengecatan sangat membutuhkan cahaya matahari, sinar matahari digunakan untuk mengeringkan cat ketika pengecatan dasar dan pengecatan inti, jika terjadi mendung atau hujan cat dasar tidak bisa kering dengan cepat sehingga kegiatan perkuliahan harus diganti ke hari yang lain. Jika ini terjadi terus menerus maka perkuliahan tidak berjalan dengan lancar yang mengakibatkan kompetensi yang telah direncanakan tidak tercapai.

Selama ini untuk mengeringkan cat hanya mengandalkan panasnya sinar matahari. Benda kerja setelah dicat lalu dijemur di luar ruangan bengkel selama kurang lebih 4 jam untuk mendapatkan kering sentuh. Apabila dimusim hujan proses pengecatan sering terhambat akibat mendung bahkan yang lebih fatal bila turun hujan maka pengecatan harus dihentikan dan ditunda minggu berikutnya. Kalau proses pengecatan telah selesai dilakukan, kemudian cuaca akan hujan maka benda kerja segera dimasukkan ke dalam ruangan dan proses pengeringannya hanya diangin-anginkan. Pengeringan seperti itu membutuhkan waktu sangat lama apa lagi jika udara telah lembab, maka mengering cat menjadi lebih lambat bahkan hingga satu minggu.

Pengeringan cat yang terlalu lama di ruang terbuka hasilnya pasti kurang baik karena selain banyak debu yang menempel juga kurang mengkilap. Memperhatikan beberapa permasalahan di atas, maka dibutuhkan oven cat yang sesuai dengan kebutuhan. Melalui penelitian dan pengembangan ini peneliti akan mewujudkan oven cat yang diinginkan untuk

keperluan praktik di Laboratorium Teknik Pengecatan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Dari permasalahan di atas peneliti bermaksud untuk membuat sebuah alat pengering cat otomatis menggunakan LPG. Alat ini bertujuan untuk membantu proses belajar mengajar menjadi lebih efektif karena proses pengeringan cat tidak tergantung dengan musim, akan tetapi pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven otomatis.

Agar perancangan dan pembuatan alat pengering (oven cat) menggunakan pemanas LPG dapat bekerja dengan baik maka alat tersebut mempunyai keterbatasan diantaranya

1. Alat pengering (oven cat) menggunakan pemanas LPG tidak bisa digunakan dalam benda kerja yang berskala besar.
2. Alat pengering (oven cat) menggunakan pemanas LPG tidak bisa digunakan dalam benda kerja dalam jumlah banyak.

Serta berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membuat alat pengering (oven cat) menggunakan pemanas LPG yang dapat meningkatkan fungsi dari pengecatan.
2. Alat bantu pengering (oven cat) menggunakan pemanas LPG yang hanya untuk proses pengecatan bodi sepeda motor.

Perencanaan pemanas pada micro oven dapat mempercepat waktu pengeringan pada proses pengecatan. Temperatur awal berada di suhu 28°C dan tertinggi 70°C dari 28°C ke 50°C membutuhkan waktu sekitar 10 menit (Hartono, 2018). (Ekohariadi, 2019). Pengeringan dengan oven akan membuat waktu proses pengeringan lebih cepat, kualitas produk hasil pengeringan lebih baik dan seragam, produk lebih bersih dan higienis,

proses pengeringan tidak terganggu dengan perubahan cuaca, dan mudah pengoperasian dan pemeliharannya (Holman, 1995).

Perpindahan panas adalah Ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas diantara material/benda karena adanya perbedaan suhu (panas dan dingin). Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah. Pada pengeringan cat, oven menggunakan prinsip perpindahan panas konveksi. Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan atau aliran atau pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin (Tamami, 2013).

METODE

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan mei sampai november 2021. Adapun penelitian ini dilaksanakan di Laboraturium Pengecatan Otomotif, Gedung A7, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, yang berlokasi di Jl. Raya Ketintang, Surabaya.

Alat oven pintar berbasis modul elektronik kontrol dengan pewaktu otomatis untuk pengeringan bahan praktek ini dilakukan menggunakan beberapa metode yaitu :

1. Studi literatur dilakukan untuk memenuhi bahan rujukan untuk alat oven. Kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan data baik dari literatur fisik (buku, jurnal dan standart) maupun non fisik (internet).
2. Konsultasi rekan sejawat ini dilakukan untuk memperoleh second opinium dari rekan sejawat untuk menyempurnakan alat oven pintar berbasis modul elektronik kontrol dengan pewaktu otomatis untuk pengeringan bahan praktek.
3. Perancangan, pembuatan dan eksperimen dalam membuat alat secara mekanik dan melakukan uji coba peralatan guna memperoleh hasil yang diharapkan.
4. Kegiatan perbaikan dilakukan apabila ditemukan kesalahan material hasil preparasi maka dilakukan perbaikan terhadap alat oven pintar berbasis modul elektronik kontrol dengan pewaktu otomatis untuk pengeringan bahan praktek

Jenis analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif yaitu mendiskripsikan data yang telah

dikumpulkan melalui kegiatan observasi, wawancara, dan studi pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan angka ada beberapa perhitungan digunakan agar mendapatkan hasil yang sesuai oleh standar dan mendapatkan kelayakan pada alat ini. Berikut adalah beberapa perhitungan tersebut.

1. Perhitungan Dimensi Ruang Oven

Tabel 1. Dimensi Ruang Oven

No	T1 (cm)	T2 (cm)	P (cm)	L (cm)
1	70	70	120	55

$$L1 = \frac{1}{2} \times A \times T$$

$$L2 = P \times L$$

$$L1 = \frac{1}{2} \times 70 \times 55 = 1,925 \text{ m}^3$$

$$L2 = 120 \times 55 = 66 \text{ m}^3$$

$$V1 = L1 \times T = 1,925 \times 70 = 134,75 \text{ m}^3$$

$$V2 = L2 \times T = 55 \times 120 = 66 \text{ m}^3$$

$$V = 134,75 + 66 = 200,75 \text{ m}^3$$

Tabel 2. Perhitungan beban kalor

No.	T1 (°C)	T2 (°C)	Ti (°C)	To (°C)
Nilai Temper atur	35	33	32	30

- a. Beban tranmisi kalor melalui alumunium foil sisi kanan

Diketahui :

Suhu dinding luar (T1) =

35°C Suhu dinding dalam

(T2) = 33°C Suhu udara

luar(Ti) = 32°C Suhu udara

dalam (To)= 30°C Luas plat

= 46,20 m²

K besi = 73 W/m.K

K alumunium = 202 W/m.K

Δx Alumunium = 1 mm = 1×10^{-3} m

Δx besi = 1.5 mm = 1.5×10^{-3} m

Δx total = 2,5 mm = $2,5 \times 10^{-3}$ m

Laju kalor pada dinding dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$Q/a = -k_{total} \cdot \Delta t / \Delta x_{total}$$

$$Q/a = -275 \times -2^\circ\text{C} / 2,5 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$Q/a = 220.000 \text{ w/m}$$

Konveksi pada dinding luar:

$$Q/a = h_o(T1 -$$

$$Ti) h_o =$$

$$(q/a)/T1-Ti$$

$$ho = 220.000/35-32$$

$$ho = 73.333,33 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Konveksi pada dinding dalam: $Q/a = hi(T2-To)$

$$hi = (q/a)/T2-To$$

$$hi = 220.000/33-30$$

$$hi = 73.333,33 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

koefisien perpindahan kalor keseluruhan

$$U = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \frac{\Delta xa}{k} + \frac{\Delta xb}{k} + \frac{1}{ho}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{73,333} + \frac{1}{202} + \frac{1,5}{73} + \frac{1}{73,333}}$$

$$U = 39,176$$

Beban transmisi kalor melalui sisi kanan:
 $Qkn = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$
 $Qkn = 46,20 \times 39,176 \times 2$
 $Qkn = 3.619,86 \text{ kcal/jam}$

Beban transmisi kalor melalui sisi kiri:
 $Qkr = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$
 $Qkr = 46,20 \times 39,176 \times 2$
 $Qkr = 3.619,86 \text{ kcal/jam}$

Beban transmisi kalor melalui sisi atas:
 $Qat = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$
 $Qat = 46,20 \times 39,176 \times 2$
 $Qat = 3.619,86 \text{ kcal/jam}$

Beban transmisi kalor melalui sisi bawah:
 $Qbw = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$
 $Qbw = 46,20 \times 39,176 \times 2$
 $Qbw = 3.619,86 \text{ kcal/jam}$

Total beban kalor:
 $Qt = Qkn + Qkr + Qat + Qbw$
 $Qt = 3.619,86 + 3.619,86 + 3.619,86 + 3.619,86$
 $Qt = 14,479,44 \text{ kcal/jam}$




2. Hasil Pengujian Besar Temperatur Dan Lama Pemanasan Pada Cat

Dalam proses pengujian pada pemanasan cat

dengan menggunakan alat oven portabel maka pada tabel dibawah adalah hasil pengujian pemanasan pada cat yang akan di ukur suhu temperatur pada ruang oven tersebut agar menghasilkan daya lekat cat atau tes daya lekat cat pada suatu obyek. Proses ini sering digunakan sebagai standar pengujian daya lekat untuk menentukan level produk cat. Pada umumnya, jenis cat ini digunakan sebagai pada permukaan besidan plastik.


Adapun warna dan tipe untuk pengujian oven ini adalah biru (blue) dan dan hitam (black) dengan campuran 10% thinner jenis PU untuk mencairkan cat yang akan di semprotkan. Pencampuran thinner pada pengujian ini adalah sebanyak 10% dari jumlah takaran cat.

Tabel 3. Proses Pengecatan menggunakan oven dengan variabel nilai temperatur dan waktu pemanasan

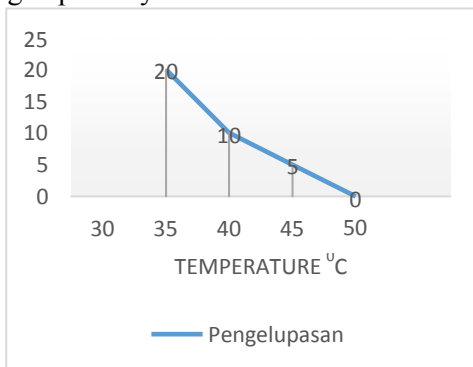
Waktu (Menit)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Ketebalan Cat (μm)	Hasil Sample Pengujian (Crossut)	Pengelupasan cat (%)
180	35	250		10
180	45	250		5
180	55	250		0

Dari tabel data diatas diketahui bahwa hasil pengujian pengaruh besar temperatur dan lama pemanasan 35-55 $^{\circ}\text{C}$ selama 180 menit cat sudah kering dan tingkat pengelupasannya sekitar 5-10%. Kemudian di suhu 55 $^{\circ}\text{C}$ selama 180 menit cat sudah kering dan tampak mengkilap (*glossy*) pengelupasannya 0%. Hasil dari pengujian dengan menggunakan cahaya matahari selama 360 menit ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Proses Pengecatan menggunakan cahaya matahari selama 6 jam dengan variabel nilai temperatur dan waktu pemanasan

Waktu (Menit)	Temperatur (°C)	Ketebalan Cat (µm)	Hasil Sampel Pengujian (Crosscut)	Pengelupasan cat(%)
360	31-35	250		20

Dari hasil pengujian dari data tabel di atas diketahui bahwa hasil pengujian pengaruh besar temperatur 31-35°C dan lama pemanasan selama 360 menit (6 jam) cat sudah kering namun sangat berdebu dan tingkat pengelupasannya sekitar 20%.



Gambar 4. Grafik Hubungan Temperatur Dengan Tingkat Pengelupasan Cat

Dari keterangan grafik diatas pengujian besar temperatur dan lama pemanasan dapat disimpulkan bahwa suhu yang optimal dalam pengujian tersebut adalah di titik 50°C selama 180 menit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap oven portabel yang di rancang, dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ada beberapa material yang digunakan diantaranya besi plat dengan ketebalan 1,5 mm, alumunium foil 1 mm dan besi kotak.
2. Sistem otomatis bekerja jika suhu ruang oven yang telah kita perlukan atau tentukan yang dimana besar dari temperatur yg optimal yaitu 50°C dalam waktu 180 menit.

3. Suhu yang optimal dalam pengujian tersebut adalah di titik 50°C selama 180 menit.
4. Memaksimalkan pekerjaan dari yang seharian penuh menjadi 3 jam untuk sekali proses pengecatan.

SARAN

Untuk menyempurnakan kekurangan dan mengembangkan riset oven portabel ini, disarankan melakukan hal berikut :

1. Untuk riset selanjutnya di sarankan untuk perancangan desain alat harus lebih besar , sehingga dapat digunakan pada bodi mobil yang akan di repair.
2. Menggunakan bodi mobil sungguhan untuk pengujian atau penerapan alat oven.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2006). Metode Penelitian Kualitatif. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ekohariadi. (2019). Mesin Oven Pengereng Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT). Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET), Vol.2 No.1.
- Hartono, B. T. (2018). Perencanaan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Micro Oven Sebagai Media Praktikum Pengecatan. JRM, Volume 04.
- Holman, J. . (1995). Perpindahan Kalor Edisi Keenam. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ratumanan, T.G., dan L. T. 2. (2006). Evaluasi Hasil Belajar yang Relevan dengan Kurikulum Berbasis Kompetensi. Surabaya: Unesa University Press.
- Tamami. (2013). Agroindustri Krepek Tette Di Pamekasan Agriekonomika. Agriekonomika, Volume 2.

Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Bola Jatuh pada Praktikum Viskositas Menggunakan Arduino UNO ATmega

Budiyono^{*1)}, Edy Sutrisno²⁾, Taufik Usman Wibowo³⁾

^{1,2,3}Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Email: ^{*1}boedy.fisika1dasar@gmail.com, ²edy.fisikagrowol@gmail.com,

³aufiwowo72@gmail.com

Abstrak

Viskositas merupakan ukuran kekentalan dari suatu zat cair yang dapat diukur dengan berbagai metode. Metode yang biasa digunakan untuk praktikum viskositas di level perguruan tinggi adalah metode bola jatuh. Perhitungan manual menggunakan stopwatch dapat menyebabkan error yang besar karena beberapa aspek seperti kelelahan mata pengamat sehingga nilai viskositas yang didapatkan kurang akurat. Permasalahan ini dapat diatasi dengan mendesain sebuah alat viskometer bola jatuh digital menggunakan inframerah dan fotodiode yang terkonfigurasi dengan arduino. Pasangan inframerah dan fotodiode diletakkan di tabung kaca bagian atas dan bagian bawah. Prinsip kerjanya yaitu ketika bola besi terdeteksi oleh inframerah dan fotodiode, maka tegangan yang dihasilkan fotodiode akan berubah sekian detik. Perubahan tegangan ini dimanfaatkan untuk memulai perhitungan dan pemberhentian waktu. Inframerah dan fotodiode di bagian atas berfungsi untuk memulai waktu sedangkan bagian bawah digunakan untuk memberhentikan waktu. Waktu yang didapatkan kemudian digunakan untuk mencari kecepatan bola melalui rumus jarak antar sensor dibagi dengan waktu. Hasil yang didapatkan yaitu error yang dihasilkan dari viskometer digital lebih baik dibandingkan error dari percobaan viskositas secara manual. Error paling tinggi yang didapatkan dari viskometer digital yaitu 4% sedangkan terendah 1%. Hal ini menandakan bahwa viskometer bola jatuh digital memiliki akurasi yang cukup tinggi sehingga data yang didapatkan sesuai dengan teori dan dapat digunakan sebagai salah satu alat bantu praktikum viskositas menggunakan metode bola jatuh.

Kata Kunci: viskositas, digital, inframerah, fotodiode

Abstract

Viscosity is a level viscosity of a liquid that can be measured by various methods. The method commonly used for viscosity practice at the university level is the falling ball method. Manual calculations using a stopwatch can cause large errors due to several aspects such as eye fatigue of the observer so that the viscosity value obtained is less accurate. This problem can be solved by designing a digital falling ball viscometer using infrared and photodiode configured with Arduino. The infrared and photodiode pairs are placed in the top and bottom glass tubes. The working principle is that when the iron ball is detected by infrared and photodiode, the voltage generated by the photodiode will change for a few seconds. This voltage change is used to start the calculation and stop the time. Infrared and photodiode at the top used to start time while the bottom is used to stop time. The time obtained is then used to find the speed of the ball through the formula for the distance between sensors divided by time. The results obtained are the error generated from the digital viscometer is better than the error from the manual viscosity experiment. The highest error obtained from the digital viscometer is 4% while the lowest is 1%. This indicates that the digital falling ball viscometer has a high

enough accuracy so that the data obtained is in accordance with the theory and can be used as a viscosity practice tool using the falling ball method.

Keywords: *viscosity, digital, infrared, photodiode*

PENDAHULUAN

Viskositas merupakan salah satu percobaan atau praktikum dari fisika dasar yang bertujuan untuk mengukur kekentalan zat cair. Kekentalan zat cair merupakan salah satu karakteristik dari suatu fluida. Viskositas terdiri dari banyak metode seperti metode ultrasonik, metode bola jatuh, metode vibrasi, dan metode rotasi. Salah satu metode yang non-destruktif (tidak merusak) dan sering digunakan pada kegiatan praktikum yaitu metode bola jatuh. Kelemahan dari metode bola jatuh saat ini adalah praktikum dilakukan secara manual sehingga data yang didapatkan cenderung kurang akurat. Ketidakakuratan ini timbul akibat tidak lurus nya pandangan pengamat dan kelelahan atau kerusakan mata pengamat sehingga pencatatan waktu kurang akurat (Giancoli, 1998).

Berdasarkan permasalahan ketidakakuratan pada praktikum viskositas, maka peneliti ingin merancang sebuah viskometer bola jatuh digital otomatis menggunakan sensor inframerah dan fotodiode untuk membantu praktikan dalam mengukur kecepatan bola jatuh di zat cair. Sensor inframerah dan fotodiode diletakkan saling berhadapan di dinding tabung viskositas untuk mendeteksi bola jatuh. Sensor ini kemudian dihubungkan dengan Arduino Uno untuk memulai atau memberhentikan perhitungan waktu. Data waktu tempuh bola akan ditampilkan melalui LCD yang terhubung dengan Arduino.

Ketika sebuah benda mengalir dalam fluida tidak ideal (fluida memiliki viskositas cukup besar) maka terjadi gaya hambat pada benda yang disebut gaya Stokes. Gaya Stokes merupakan gaya yang timbul akibat gesekan antara zat cair dengan permukaan benda. Rumus dari gaya Stokes hanya berlaku untuk geometri berbentuk bola dengan permukaan halus (Rosyid, dkk., 2014). Rumus dari gaya Stokes adalah sebagai berikut :

$$F_s = 6\pi\eta r v \quad (1)$$

Dimana F_s adalah gaya stokes (N), η adalah viskositas (Ns/m^2), r adalah jari – jari bola (m), dan v adalah kecepatan bola (m/s).

Gaya yang bekerja pada bola ketika jatuh ke dalam fluida yaitu gaya berat, gaya Archimedes serta gaya Stokes yang mengarah ke atas. Ketiga gaya ini terus bekerja pada benda seiring dengan gerak benda tersebut hingga sistem setimbang atau resultan gaya sama dengan nol. Ketika resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka kecepatan benda tersebut tetap. Kecepatan ini disebut dengan kecepatan terminal (Indrajit, 2009). Secara matematis dapat dituliskan :

$$mg - F_s - F_A = 0 \quad (2)$$

Mengingat bahwa F_A merupakan gaya archimedes, F_s merupakan gaya stokes dan massa benda (m) berhubungan dengan massa jenis benda, maka persamaan (2) dapat dirubah menjadi :

$$\rho_b V_b g - 6\pi\eta r v_T - V_b \rho_f g = 0 \quad (3)$$

Sehingg didapatkan rumusan dari viskositas yaitu :

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_b - \rho_f)}{v_T} \quad (4)$$

dimana ρ_b adalah massa jenis benda (kg/m^3), ρ_f adalah massa jenis fluida (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi bumi ($9,8 m/s^2$) dan v_T adalah kecepatan terminal (m/s).

Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang dirangkai dalam sebuah chip dimana di dalamnya sudah terdapat mikroprosesor, I/O, dan memori. Mikrokontroler yang paling umum adalah AVR (Alf and Vegard's Risc Processor) yang memiliki arsitektur 8 bit. Salah satu contoh dari mikrokontroler yaitu Arduino Uno R3 dengan chip ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin input / output digital dan 6 input analog. Arduino Uno bisa berjalan dengan kombinasi hardware, bahasa pemrograman dan IDE (Integrated Development Environment) sebagai aplikasi penulis pemrograman (Artanto, 2012). Arduino UNO memiliki fitur yang memudahkan pengguna salah satu contohnya hanya dengan menghubungkan Arduino ke PC dengan USB, maka Arduino siap digunakan.

Fotodiode adalah komponen elektronika yang mengubah cahaya menjadi arus listrik. Fotodiode termasuk dalam komponen aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor. Fotodiode memiliki terminal positif (anoda) dan

terminal negatif (katoda) serta memiliki lensa dan filter optik di permukaan sebagai pendeteksi cahaya. Cahaya yang dapat dideteksi fotodioda antara lain cahaya tampak, sinar Inframerah, sinar Ultra-violet hingga sinar X (tergantung bahan semikonduktor). Fotodioda memiliki sensitivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan pendeteksi cahaya lainnya. Resistansi dari fotodioda semakin mengecil seiring dengan membesarnya intensitas cahaya, sehingga semakin besar radiasi yang dipancarkan sumber cahaya, maka resistansinya semakin mengecil begitu juga sebaliknya (Simanjuntak, 2014).

Tissos, dkk (2014) telah melakukan penelitian yang serupa yaitu mengukur viskositas fluida menggunakan sensor Efek Hall UGN3503 dan Arduino Uno 328. Prinsip kerja dari alat yang dibuat oleh Tissos yaitu bola besi yang masuk ke dalam fluida akan dideteksi oleh sensor Efek Hall dan menyebabkan medan magnet dari sensor berubah akibat bola besi yang melewati fluida. Besaran dari medan magnet ini kemudian dirubah oleh sensor menjadi tegangan listrik. Tegangan ini kemudian dirubah menjadi waktu tempuh dan dicatat oleh arduino. Arduino akan melakukan perhitungan secara otomatis sehingga didapatkan nilai viskositas fluida. Nilai dari viskositas fluida kemudian ditampilkan pada LCD. Hasil yang didapatkan yaitu sistem sensor Efek Hall memiliki ketelitian yang cukup tinggi dengan persentase kesalahan sebesar 4,2% (Tissos, 2014).

Surtono dan Suciwati (2015) melakukan penelitian yang serupa yaitu mengukur viskositas fluida melalui metode bola jatuh dengan sensor fotodioda, laser serta arduino ATmega 8535. Prinsip kerja dari alat ini yaitu mengkonversi tegangan yang diukur oleh fotodioda menjadi waktu tempuh bola jatuh. Ketika bola melewati laser, maka terjadi perubahan tegangan pada fotodioda yang kemudian dikonversi menjadi waktu oleh IC LM311. Analisis data yang dilakukan oleh Surtono dan Suciwati yaitu membandingkan pengukuran waktu bola jatuh oleh alat dan secara manual. Hasil yang didapatkan yaitu sistem yang dibuat mengukur waktu bola jatuh lebih baik dibandingkan manual serta sistem yang terdiri dari sensor fotodioda, IC LM311, laser, dan arduino ATmega8535 dapat berfungsi dengan baik sebagai sistem deteksi bola jatuh (Surtono dan Suciwati, 2015).

METODE

Kerangka Pemecahan Masalah

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain tabung kaca, statif, bola besi, 8 pasang inframerah dan fotodioda, LED, resistor, potensiometer, IC LM324, LCD serta minyak goreng FILMA sebagai objek pengukuran kekentalan. Penelitian dilakukan selama bulan Juli hingga Oktober dan bertempat di Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas MIPA, Universitas Jember

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan dan pengulangan. Langkah pertama yaitu mengukur massa bola besi menggunakan timbangan digital dan mengukur diameter bola besi menggunakan mikrometer sekrup. Selanjutnya mengukur suhu minyak goreng yang telah dipanaskan, dikarenakan penelitian ini menggunakan variasi suhu untuk pengecekan error alat. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, massa jenis dari minyak diukur menggunakan metode gelas ukur lalu selanjutnya melakukan kalibrasi alat. Selanjutnya bola akan dijatuhkan pada tabung kaca yang berisi minyak goreng dengan suhu tertentu. Inframerah dan Fotodioda sebanyak 8 buah dipasang secara berpasangan di 2 tempat yaitu di bagian atas serta bagian bawah tabung kaca. Ketika bola terdeteksi oleh sensor pertama, maka terjadi perubahan tegangan pada fotodioda yang memicu arduino untuk memulai perhitungan waktu, kemudian ketika bola mengenai sensor kedua, maka perubahan tegangan fotodioda memicu arduino untuk memberhentikan perhitungan waktu. Jika bola tidak terdeteksi di sensor pertama maupun kedua, maka bola dijatuhkan kembali ke dalam minyak hingga terdeteksi oleh sensor. Setelah didapatkan data pada suhu yang diinginkan, prosedur di atas diulangi untuk suhu yang berbeda. Suhu yang digunakan didasarkan pada referensi yang telah ada untuk memudahkan perbandingan nilai viskositas teorinya. Data yang didapatkan kemudian diolah menggunakan Ms.Excel untuk mendapatkan nilai viskositas

Spesifikasi Desain Viskometer Digital

Desain dari penelitian yang dilakukan sesuai dengan alat dan bahan yang telah dijelaskan di atas. Spesifikasi dari set alat viskometer bola jatuh digital yang digunakan yaitu :

Tabel 1 Spesifikasi set alat viskometer bola jatuh digital

Keterangan	Spesifikasi
Diameter luar tabung kaca	4 cm
Diameter dalam tabung kaca	3,7 cm
Tinggi tabung kaca	50 cm
Massa bola besi	2,05 g
Diameter bola besi	7,36 mm
Jarak sensor dengan permukaan	10 cm
Jarak antar sensor	34,5 cm
Resistor	22 Ω dan 33 Ω

Analisis Data

Data yang didapatkan dari penelitian ini yaitu massa bola besi, diameter bola besi, massa jenis fluida dan waktu tempuh bola besi. Viskositas dari fluida didapatkan dari persamaan :

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_b - \rho_f)}{v_T} \quad (5)$$

Faktor koreksi yang digunakan yaitu faktor koreksi yang disesuaikan dengan spesifikasi alat. Faktor koreksi yang digunakan yaitu :

$$f = 1 + \frac{d}{D} \quad (6)$$

Dimana d adalah diameter bola besi dan D adalah diameter tabung. Maka didapatkan untuk viskositas hasil pengukuran yaitu :

$$\eta_{pengukuran} = \eta f \quad (7)$$

Massa jenis fluida dapat dihitung menggunakan gelas ukur dimana massa fluida dan gelas ukur dikurangi dengan massa gelas ukur dibagi dengan volume fluida tersebut. Secara matematis dirumuskan sebagai :

$$\rho_f = \frac{m_{gelas\ ukur+fluida} - m_{gelas\ ukur}}{V_{fluida}} \quad (8)$$

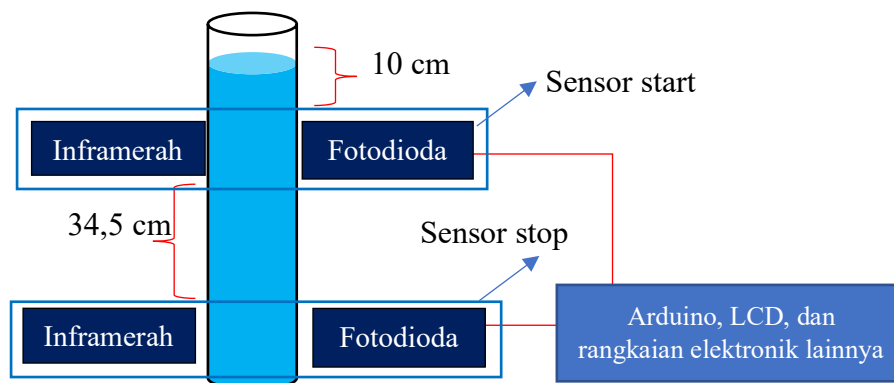
Massa jenis bola dan kecepatan terminal bola berturut – turut didapatkan dari :

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b} \quad (9)$$

$$v_T = \frac{S}{t} \quad (10)$$

Dimana m_b adalah massa bola (kg), V_b adalah volume bola (m^3), S adalah jarak antar sensor (m), dan t adalah waktu yang tercatat (s). Nilai viskositas yang didapatkan dari penelitian menggunakan alat ini dibandingkan dengan nilai viskositas fluida secara teori. Viskometer digital dapat dikatakan akurat ketika error yang dihasilkan kurang dari 5%. Rumus dari error yaitu :

$$error(\%) = \left| \frac{\eta_{pengukuran} - \eta_{teori}}{\eta_{teori}} \right| \times 100\% \quad (11)$$



Gambar 1. Desain Penelitian Viskometer Bola Jatuh Digital

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain dan Cara Kerja Sistem Viskometer Digital

Pada kasus ini, jumlah fotodioda dan inframerah yang digunakan lebih dari satu agar kemungkinan bola besi terdeteksi oleh sensor semakin besar. Jika yang digunakan hanya 1 pasang fotodioda dan inframerah maka kemungkinan bola terdeteksi kecil karena bola dapat bergeser saat jatuh ke dalam fluida. Selain itu, konfigurasi 8 pasang sensor ini mengatasi kelemahan inframerah dimana ketika terkena kaca, maka sinar inframerah akan terfokuskan

pada satu titik sehingga bola sulit terdeteksi jika sensor tidak dipasang setengah lingkaran. 8 pasang inframerah dan fotodioda ini sensitif terhadap adanya halangan sehingga diperlukan kalibrasi. Kalibrasi dari viskometer digital hanya dilakukan ketika terdapat LED yang menyala saat bola akan dijatuhkan. Setiap LED dapat diatur menggunakan potensiometer, artinya satu potensiometer mengatur satu LED. Kalibrasi dilakukan dengan cara memutar potensiometer dari LED yang hidup hingga LED mati lalu diputar sedikit ke arah yang berlawanan hingga menyala lalu diputar

kembali ke arah yang berlawanan hingga LED mati.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Viskositas menggunakan Viskometer Digital

No.	T (°C)	t (s)	v_T (m/s)	ρ_f (kg/m ³)	η teori	η pengukuran	Error
1	29	0,44	0,784	907	0,393	0,402	2%
2	35	0,40	0,863	895	0,368	0,366	1%
3	40	0,38	0,908	885	0,361	0,348	4%
4	45	0,37	0,932	875	0,350	0,339	3%
5	50	0,35	0,986	870	0,331	0,321	3%

Tabel 3. Hasil Pengukuran Viskositas Secara Manual

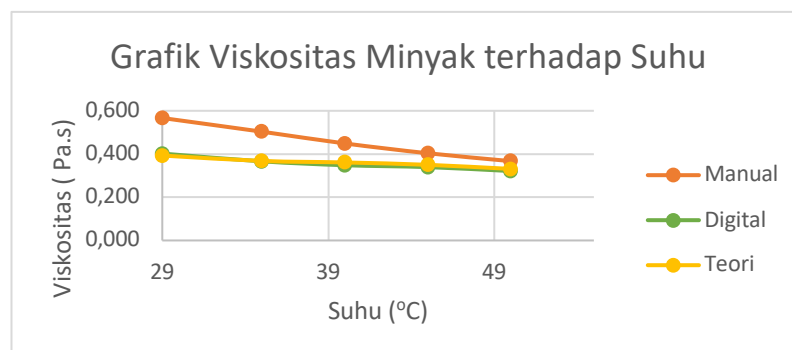
No.	T (°C)	t (s)	v_T (m/s)	ρ_f (kg/m ³)	η teori	η pengukuran	Error
1	29	0,62	0,556	907	0,393	0,567	44%
2	35	0,55	0,627	895	0,368	0,503	37%
3	40	0,49	0,704	885	0,361	0,449	24%
4	45	0,44	0,784	875	0,350	0,404	15%
5	50	0,40	0,863	870	0,331	0,367	11%

Cara kerja sistem viskometer digital ini yaitu terdapat dua buah modul sensor yang terletak di dekat permukaan cairan yang sebagai sensor start dan terdapat di bawah sebagai sensor stop. Pembacaan sensor fotodiode ini di hubungkan dengan rangkaian komparator LM324. Hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan variabel resistor (VR) di dalam IC LM324, jika tegangan sensor dan VR sama maka tegangan akan dilewatkan IC LM324. Output dari komparator merupakan LED dan masuk sebagai inputan Arduino yang akan memberikan logika 1 atau HIGH jika sensor membaca adanya halangan dan memberikan logika LOW atau 0 jika sensor tidak mendapatkan halangan. Pada Arduino

terprogram pada sensor start apabila salah satu dari 8 sensor start (pasangan inframerah dan fotodiode) mendeteksi bola besi atau halangan lain maka stopwatch akan mulai menghitung dan apabila 8 sensor stop mendeteksi bola besi atau halangan lain maka waktu stopwatch akan berhenti.

Hasil Pengukuran Viskositas

Pengukuran viskositas minyak goreng dengan merk FILMA dilakukan menggunakan satu diameter bola dengan 5 variasi suhu minyak. Hal ini dikarenakan referensi yang didapatkan salah satunya menggunakan minyak goreng FILMA dengan suhu yang bervariasi (Damayanti, dkk., 2018). Spesifikasi dari tabung dan bola besi dapat dilihat pada desain alat penelitian.



Gambar 2. Grafik Viskositas Minyak terhadap Suhu

Hasil yang didapatkan menggunakan viskometer digital lebih baik dibandingkan dengan pengukuran viskositas secara manual. Hal ini dapat dilihat melalui tabel 2 dan tabel 3 dimana error yang dihasilkan viskometer digital jauh lebih kecil daripada pengukuran secara manual. Error yang kecil menandakan akurasi alat semakin baik. Grafik antara viskositas yang dihasilkan dari 2 metode berbeda dengan viskositas teori atau referensi digambarkan melalui gambar 2 dimana terlihat bahwa viskositas hasil pengukuran secara manual memiliki nilai yang jauh dengan viskositas referensi.

Error dari perhitungan viskositas secara manual sangat besar dikarenakan beberapa faktor, tetapi faktor utama penyebab error besar yaitu perhitungan waktu yang terlalu lambat maupun terlalu cepat. Hal ini dikarenakan bola besi meluncur dengan begitu cepat sehingga antara stopwatch dan mata pengamat kurang sinkron sehingga waktu yang terbaca bukan waktu yang sebenarnya. Beberapa faktor lainnya seperti kesalahan pengukuran diameter bola, massa bola maupun massa jenis fluida, tetapi karena yang digunakan hanya satu jenis bola, maka pengukuran yang dilakukan hanya untuk 1 bola saja sehingga beberapa faktor ini dapat diabaikan.

Error yang dihasilkan dari viskometer digital cukup baik dikarenakan berada di bawah 5%. Beberapa permasalahan yang mengakibatkan error tidak 0% antara lain rumus faktor koreksi yang mungkin tidak sesuai dan pengambilan jarak antar sensor yang kurang tepat. Faktor koreksi dari viskositas yaitu membandingkan antara diameter bola dengan diameter tabung, tetapi untuk rumusan dari faktor koreksi berbeda – beda bergantung pada spesifikasi alat tersebut. Faktor koreksi yang digunakan pada penelitian ini telah disesuaikan sedemikian rupa sehingga hasil yang didapatkan untuk semua suhu mendekati nilai referensi. Permasalahan yang kedua yaitu pengambilan jarak antar sensor yang kurang tepat mengakibatkan kecepatan yang terukur bukan kecepatan terminal.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan yaitu desain viskometer digital sudah cukup baik dikarenakan sensor yang dipasang melingkar pada tabung menyebabkan peluang bola terdeteksi lebih besar. Sistem juga berjalan dengan baik terlihat dari pengukuran waktu

yang cukup akurat untuk berbagai suhu minyak goreng. Akurasi dari viskometer digital jauh lebih baik dibandingkan dengan akurasi dari pengukuran viskositas secara manual terlihat dari error yang dihasilkan.

SARAN

Saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian berikutnya yaitu spesifikasi alat yang akan digunakan harus benar – benar diperhatikan dikarenakan untuk spesifikasi alat yang berbeda, diperlukan faktor koreksi yang berbeda juga. Penelitian yang dapat dilakukan untuk ke depannya yaitu mencoba menguji kekentalan cairan lain atau mencoba diameter bola lain menggunakan alat yang sama, untuk membuktikan faktor koreksi yang digunakan benar untuk semua jenis cairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- Damayanti, Y., Lesmono A.D, Prihandono T. (2018). Kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng sebagai rancangan bahan ajar petunjuk praktikum fisika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7, pp. 307 – 314.
- Giancoli, Douglas C. 1998. *Fisika Edisi 5 Jilid 2*. Jakarta : Erlangga,
- Indrajit, Dudi. 2009. *Mudah dan Aktif Belajar Fisika*. Jakarta : Setia Purna Inves.
- Rosyid, M.F., Firmansah E. dan Prabowo, Y.D. 2014. *Fisika Dasar Jilid 1 Mekanika*. Yogyakarta : Penerbit Periuk.
- Simajuntak, Hilda D. 2014. *Aplikasi Fotodioda Sebagai Penghitung Jumlah Produk Berbasis Arduino Uno, Proyek Akhir*, Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Surtono Arif, dan Suciwati, S.W. 2010. *Sistem Pengukur Kecepatan Pada Viskometer Bola Jatuh Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*. Proseding SATEK 3.
- Tissos, N.P., Yulkifli., Kamus, Z 2014. *Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall Ugn3503 Berbasis Arduino Uno328*. *Jurnal Sainstek*, 6, pp. 18-73. 2014.

Pengembangan Lemari Pengering Herbarium Berbasis Aliran Udara Kering Bersuhu Rendah

¹Dedi Susanto, ¹Edwar

¹PLP Laboratorium Biologi, FMIPA Universitas Bengkulu

Email: Susantod007@gmail.com

Abstrak

Kurangnya jumlah oven sebagai alat pengering menghambat pelayanan Laboratorium Biologi sub Lab Botani dalam kegiatan praktikum, penelitian dan analisa. Hal ini disebabkan oven adalah alat umum yang digunakan oleh berbagai kegiatan, sehingga pelaksanaan berbagai kegiatan dalam waktu yang sama menghasilkan waktu tunggu yang panjang. Karena itulah, sebagai solusi alternatif dirancang lemari pengering yang memiliki kapasitas muat 2x dari oven yang selama ini telah digunakan. Sebagai alat pengering digunakan paduan dari alat-dehumifier (sebagai penyerap uap air) dan kipas (sebagai pengatur sirkulasi udara). Penelitian dilakukan dengan melakukan pengeringan terhadap contoh tumbuhan dengan beberapa perlakuan. Perlakuan pertama adalah dengan mengeringkan spesimen dengan ketebalan berbeda, yaitu sasak dengan 10 lapis spesimen dan sasak dengan 5 lapis spesimen. Perlakuan kedua adalah dengan mengeringkan sasak dengan kapasitas yang berbeda, yaitu pengeringan dengan 3 sasak, pengeringan dengan 6 sasak, pengeringan dengan 9 sasak dan pengeringan dengan 12 sasak. Hasil uji coba dianalisa dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan kuantitatif dan pendekatan visual. Pada pendekatan kuantitatif didapatkan bahwa pengeringan sasak dengan 5 lapis spesimen memberikan laju pengeringan yang baik. Pada pendekatan visual didapatkan bahwa herbarium yang dihasilkan dari sasak dengan 5 lapis spesimen menghasilkan herbarium dengan warna dan kondisi fisik yang baik. Hasil ini konsisten untuk uji coba lemari-pengering dalam kapasitas tinggi.

Kata Kunci: herbarium, lemari pengering, dehumidifier.

Abstract

The lack of number of ovens as dryers hampers the services of the Biology Laboratory practicum, research and analysis activities. This is because the oven is a common tool used by various activities, so that carrying out various activities at the same time results in long waiting times. Therefore, as an alternative solution, a drying cabinet has been designed. The drying cabinet use dehumidifier and fan to be drying tools. The research was conducted by drying the plant samples with several treatments. The first treatment was to dry the specimens with different thicknesses, which are plant press with 10 specimens and plant press with 5 specimens. The second treatment was to dry the plant press with different capacities, which are drying 3 plant presses, drying 6 plant presses, drying 9 plant presses and drying 12 plant presses. The results of the test were analyzed using two approaches, namely a quantitative and a visual approach. In the quantitative approach, it was found that plant press drying with 5 layers of specimens provided a good drying rate. In the visual approach, it was found that the herbarium produced from plant press with 5 layers of specimens produced a herbarium with good color and physical condition. These results are consistent for the cabinet-dryer trials in high capacity.

Keywords: herbarium, drying cabinet, dehumidifier

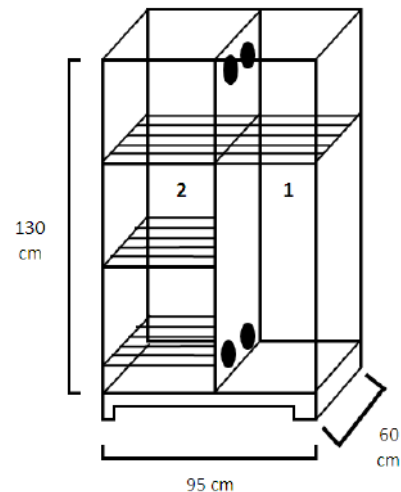
PENDAHULUAN

Herbarium dibuat melalui serangkaian cara yang lazim dilakukan, yaitu : 1) mengumpulkan bagian-bagian tumbuhan yang ingin dijadikan herbarium, 2) menata bagian-bagian tumbuhan di alat press, 3) melakukan proses pengeringan, 4) meletakkan spesimen tumbuhan yang telah kering di atas lembar karton, 5) menyimpan herbarium di lemari penyimpanan (Shipunov, 2019). Pengeringan spesimen herbarium bisa dikategorikan secara umum menjadi dua bentuk : 1) pengeringan tanpa menggunakan pemanas buatan, 2) pengeringan dengan bantuan pemanas buatan. (Maden, 2004). Pengeringan tanpa pemanas buatan dikenal juga sebagai metode “berkeringat”, yaitu menata spesimen herbarium di dalam alat pres, lalu membiarkannya selama 24 jam untuk kemudian mengganti kertas hisap dengan yang baru, begitu seterusnya sampai spesimen tanaman menjadi kering. Pengeringan tanpa pemanas buatan akan semakin efektif apabila dilakukan di luar ruangan karena faktor aliran udara (angin) dapat membantu proses pengeringan. Pengeringan tanpa pemanas buatan memungkinkan dilakukan apabila kondisi lingkungan yang mendukung, misalnya cuaca yang cerah dan kondisi kelembaban yang rendah (Shipunov, 2019). Adapun pengeringan dengan pemanas buatan lebih bervariasi dengan beberapa alternatif sumber panas yang dapat digunakan seperti kompor, oven atau ruang pengering lainnya (Semwal, dkk.).

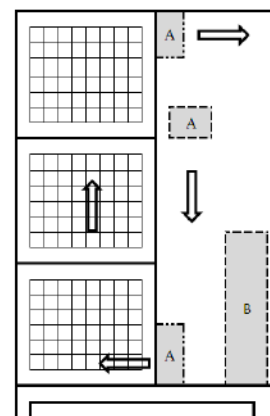
Metode pembuatan herbarium yang telah dijalankan di Laboratorium Biologi sub lab Botani adalah dengan menggunakan oven sebagai sumber panas buatan dengan pengaturan suhu bervariasi antara 45-50°C tergantung jenis tanaman yang dikeringkan. Penggunaan oven sebagai sumber panas buatan ini memiliki beberapa kendala, yaitu : 1) Jumlah oven yang sedikit. Saat ini, hanya tersedia satu oven yang dapat digunakan untuk mengeringkan herbarium di Laboratorium Biologi sub Lab Botani, 2) Oven adalah alat umum yang dibutuhkan banyak praktikum dan penelitian, sehingga pembuat herbarium harus berbagi waktu dengan praktikan dan peneliti yang lain dalam penggunaan oven.

Berdasarkan prinsip-prinsip umum pembuatan herbarium di atas penulis merangkum beberapa poin penting dalam pembuatan herbarium : 1) kebutuhan pemanas tinggi bukanlah keharusan, 2) pembuatan herbarium dapat dilakukan dengan panas rendah dalam udara yang kering (kelembaban rendah), 3) keberadaan aliran

udara dapat membantu proses pengeringan spesimen herbarium. Dengan 3 prinsip inilah penulis merancang lemari pengering sebagai solusi keterbatasan oven di Laboratorium Biologi sub Lab Botani. Penulis berencana membuat lemari pengering yang memadukan tiga unsur : 1) pemanas ringan, 2) udara kering, dan 3) aliran udara.



Gambar 1. Skema dan dimensi rancangan lemari-pengering



Gambar 2. Skema alur aliran udara dalam lemari-pengering

Gambar 1 memperlihatkan dimensi ruang pengeringan sasak yaitu 130x50x60 cm. Gambar 2 memperlihatkan skema aliran udara di dalam lemari pengering. Pada kedua gambar ini terlihat bahwa lemari pengering terbagi menjadi dua ruang utama, yaitu ruang pengering dan ruang alat. Ruang alat berisi alat dehumidifier dan kipas. Ruang pengering adalah tempat sasak dan spesimen diletakkan untuk dikeringkan. Udara akan dikeringkan di ruang alat lalu kemudian dialirkan ke ruang pengering untuk menyerap air dari spesimen. Udara akan

dialirkan kembali ke ruang alat untuk dikeringkan kembali.

Dehumidifier yang dipergunakan adalah Dehumidifier 16 L BEIGE Kris.



Gambar 3. Dehumidifier

Penggunaan alat dehumidifier yang dijual di pasaran ini bertujuan untuk mendapatkan alat dehumidifier yang murah dan mudah didapatkan. Hal ini dengan tujuan apabila suatu hari terjadi kerusakan pada alat tersebut dapat dengan mudah dicari penggantinya tanpa harus melakukan pemesanan secara khusus ke pemasok alat laboratorium. Alat dehumidifier pada prinsipnya adalah alat yang menghilangkan uap air dari udara dengan mengembulkannya dan mengumpulkannya di dalam sebuah kontainer. Dengan merubah uap air menjadi air-cairan, maka kadar uap air di udara akan berkurang dan udara akan menjadi relatif kering. Dalam skala ruang yang kecil, dehumidifier dapat bekerja lebih dari sekedar mengurangi kelembaban udara, tapi juga dapat mengeringkan benda-benda yang ada di dalamnya. Alat dehumidifier lebih efektif bekerja di suhu hangat dari pada suhu rendah (sejuk) sehingga perpaduan antara pemanas-ringan dengan dehumidifier diharapkan dapat menjadi kolaborasi yang baik (www.mesinraya.co.id). Adapun aliran udara akan dibuat dengan memasang kipas di lemari-pengering.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan 1 (satu) faktor yaitu proses pembuatan herbarium berdasarkan jumlah spesimen untuk menguji kinerja lemari-pengering pada kapasitas minimum hingga kapasitas maksimum. Uji coba lemari-pengering dilakukan dalam 4 tahap dengan jumlah spesimen yang berbeda-beda,

yaitu : 1) 30 spesimen, dengan 10 spesimen dalam sepasang sasak. 2) 30 spesimen, dengan 5 spesimen dalam sepasang sasak. 3) 45 spesimen dengan 5 spesimen dalam sepasang sasak. 4) Uji coba tahap 4 : 60 spesimen dengan 5 spesimen dalam sepasang sasak.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : 1) lemari pengering, 2) stop kontak timer, 3) sasak, 4) sprayer, 5) neraca analitik, 6) kipas.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : 1) tanaman sirih, 2) koran, 3) kardus, 4) tali rafia.

Langkah-langkah uji coba yang dilakukan adalah : 1) Mempersiapkan spesimen sejumlah masing-masing tahapan. 2) Memotong spesimen tanaman sirih sesuai ukuran sasak. 3) Menimbang berat basah masing-masing spesimen tanaman sirih. 4) Meletakkan spesimen dalam sasak dengan urutan : a) sasak, b) kardus, c) kertas koran, d) spesimen, e) kertas koran, f) kardus, g) sasak, dengan meletakkan kertas koran sebagai pemisah di antara setiap spesimen tumbuhan. 5) Memasukkan spesimen ke dalam lemari pengering kemudian menyalakan dehumidifier pada mode 40 %. 6) Menimbang berat masing-masing spesimen tanaman sirih setelah 24 jam, 2x24 jam, 3x24 jam dan 4x24 jam. 7) Mengambil foto spesimen. 8) Menghitung kadar air yang hilang selama proses uji coba.

Dari langkah-langkah di atas maka akan didapatkan beberapa data sebagai berikut : 1) Data kuantitatif, yaitu data yang menunjukkan kadar air yang diuapkan selama proses uji coba. 2) Data visual, yaitu tampilan morfologis spesimen herbarium. 3) Grafik laju pengeringan yang memperlihatkan aliran proses pengeringan spesimen selama uji coba.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi, FMIPA Universitas Bengkulu. Penelitian dilakukan pada bulan Juli - Oktober 2021.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Data kuantitatif

Berikut ini adalah data kuantitatif hasil uji coba lemari pengering yang menunjukkan nilai kadar air spesimen yang berhasil diuapkan.

Tabel 1. Persentase penguapan dalam uji coba tahap 1

No. Spesimen	Kadar Air yang Diuapkan (%)			
	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
Sasak bawah	38,50	54,06	69,83	77,06
Sasak tengah	35,70	50,61	63,79	72,06
Sasak atas	30,76	46,54	61,31	70,47
Rerata	34,99	50,40	64,98	73,20

Tabel 2. Persentase penguapan dalam uji coba tahap 2.

No. Spesimen	Kadar Air yang Diuapkan (%)			
	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
Sasak bawah	60,76	76,11	80,39	80,94
Sasak tengah	46,94	69,35	77,39	80,24
Sasak atas	48,72	69,82	78,42	80,74
Rerata	52,14	71,76	78,73	80,64

Tabel 3. Persentase penguapan dalam uji coba tahap 3.

No. Spesimen	Kadar Air yang Diuapkan (%)			
	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
Sasak Bawah	64,11	78,29	78,96	79,92
Sasak Tengah	58,36	77,59	80,28	81,64
Sasak Atas	62,02	76,65	78,38	79,31
Rerata	61,50	77,51	79,21	80,29

Tabel 4. Persentase penguapan dalam uji coba tahap 4.

No. Spesimen	Kadar Air yang Diuapkan (%)			
	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
Sasak Bawah	54,11	74,01	79,26	81,48
Sasak Tengah	52,28	71,09	77,08	80,37
Sasak Atas	50,24	69,44	76,04	80,19
Rerata	52,21	71,51	77,46	80,68

2) Data visual

Foto spesimen herbarium hasil uji coba dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4. Kondisi fisik herbarium hasil uji coba tahap 1



Gambar 5. Kondisi fisik herbarium hasil uji coba tahap 2



Gambar 6. Kondisi fisik herbarium hasil uji coba tahap 3

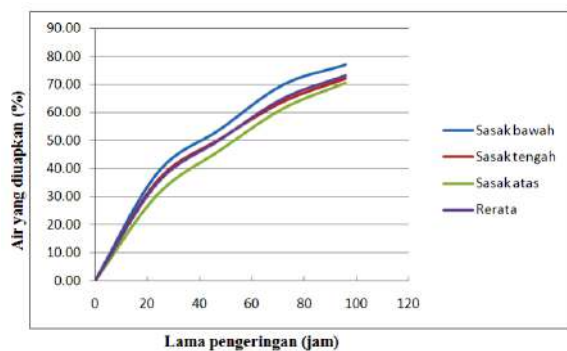


Gambar 7. Kondisi fisik herbarium hasil uji coba tahap 4

3) Analisa

Berdasarkan tabel 1 didapatkan grafik pada gambar 8 yang menggambarkan jumlah air yang diuapkan selama proses uji coba tahap 1. Pada uji coba tahap 1 didapatkan laju penguapan yang kurang stabil. Hal ini terlihat dari grafik yang bergelombang. Selain dari bentuknya yang menunjukkan ketidakstabilan data kuantitatif juga menunjukkan proses pengeringan yang lambat. Setiap 24 jam proses pengeringan hanya

berhasil menguapkan sekira 35 %, 50 %, 65 % dan 73 % kadar air.



Gambar 8. Grafik laju penguapan uji coba 1

Persentase ini tidak merata terjadi pada semua spesimen. Spesimen yang berada pada lapisan luar (lapisan 1-3 terluar) cenderung memiliki kadar penguapan yang cukup tinggi. Spesimen yang berada di lapisan dalam (4 lapisan di tengah) cenderung memiliki kadar penguapan yang jauh lebih rendah. Berikut ini adalah contoh dari perbedaan kadar penguapan spesimen lapisan terluar dengan spesimen lapisan tengah pada sasak.

Tabel 5. Perbedaan laju penguapan pada spesimen terluar dengan spesimen tengah lapisan sasak

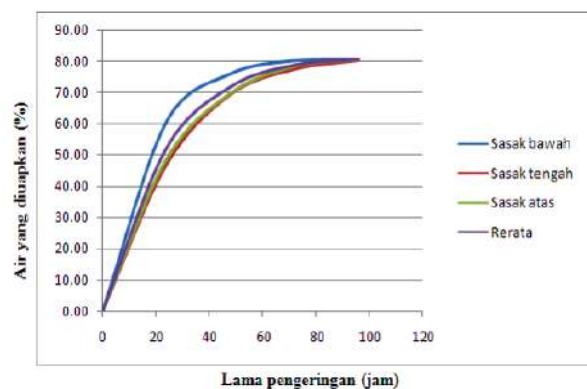
Spesimen	Kadar air yang diuapkan (%)							
	24 jam		48 jam		72 jam		96 jam	
	Pinggir	Tengah	Pinggir	Tengah	Pinggir	Tengah	Pinggir	Tengah
Sasak bawah	47,86	24,47	64,01	39,13	77,53	55,18	81,82	66,26
Sasak tengah	44,18	22,98	60,37	35,98	71,67	51,96	77,09	64,52
Sasak atas	35,74	23,29	53,46	36,15	68,69	50,24	76,05	62,10
Rerata	42,59	23,58	59,28	37,09	72,63	52,46	78,32	64,29

Pada tabel 5 terlihat bahwa setiap 24 jam terdapat selisih pengeringan 19 %, 22 %, 20 % dan 14 % antara spesimen pinggir dan spesimen tengah. Dengan demikian dalam seluruh proses terdapat perbedaan antara 14-22 % antara penguapan spesimen terluar dengan spesimen tengah.

Selain data kuantitatif di atas, perbedaan juga terlihat dari fisik spesimen terluar dengan spesimen tengah. Pada lapisan terluar kondisi spesimen dan kertas koran cenderung lebih kering. Sebaliknya, spesimen tengah kondisinya cenderung lembab dengan kertas koran yang

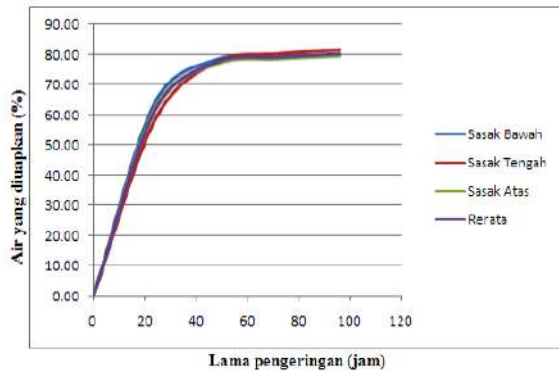
sangat lembab. Hal ini terjadi karena spesimen terluar lebih mudah melepaskan uap air ke udara mengikuti aliran proses pengeringan, sementara uap air di spesimen tengah lebih sulit terlepas ke udara karena memiliki penyekat lebih banyak yang menyebabkan sebagian uap air terjebak di dalam kertas koran.

Kondisi ini menunjukkan proses pengeringan tidak berjalan dengan baik disebabkan oleh lapisan spesimen yang tebal. Pengeringan yang tidak baik juga terlihat secara visual pada gambar 4 yang memperlihatkan warna spesimen herbarium yang tidak merata. Beberapa bagian spesimen berwarna gelap dan beberapa bagian berwarna hijau.



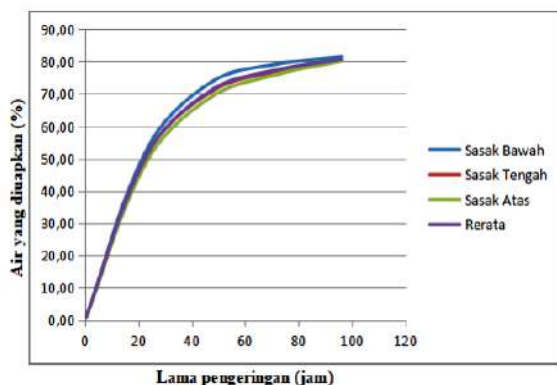
Gambar 9. Grafik laju penguapan uji coba 2

Uji coba tahap 2 dilakukan dengan mengurangi jumlah spesimen per pasang sasak. Hasil dari uji coba tahap 2 adalah sebagai berikut : 1) Kondisi kering spesimen pada semua lapisan cenderung merata. 2) Kondisi kertas koran di setiap lapisan tidak berbeda jauh. Beberapa kertas koran di bagian tengah terasa sedikit lebih lembab daripada kertas koran di lapisan luar, tapi dengan perbedaan yang sedikit. 3) Hasil penimbangan berat spesimen di lapisan luar dan lapisan tengah menghasilkan selisih yang sedikit. 4) Gambar 9 menunjukkan grafik uji coba tahap kedua ini berupa kurva yang melengkung yang menunjukkan proses pengeringan yang baik. 5) Kondisi visual spesimen dapat dilihat pada foto pada gambar 5 menunjukkan hasil yang memiliki warna yang konsisten dan merata, baik dari muka daun maupun belakang daun. Demikian juga warna spesimen mampu mempertahankan warna tumbuhan segar hingga sekira 80 % dari aslinya. Hasil ini mengindikasikan bahwa uji coba tahap 2 ini telah berhasil menghasilkan spesimen herbarium yang baik.



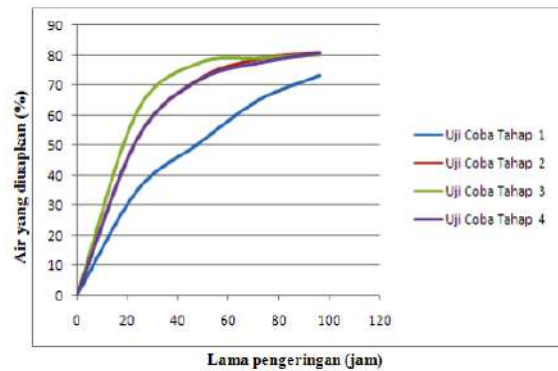
Gambar 10. Grafik laju penguapan uji coba 3

Hasil dari uji coba tahap 3 cenderung memperlihatkan kekonsistenan yang serupa dengan uji coba tahap 2 dalam beberapa indikator : 1) kondisi kering spesimen di setiap lapisan yang cenderung merata, 2) kondisi kering kertas koran yang tidak berbeda jauh antara kertas koran di pinggir dan di tengah, 3) selisih penguapan yang kecil antara spesimen luar dan spesimen tengah (selisih penguapan akhir sekira maksimal 5 %), 4) Gambar 10 menunjukkan grafik yang sangat konsisten antara 3 jenis sasak, 5) Gambar 6 menunjukkan foto kondisi spesimen hasil uji coba tahap 3 yang sangat baik.



Gambar 11. Grafik laju penguapan uji coba 4

Hasil dari uji coba tahap 4 cenderung memperlihatkan kekonsistenan yang serupa dengan uji coba tahap 2 dalam beberapa indikator : 1) kondisi kering spesimen di setiap lapisan yang cenderung merata, 2) kondisi kering kertas koran yang tidak berbeda jauh antara kertas koran di pinggir dan di tengah, 3) selisih penguapan yang kecil antara spesimen luar dan spesimen tengah (selisih penguapan akhir sekira maksimal 2 %), 4) Gambar 11 memperlihatkan grafik yang sangat konsisten antara 3 jenis sasak, 5) Gambar 7 menunjukkan foto kondisi spesimen herbarium hasil uji coba tahap 3 yang sangat baik.



Gambar 12. Grafik perbandingan grafik laju penguapan uji coba tahap 1 – 4

Gambar 12 menunjukkan grafik proses pengeringan yang membandingkan hasil uji coba tahap 1, uji coba tahap 2, uji coba tahap 3 dan uji coba tahap 4. Pada perbandingan ini terlihat bahwa uji coba tahap 1 memiliki kinerja yang paling rendah dengan bentuk grafik yang sangat berbeda. Uji coba tahap 2 dan uji coba tahap 4 memperlihatkan grafik yang sangat mirip hingga berimpitan satu sama lain. Hal ini memberikan indikasi yang positif bahwa lemari-pengering bekerja dengan baik pada kapasitas yang kecil maupun besar. Uji coba tahap 3 memberikan grafik yang serupa dengan uji coba tahap 2 dan uji coba tahap 4, namun dengan grafik yang lebih tinggi yang menunjukkan kinerja penguapan yang lebih baik. Kinerja yang lebih tinggi ini kemungkinan muncul sebagai akibat dari kinerja dehumidifier yang sesaat lebih tinggi, karena dehumidifier sempat bekerja pada mode continous atau kinerja maksimalnya, sementara pada umumnya dehumidifier ini dioperasikan pada mode 40 %.

KESIMPULAN

Lemari pengering tidak menghasilkan herbarium yang baik pada sasak dengan 10 lapis spesimen. Proses pengeringan lambat dan herbarium yang dihasilkan lembab dan warnanya rusak. Lemari pengering menghasilkan herbarium yang baik pada sasak dengan 5 lapis spesimen. Proses pengeringan lebih cepat dengan herbarium yang warnanya terjaga dan kondisi fisik kering utuh. Kinerja lemari pengering konsisten pada kapasitas rendah hingga kapasitas tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memfasilitasi sehingga penelitian ini dapat terlaksana melalui

kegiatan Pengembangan Profesi PLP tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L.C.(1999). Collecting And Preparing Plant Specimens And Producing An Herbarium. Dalam Karcher, S.J. *Herbarium* (h. 296-300). Florida : Florida State University.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992). *SNI 01-2891-1992 : Cara Uji Makanan dan Minuman*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Haryanti, S., & Wibowo, S. (2018). *Pengembangan Almari Penyimpanan Terstandar untuk Perawatan Mikroskop di Laboratorium Jurusan Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan.
- Kolimo, T. (2014). *Panduan Teknis Pengumpulan Herbarum Rotan*. Bogor : Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan Pusat Penelitian Dan Pengembangan Konservasi Dan Rehabilitasi Bogor.
- Maden, K.(2004). PlantCollectionAndHerbariumTechniques. *Our Nature*, 2, 53-57.
- Mesin Raya. *Pengertian Dehumidifier, Apa Itu Dehumidifier?* Diakses pada 12 Juli 2021 di <https://mesinraya.co.id/pengertian-dehumidifier-apa-itu-dehumidifier.html>
- National Park Service. (2009). *PreparingAndStoringHerbariumSpecimens*. Washington D.C,United States : National Park Service.
- Roth, V.D. (1972). A Miniaturized Plant Press And Herbarium. *University Of California Press*, 34:9, 535-536.
- Royal Horticultural Society. (2013). *Rhs Herbarium Guide To Making Herbarium Specimens*. London, Great Britain : Royal Horticultural Society (RHS).
- Semwal, D.P., Pandey, A., & Gupta, R. *IntroductionToProceduresFor PreparingHerbariumSpecimensOf Cultivated Plants*. Diakses pada 9 Juli 2021 di [Http://Www.Nbpgr.ernet.in/Training_Management_Pgr/Compendium/32_Introduction_To_Procedures_For_Preparing_Herbarium_Specimens_Dp_Semwal.Pdf](http://Www.Nbpgr.ernet.in/Training_Management_Pgr/Compendium/32_Introduction_To_Procedures_For_Preparing_Herbarium_Specimens_Dp_Semwal.Pdf)
- Seshagirirao, K., dkk.(2016). Preparation OfHerbariumSpecimen ForPlant Identification And Voucher Number. *Roxburghia* 6:1-4, 111-119.
- Shipunov, A. (2019). *How To Make Herbarium : A Short Manual*. Diakses pada 9 Juli 2021 di [Http://Ashipunov.Info/Shipunov/School/Biol_448/Herbarium/Herbarium.Pdf](http://Ashipunov.Info/Shipunov/School/Biol_448/Herbarium/Herbarium.Pdf)
- Sugiyono. (2006). *Metode Penelitian Pendidikan : Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R& D*. Bandung : Penerbit Alfabeta.
- Sujadmiko, H., Sabbithah, S., & Sulastri, S. (2012). *Praktikum Taksonomi Tumbuhan Rendah (Edisi 2)*. Tangerang Selatan : Universitas Terbuka.
- Susanto, D., Winarsih, L., & Supriati, R. (2020). Perbandingan Penggunaan Sasak Berbahan Kayu Dan Besi Terhadap Kecepatan Pengeringan Herbarium Di Laboratorium Biologi, Universitas Bengkulu. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Sains dan Teknologi*, 1:1, 25-33.
- Syamsiah, Nurhayati, & Hiola, S.F.(2020). Pemanfaatan Spesimen Herbarium sebagai Media Pembelajaran bagi Guru-Guru IPA/Biologi di Kabupaten Enrekang. *Jurnal Dedikasi*, 22:1, 99-103.
- Syamswisna. (2011). Penggunaan Spesimen Herbarium Tumbuhan Tingkat Tinggi (Spermatophyta) Sebagai Media Praktikum Morfologi Tumbuhan. *Jurnal Guru Membangun*, 26:2.
- The Western Australian Herbarium. (2008). *How To Collect Herbarium Specimens : A Guide*. Perth, Australia : The Western Australian Herbarium. Department Of Biodiversity, Conservation And Attraction, Government Of Western Australia.

Pengaruh Waktu Fiksasi, Waktu Dehidrasi dan Waktu Analisis terhadap Mutu dan Kualitas Hasil Pewarnaan HE

Heni Triwahyuni^{1*}, Widiastuti², Yuli Erna Widyasari³

^{1,2} Fakultas Kedokteran, ³Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
Email: heni.3wah@gmail.com, widiastuti0402@gmail.com, 1983yulierna@gmail.com

Abstrak

Permasalahan yang terjadi pada saat ini yaitu banyak sekali slide hasil pewarnaan HE (Haematoxylin Eosin) kualitas warnanya tidak bagus, bahkan cepat sekali mengalami penurunan kualitas, akibatnya tampilan atau visualisasi dari morfologi menjadi berubah, berbeda, tidak jelas dan sangat menyulitkan pada saat interpretasi hasil, diagnosis, juga menyebabkan hasil pemeriksaan menjadi tidak akurat, tidak optimal dan kurang dapat dipercaya untuk menjawab pertanyaan riset serta mempersulit didalam menegakkan diagnosa suatu penyakit. Apalagi sampai saat ini hasil interpretasi pemeriksaan histopatologi masih merupakan baku emas (gold standart) sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk pemeriksaan molekuler dan genetik. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tentang pentingnya mutu dan kualitas pewarnaan HE, pengaruh waktu fiksasi (pra analitik), waktu dehidrasi (analitik) dan waktu analisis (paska analitik), memperoleh solusi dari permasalahan tersebut dan sebagai kontrol mutu dari hasil pengerjaan pewarnaan HE supaya selalu bermutu serta berkualitas baik. Hasil pewarnaan HE yang bermutu dan berkualitas baik, dapat digunakan untuk bahan pengajaran dan praktikum bagi mahasiswa. Metode penelitian yang digunakan bersifat penelitian eksperimental secara kualitatif dan kuantitatif. Berdasarkan hasil dari penelitian yang divisualisasikan melalui pengamatan mikroskop, selanjutnya dikuantitasi dengan perhitungan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu fiksasi, waktu dehidrasi dan waktu analisis sangat berpengaruh terhadap mutu serta kualitas hasil pewarnaan HE.

Kata kunci : Pewarnaan HE, bermutu, waktu fiksasi, waktu dehidrasi, waktu analisis

Abstract

The problem that occurs at this time is that there are a lot of slides that have been stained with HE (Haematoxylin Eosin) the color quality is not good, it even deteriorates very quickly, as a result the appearance or visualization of the morphology changes, is different, unclear and very difficult when interpreting the results. diagnosis, also causes the results of the examination to be inaccurate, not optimal and less reliable to answer research questions and make it difficult to diagnose a disease. Moreover, until now the interpretation of histopathological examination results is still the gold standard so that it can be further developed for molecular and genetic examination. This study aims to explain the importance of the quality and quality of HE staining, the effect of fixation time (pre-analytical), dehydration time (analytic) and analysis time (post-analytic), to obtain solutions to these problems and as a quality control of the results of HE staining so that it is always quality and good quality. The results of HE staining are of good quality and can be used for teaching and practicum materials for students. The research method used is experimental research qualitatively and quantitatively. Based on the results of the research visualized through microscope observations, then quantified by calculations. So it can be concluded that fixation time, dehydration time and analysis time greatly affect the quality and quality of HE staining results.

Keywords: HE staining, quality, fixation time, dehydration time, analysis time

PENDAHULUAN

Penelitian tentang pengaruh waktu fiksasi, dehidrasi dan analisis terhadap mutu serta kualitas hasil pewarnaan HE (Haematoxylin Eosin) sangat perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan banyak sekali slide hasil pewarnaan HE kualitas warnanya tidak bagus, bahkan cepat sekali mengalami penurunan kualitas, akibatnya tampilan atau visualisasi dari morfologi menjadi berubah, berbeda, tidak jelas sehingga gambaran histologi organ tidak dapat diidentifikasi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menjelaskan tentang pentingnya mutu dan kualitas pewarnaan HE, mendapatkan data riil baik secara kualitatif maupun kuantitatif dari pengaruh waktu fiksasi (pra analitik), waktu dehidrasi (analitik) dan waktu analisis (paska analitik) terhadap mutu dan kualitas pewarnaan HE, mengetahui faktor manakah yang paling berpengaruh terhadap mutu dan kualitas pewarnaan HE, untuk mendapatkan solusi dari permasalahan sehingga hasil analisis pewarnaan HE selalu bermutu dan berkualitas baik.

Manfaat dari penelitian ini yaitu memperoleh data dan memberikan informasi baik secara kualitatif maupun kuantitatif untuk pihak internal maupun eksternal dari pengaruh waktu fiksasi (pra analitik), waktu dehidrasi (analitik) dan waktu analisis (paska analitik) terhadap mutu dan kualitas pewarnaan HE. Dengan data secara kualitatif dan kuantitatif tersebut dapat digunakan sebagai bukti otentik yang menjelaskan betapa pentingnya mutu dan kualitas yang baik pada pewarnaan HE serta pentingnya segera dilakukan proses analisis terhadap hasil pewarnaan tersebut. Serta dapat sebagai kontrol mutu dari hasil pengerjaan pewarnaan HE, serta untuk mendapatkan solusi permasalahan di internal bahkan solusi tersebut mungkin bisa juga diterapkan untuk pihak eksternal yang membutuhkan. Hasil pewarnaan HE yang bermutu dan berkualitas baik, dapat digunakan untuk bahan pengajaran dan praktikum bagi mahasiswa, akan memudahkan pada saat interpretasi hasil pewarnaan, sehingga hasil pemeriksaan yang diperoleh menjadi akurat, optimal dan dapat dipercaya untuk menjawab pertanyaan riset guna mempelajari perubahan jaringan dan organ serta mempermudah didalam menegakkan diagnosa penyakit tumor dan kanker.

Menghasilkan slide sediaan histologi yang berkualitas sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang meyakinkan dan akurat.

Hal tersebut bisa tercapai dengan cara mencegah timbulnya kesalahan di Laboratorium Patologi Anatomi dan juga harus mengontrol kualitas dari suatu proses pewarnaan. Kesalahan yang timbul di laboratorium terjadi pada tahap pra analitik, analitik dan pasca analitik (Khristian, 2017).

Dasar dari pembuatan sediaan histologi yang baik yaitu melakukan fiksasi yang benar. Kesalahan yang dilakukan pada tahap fiksasi tidak akan pernah dapat diperbaiki lagi pada tahapan selanjutnya. Jadi hasil akhir dari sediaan histologi yang baik sangat tergantung pada cara melakukan fiksasi dengan baik (Nuralim, dkk., 2017). Salah satu hal yang berpengaruh terhadap fiksasi yaitu waktu. Semakin lama jaringan menunggu untuk diawetkan, maka semakin banyak akan kehilangan organel sel dan pengerutan nukleus sehingga banyak artefak yang terbentuk (Zulham, 2009). Pada proses fiksasi terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil fiksasi tersebut, yaitu dapar, penetrasi, volume larutan fiksasi, konsentrasi, interval waktu, suhu dan jenis larutan fiksasi (Jusuf A.A., 2009).

Proses dehidrasi harus dilakukan dengan benar agar tidak ada molekul air yang tertinggal sehingga parafin bisa menempati posisi dalam jaringan sehingga diperoleh irisan jaringan yang utuh dan baik. Reagen yang sering dipakai pada proses dehidrasi yaitu etanol, karena tidak menyebabkan pengerasan jaringan (Hariono, 2009).

Pedoman kontrol kualitas pewarnaan HE secara umum yaitu dengan memastikan bahwa inti sel (nukleus) berwarna biru saat diwarnai Hematoxylin, sedangkan sitoplasma, jaringan ikat serta eritrosit berwarna oranye/merah saat diwarnai Eosin. Organ yang dapat dijadikan kontrol kualitas sehari-hari pada pewarnaan HE yaitu kolon, kulit dan ginjal. Sebagai analis atau laboran laboratorium patologi anatomi, jika terjadi masalah pada pewarnaan HE maka harus bisa mencari penyebabnya dan memperbaiki masalah tersebut (Khristian, 2017). Penelitian yang menggunakan bahan Pemeriksaan Laboratorium Patologi Anatomik seperti sediaan histologi beserta pewarnaan HE dan lainnya dewasa ini meningkat secara signifikan. Hal ini dikarenakan sampai saat ini interpretasi pemeriksaan histopatologi dan sitopatologi masih merupakan baku emas (*gold standart*) bagi diagnosis sebagian besar penyakit (Juan Rosai, 2004).

Kemampuan hematoxylin mewarnai inti sel dipengaruhi oleh proses fiksasi jaringan, proses

penghilangan parafin, waktu pewarnaan, pH dan ketebalan pembedahan jaringan (Grounds, 2014).

Kemampuan eosin memberikan warna pada sitoplasma sel juga dipengaruhi oleh proses fiksasi jaringan. Akibat fiksasi yang buruk sitoplasma menjadi pucat dan samar. Batas antara sel kabur dan sulit untuk diamati. Sitoplasma yang tidak adekuat terwarnai oleh eosin bisa pula dikarenakan oleh pH yang terlalu tinggi, dehidrasi dengan alkohol, pembedahan yang terlalu tipis, waktu pewarnaan yang tidak adekuat (Grounds, 2014).

Kejernihan pewarnaan dikatakan baik jika seluruh jaringan bisa diamati tanpa ada bagian yang kabur. Pada jaringan yang kejernihannya kurang baik dapat diakibatkan oleh fiksasi yang tidak adekuat, juga bisa dikarenakan kesalahan pada pengolahan jaringan (Jusuf A.A., 2012).

Slide hasil pewarnaan dikategorikan memiliki keseragaman pewarnaan yang baik jika menghasilkan intensitas warna yang merata pada seluruh lapang pandang (Gage G.J, 2012).

METODE

Desain Penelitian

Desain penelitian ini bersifat observasional deskriptif dengan rancangan *cross sectional study*. Pada penelitian ini hanya dilakukan observasi tanpa adanya intervensi /perlakuan (I Wayan Gede, 2016).

Perancangan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analitik dengan penelitian eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berupa sisa jaringan organ tikus dari peneliti dengan menggunakan 2 macam organ yang berdasarkan teori dijadikan kontrol mutu dan kualitas sehari-hari pada pewarnaan HE yaitu kolon, dan ginjal tikus yang masing-masing berjumlah 15 yang dipilih berdasarkan sistem random sistematis, terdiri dari kontrol positif, kontrol negatif dan perlakuan. Lalu diberi perlakuan yang berbeda pada waktu fiksasi dan waktu dehidrasi. Kemudian dilakukan proses pembedahan di mikrotom dan ditempelkan pada slide dan diwarnai HE dengan menggunakan Automatic Staining Machine. Selanjutnya diamati dan dianalisis di mikroskop dan Alat Scan Dot Slide dengan membandingkan variasi variabel lama waktu analisis yang berbeda (dilakukan pengamatan dan analisis setiap

seminggu dalam kurun waktu satu bulan dari waktu selesainya pewarnaan).

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : mikrotom, waterbath, inkubator, mikroskop, automatic staining, freezer, scan dot slide.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : buffer formalin 10%, alkohol 70%, alkohol 95%, alkohol 100%, xylol, parafin, hematoksin, eosin, alkohol asam, lithium karbonat, akuades.

Prosedur Penelitian

Metode Prosesing

Preparat dilakukan penyempurnaan fiksasi dengan bufer formalin 10% selama kurang dari 2 hari (fiksasi 1), lebih dari 1 bulan (fiksasi 2). Lalu dehidrasi dengan alkohol 70%, alkohol 95%, alkohol 100% 5x @ (10 menit; 30 menit). Selanjutnya clearing dengan xylol I selama 1 jam dan xylol II selama 2 jam. Impregnasi/infiltrasi dengan parafin selama 2x30 menit. Dilakukan pencetakan sediaan menjadi parafin blok dan pembedahan sediaan menjadi slide sampel (Sumber : IAPI, 2008 dan Khristian, Erick., 2017).

Metode Pewarnaan HE

Preparat direndam dalam xylol I, II dan III masing-masing selama 10 menit. Dehidrasi dengan etanol I, II dan III masing-masing 5 menit. Cuci dengan akuades 1 menit. Rendam dalam larutan Hematoksin selama 15 menit, selanjutnya dibilas dengan tap water, lalu dicuci dengan lithium karbonat selama 15-30 detik, dibilas dengan akuades 1 menit. Celupkan dalam acid alkohol 4 menit, kemudian dibilas dengan akuades 15 menit. Diwarnai dengan Eosin selama 4 menit. Sediaan dimasukkan kedalam alkohol 70%, 80% dan 96% masing-masing selama 3 menit. Selanjutnya rendam ke dalam ethanol I dan II masing-masing selama 3 menit. Selanjutnya rendam ke dalam xylol I dan II masing-masing selama 3 menit. Sediaan dikeringkan dan di mounting dan ditutup dengan cover glass (Sumber : IAPI, 2008 dan Khristian, Erick., 2017).

Teknik Pengumpulan Data

Slide hasil pewarnaan HE diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran objektif 40x dan scan dot slide pada 10 lapang pandang. Parameter yang diamati pada setiap lapang pandang yaitu pewarnaan inti sel (adekuat = skor 1, tidak adekuat = skor 0), pewarnaan sitoplasma

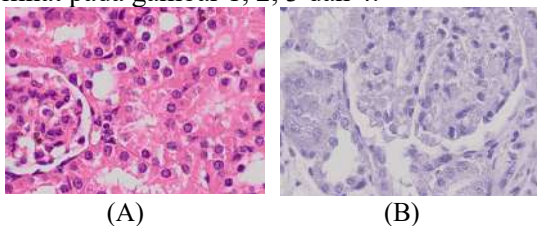
sel (adekuat = skor 1, tidak adekuat = skor 0), kejernihan pewarnaan (ya = skor 1, tidak = skor 0), dan keseragaman pewarnaan (ya = skor 1, tidak = skor 0). Skor dari setiap parameter dijumlah dan dinilai (Ankle MR., 2011). Pengamatan dilakukan secara acak dan tertutup.

Analisis Data

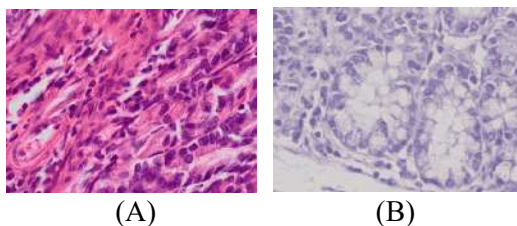
Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji Fisher (Dahlan MS., 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

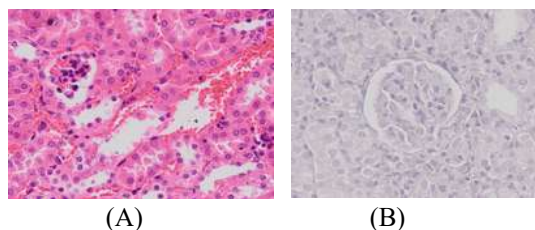
Berdasarkan data hasil penelitian menyatakan bahwa waktu fiksasi, waktu dehidrasi dan waktu analisis sangat berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas hasil pewarnaan HE, hal tersebut terbukti baik secara kualitatif (visual) maupun kuantitatif (dengan perhitungan), dimana terdapat perbedaan bermakna secara statistik antara perlakuan dengan perbedaan lama waktu fiksasi 1 dibandingkan lama waktu fiksasi 2, lama waktu dehidrasi 1 dibandingkan lama waktu dehidrasi 2 serta lama waktu analisis 1 dibandingkan dengan lama waktu analisis 2. Perbedaan secara visual untuk pewarnaan HE yang adekuat dibandingkan yang tidak adekuat pada sampel jaringan ginjal dan kolon dapat dilihat pada gambar 1, 2, 3 dan 4.



(A) (B)
Gambar 1. Perbandingan Kualitas Gambaran Histologi Preparat Jaringan Ginjal. Adekuat (A), Tidak Adekuat (B). Pewarnaan HE, objektif 40x

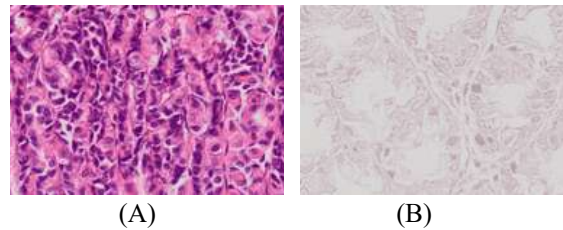


(A) (B)
Gambar 2. Perbandingan Kualitas Gambaran Histologi Preparat Jaringan Kolon. Adekuat (A), Tidak Adekuat (B). Pewarnaan HE, objektif 40x



(A) (B)

Gambar 3. Perbandingan Kualitas Gambaran Histologi Preparat Jaringan Ginjal. Analisis Waktu 1 (A), Analisis Waktu 2 (B). Pewarnaan HE, objektif 40x



(A) (B)
Gambar 4. Perbandingan Kualitas Gambaran Histologi Preparat Jaringan Kolon. Analisis Waktu 1 (A), Analisis Waktu 2 (B). Pewarnaan HE, objektif 40x

Berdasarkan hasil penelitian, kualitas pada pewarnaan HE sangat penting sekali karena pewarnaan yang tidak berkualitas akan mengakibatkan tampilan atau visualisasi dari morfologi menjadi berubah, berbeda, tidak jelas dan sangat menyulitkan pada saat interpretasi hasil, diagnosis, juga menyebabkan hasil pemeriksaan menjadi tidak akurat, tidak optimal dan kurang dapat dipercaya untuk menjawab pertanyaan riset serta mempersulit didalam menegakkan diagnosa suatu penyakit.

Pewarnaan HE dipengaruhi oleh peran hematoxilil sebagai pewarna dasar. Setiap komponen yang terwarnai oleh zat ini mengandung asam nukleat, seperti inti sel yang kaya kromatin, dan daerah sitoplasma yang kaya RNA. Struktur dalam jaringan tampak berwarna ungu kebiruan. Pewarnaan inti yang tidak adekuat artinya kurang adekuatnya hematoxilil yang mewarnai bagian inti seluler, hal ini bisa disebabkan oleh fiksasi yang tidak adekuat. Penyebab lainnya adalah proses penghilangan parafin yang tidak sempurna, waktu pewarnaan tidak adekuat, proses penghilangan warna terlalu kuat atau berlebihan, pemotongan yang tipis dan pH nya yang tepat (Zulham, 2009).

Pada pewarnaan sitoplasma, eosin berperan sebagai pewarna asam yang mewarnai komponen jaringan yang tidak berinti sehingga berwarna merah sampai merah muda. Pada pewarnaan sitoplasma menjadi lebih pucat dan samar. Batas antara sel kabur sitoplasma yang tidak adekuat terwarnai oleh eosin bisa juga disebabkan oleh pH terlalu tinggi, dehidrasi dengan alkohol terlalu lama, kontaminasi ketika dehidrasi dengan alkohol, pemotongan yang terlalu tipis, waktu pewarnaan yang tidak adekuat. Hal ini sesuai dengan ikatan asam basa

pada pewarnaan *Hematoksilin Eosin* (Totok Sutoyo, 2009).

Pada kejernihan pewarnaan juga dipengaruhi oleh fiksasi, fiksasi membuat kejernihan detail struktur (M. Hayat, 2021). Selain itu juga bisa disebabkan kesalahan pada pengolahan jaringan. Kesalahan-kesalahan itu seperti terlalu singkat dalam proses pengolahan khususnya pada waktu pencetakan, pemilihan reagen yang kurang tepat, penggunaan reagen yang kurang, kesalahan mekanik pada alat, atau kesalahan pada penggantian pelarut (Rolls. O.G, 2008).

Keseragaman pewarnaan dipengaruhi oleh fiksasi yang ideal, sehingga akan memperlihatkan gambaran semua sel yang seragam. Langkah awal dan paling kritis dalam histoteknik adalah fiksasi. Jika fiksasi tidak adekuat maka proses selanjutnya yaitu dehidrasi, pembedahan, pencetakan, pembedahan dan proses akhir yaitu pewarnaan juga tidak akan adekuat (Jocelyn Hb, 2016).

Berdasarkan hasil pengamatan preparat jaringan ginjal dan kolon menunjukkan perlakuan pada parameter waktu fiksasi 1, waktu dehidrasi 1 dan waktu analisis 1 menghasilkan pewarnaan yang lebih adekuat dibandingkan waktu fiksasi 2, waktu dehidrasi 2 dan waktu analisis 2, baik pada pewarnaan inti, sitoplasma, kejernihan dan keseragaman pewarnaannya. Hasil prosentase penilaian berbagai parameter pewarnaan preparat ginjal tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Pengamatan Kejernihan dan Keseragaman Sel terhadap pengaruh Waktu Fiksasi, Waktu Dehidrasi dan Waktu Analisis terhadap Kualitas Pewarnaan HE

Keterangan: G=Ginjal, F=Fiksasi, D=Dehidrasi, A=Analisis, AD=Adekuat, TA=Tidak Adekuat

	Jernih (%)		Seragam (%)	
	AD	TA	AD	TA
GF1	86,67	13,33	86,67	13,33
GF2	26,67	73,33	26,67	73,33
GD1	100	0	100	0
GD2	53,33	46,67	53,33	46,67
GA1	93,33	6,67	93,33	6,67
GA2	40	60	40	60
KF1	93,33	6,67	86,67	13,33
KF2	33,33	66,67	33,33	66,67
KD1	100	0	100	0
KD2	26,67	73,33	40	60
KA1	100	0	100	0
KA2	33,33	66,67	33,33	66,67

Tabel 2. Pengamatan Inti dan Sitoplasma Sel terhadap Pengaruh Waktu Fiksasi, Waktu Dehidrasi dan Analisis terhadap Kualitas Pewarnaan HE

Keterangan: G=Ginjal, F=Fiksasi, D=Dehidrasi, A=Analisis, AD=Adekuat, TA=Tidak Adekuat

	Inti (%)		Sitoplasma (%)	
	AD	TA	AD	TA
GF1	99,33	6,67	80	20
GF2	46,67	53,33	33,33	66,67
GD1	100	0	100	0
GD2	40	60	13,33	86,67
GA1	93,33	6,67	93,33	6,67
GA2	33,33	66,67	20	80
KF1	86,67	13,33	80	20
KF2	26,67	73,33	13,33	86,67
KD1	100	0	100	0
KD2	26,67	73,33	6,67	86,67
KA1	100	0	100	0
KA2	46,67	53,33	20	80

Tabel 3. Hasil Perhitungan Fisher Exact

Parameter	Ginjal	Kolon
Waktu Fiksasi	0,0036	0,0012
Waktu Dehidrasi	0,00035	0,000025
Waktu Analisis	0,00082	0,00010

Dari hasil pengamatan preparat ginjal dan kolon, jumlah total penilaian berbagai parameter pewarnaan menunjukkan waktu fiksasi 1, waktu dehidrasi 1 dan waktu analisis 1 lebih adekuat dibandingkan waktu fiksasi 2, waktu dehidrasi 2 dan waktu analisis 2 terdapat perbedaan bermakna secara statistik antara kedua kelompok ($p < 0,05$).

Dengan data secara kualitatif dan kuantitatif diatas membuktikan dan menjelaskan betapa pentingnya untuk menjaga mutu, kualitas yang baik pada pewarnaan HE. Dapat sebagai kontrol mutu dari hasil pengerjaan pewarnaan HE, serta untuk mendapatkan solusi permasalahan di internal bahkan solusi tersebut mungkin bisa juga diterapkan untuk pihak eksternal yang membutuhkan.

Untuk menjaga mutu dan kualitas pewarnaan HE perlu menjaga kondisi standart dan sesuai dari sampel preparat pada saat pra, analitik dan paska analitik serta selalu dilakukan pengecekan dan pemantauan terhadap hasil pewarnaan tersebut. Hasil pewarnaan HE yang bermutu dan berkualitas baik, dapat digunakan untuk bahan pengajaran dan praktikum bagi mahasiswa, akan memudahkan pada saat interpretasi hasil pewarnaan, sehingga hasil pemeriksaan yang diperoleh menjadi akurat, optimal dan dapat dipercaya untuk menjawab pertanyaan riset guna mempelajari perubahan jaringan dan organ serta mempermudah didalam

menegakkan diagnosa penyakit tumor dan kanker.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka penggunaan waktu fiksasi 1(1-2 hari) dapat menghasilkan kualitas pewarnaan HE yang lebih baik atau adekuat dibandingkan waktu fiksasi 1 bulan. $P < 0,05$ berbeda secara bermakna. Waktu dehidrasi 1 dapat menghasilkan kualitas pewarnaan HE yang lebih baik atau adekuat dibandingkan waktu dehidrasi 2. $P < 0,05$ berbeda secara bermakna. Waktu analisis 1(3-7 hari) dapat menghasilkan kualitas pewarnaan HE yang lebih baik/adekuat dibandingkan waktu analisis diatas 1 bulan. $P < 0,05$ berbeda secara bermakna. Ketiga faktor yaitu waktu fiksasi (pra analitik), waktu dehidrasi (analitik) dan waktu analisis (paska analitik) ternyata berpengaruh signifikan terhadap kualitas/mutu pewarnaan HE. Untuk menjaga mutu dan kualitas pewarnaan HE perlu menjaga kondisi standart sampel preparat pada saat pra, analitik dan paska analitik serta selalu dilakukan pengecekan terhadap hasil pewarnaan tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Dekan dan Kajur FK-UB, Kadep dan Kalab Laboratorium Patologi Anatomi FK-UB dan semua pihak yang telah membantu baik dalam dana, fasilitas ataupun peralatan bagi keberhasilan dan kelancaran kegiatan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ankle, Madhuri R, and Priya S Joshi. 2011. *Study to Evaluate the Efficiency of Xylene-Free Hematoxylin and Eosin Staining Procedure as Compared to the Conventional Hematoxylin and Eosin Staining: an Experimental Study*. Journal of Oral and Maxillofacial Pathology.

Dahlan, M. Sopiudin. 2015, *Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta: Salemba Medika.

Gage, Gregory J., Daryl R. Kiple, and William Shain. 2012. *Whole Animal Perfusion Fixation for Rodents*. Journal Vis. Experiment.

Grounds, Miranda. 2014. *Histopathology in haematoxylin and eosin Stained Muscle Sections, School of Anatomy and Human Biology*. Perth, Australia: the University of Western Australia.

Hariono, Bambang. 2009. *Mikroskopi Elektron Pengenalan dan Teknik Preparasi*. Yogyakarta: Kanisius.

Muhammad Hayat, A. 2021. *Microscopy, Immunohistochemistry and Antigen Retrieval Methods for Light and Electron Microscopy*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

I Wayan Gede Artawan Eka Putra, M. Epid. Dr, et.al. 2016. *Penelitian Uji Diagnostik dan Skrining*. Denpasar: Fakultas Kedokteran Universitas Udayana Program Studi Kesehatan Masyarakat.

IAPI (Perhimpunan Dokter Spesialis Patologi Indonesia. 2008. *Pedoman Penanganan Bahan Pemeriksaan Untuk Histopatologi*. Jakarta.

Jocelyn, H B, Gregorios, Bonnie Cohen. 2016. *Fixation Histopathologic Techniques Second Edition*. Philippine: Goodwill Trading.

Jusuf, Ahmad Aulia. 2009. *Histoteknik dasar*. Bagian Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta.

Jusuf, Ahmad Aulia. 2012. *Teknik Histologi 1*. Jakarta: Bagian Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Juan Rosai Mosby, 2004. *Surgical Pathology*, Ninth Edition, Philadelphia: Mosby, Volume 1.

Khristhian dan Dewi, Inderiati. 2017. *Bahan Ajar Teknologi Laboratorium Medis: Sitohistoteknologi*. Jakarta

Nuralim, Ernst, Randy, Indriati dwi Rahayu, dan Rachmad Sarwo Bakti. 2017. *Analisis Perbandingan Fiksasi Menggunakan Larutan Formalin dan Larutan Carnoy Pada Somit, Neural Tube, dan Vaskular Embrio Ayam Usia 48 Jam dengan Pewarnaan Hematoxilin-Eosin*. Jurnal Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. 4(1): 10-11.

Rolls, John B Hall Geoffrey O, and Neville J. Farmer, 2008. *Artifacts in Histological and Artifacts in Histological and Cytological Preparation*. Department of laboratory Medicine RMIT University Melbourne: Scientia Leica Microsystems Education Series.

- Totok Sutoyo, dkk. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta dan UDINUS Semarang.
- Zulham. 2009. *Penuntun Praktikum Histoteknik Biomedik*. Medan: Departemen Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Sumatra Utara.

Penyediaan Stok Kultur Bakteri (Patogen dan Non-Patogen) di Laboratorium Mikrobiologi Laut yang Diisolasi dari Rumput Laut *Eucheuma spinosum*

Huyyirnah*¹, Syafri²

¹Departemen Ilmu Kelautan FIKP, ²Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin
E-mail: *¹huyyirnah@yahoo.com, ²syafrijallus@yahoo.com

Abstrak

Keragaman dan keunikan dari bakteri yang berasal dari ekosistem laut sangat menarik minat peneliti untuk terus dikaji dan dimanfaatkan. Penggunaan bakteri ini juga sering dibutuhkan dalam kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium mikrobiologi laut sebagai bakteri uji. Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri patogen dan non-patogen dari rumput laut *Eucheuma spinosum* (*E. spinosum*) yang akan dijadikan sebagai stok kultur bakteri di laboratorium mikrobiologi laut. Metode isolasi menggunakan metode agar cawan tuang, pengamatan morfologi koloni dilakukan secara visual bentuk, tepian, elevasi dan warna koloni bakteri. Identifikasi bakteri menggunakan alat VITEK-MS dan pengujian molekuler menggunakan PCR dan sekuensing. Untuk mengetahui sifat patogen dilakukan pengujian patogenisitas. Hasil penelitian adalah berupa isolat murni bakteri berjumlah 13 spesies bakteri berbeda yang berhasil dipisahkan dari rumput laut *E. spinosum*, setelah uji patogenisitas diperoleh 9 isolat yang bersifat patogen yaitu bakteri *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio maerlii*, *Vibrio rumoiensis*, *Shewanella algae*, *Staphylococcus kloosii*, *Staphylococcus gallinarum*, *Staphylococcus arlettae*, *Pseudomonas stutzeri* dan *Pantoea septica*. Sedangkan bakteri yang tidak bersifat patogen yang menunjukkan tidak memberikan gejala klinis pada rumput laut diperoleh 4 isolat bakteri yaitu *Bacillus cereus*, *Brevibacterium casei*, *Cytobacillus kochii* dan *Planococcus plakortidis*. Bakteri ini adalah sebagai stok kultur koleksi yang akan dimanfaatkan sebagai bakteri uji ataupun bakteri target dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan kandidat bioprospecting agent.

Kata kunci: bakteri, *E. spinosum*, non-patogen, patogen, stok

Abstract

The diversity and uniqueness of bacteria originating from marine ecosystems is very interesting to continue to be studied and utilized. The use of these bacteria is also often needed in practicum and research activities in the marine microbiology laboratory to test bacteria. This study aims to isolate and identify pathogenic and non-pathogenic bacteria from the seaweed *Eucheuma spinosum* (*E. spinosum*) which will be used as stock for bacterial cultures in the marine microbiology laboratory. The isolation method used the pouring dish agar method. The colony morphology was observed visually on the shape, edge, elevation and color of the bacterial colonies. Identification of bacteria using VITEK-MS and molecular testing using PCR and sequencing. To determine the nature of the pathogen, a pathogenicity test was carried out. The results of the study were pure isolates of bacteria found 13 different bacterial species separated from seaweed *E. spinosum*, after pathogenicity test 9 isolates were found to be pathogenic namely *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio maerlii*, *Vibrio rumoiensis*, *Shewanella algae*, *Staphylococcus kloosii*, *Staphylococcus gallinarum*, *Staphylococcus arlettae*, *Pseudomonas stutzeri*, and *Pantoea septica*. While the bacteria that are not pathogenic in the sense that they do not give clinical symptoms in seaweed obtained 4 bacterial isolates namely *Bacillus cereus*, *Brevibacterium casei*, *Cytobacillus kochii* and *Planococcus plakortidis*. These bacteria are as stock culture collections that will be used as a test for bacteria or target bacteria in the development of science and candidate bioprospecting agents.

Keywords: bacteria, *E. spinosum*, non-pathogen, pathogen, stock

PENDAHULUAN

Keragaman dan keunikan dari bakteri yang berasal dari ekosistem laut sangat menarik minat peneliti untuk terus dikaji dan dimanfaatkan. Peranan bakteri dalam ekosistem perairan laut dijelaskan oleh Kunarso, 1988 menyatakan bahwa bakteri heterotropik berperan penting dalam proses reaksi-reaksi yang terjadi seperti fotosintesis, dekomposisi, respirasi dan sintesa mineral, dimana proses kompleks ini terjadi secara bersama-sama dengan organisme uniseluler lainnya seperti khamir, jamur, alga, dan protozoa.

Dilihat dari jenisnya, bakteri laut termasuk ke dalam kelompok bakteri halofilik (NaCl), dimana memiliki karakteristik pertumbuhan yang memerlukan kadar garam air laut. Dinding sel pada bakteri laut 95% adalah gram negatif dan sebagiannya adalah gram positif aktif bergerak, 70% mengandung pigmen yang mampu beradaptasi terhadap suhu namun sensitif pada suhu tinggi (Pelczar, 1986).

Sidharta (2000) menjelaskan bahwa kecenderungan bakteri laut selalu berasosiasi dengan lapisan permukaan padat. Sehingga penyebarannya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pergerakan air laut, jarak pantai, kedalaman laut, pencahayaan sinar matahari, iklim dan juga organisme lain.

Penggunaan ragam bakteri sangat dibutuhkan dalam kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium Mikrobiologi sebagai bakteri uji selain itu permintaan isolat bakteri dari peneliti baik dosen maupun mahasiswa mulai meningkat.

Namun seiring dengan kebutuhan di atas terdapat kendala yang sering dialami selama ini khususnya pada Laboratorium Mikrobiologi Laut Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yaitu kurang beragamnya isolat bakteri patogen ataupun non-patogen yang ada di laboratorium. Sehingga sangat penting untuk melakukan penelitian isolasi dan identifikasi bakteri khususnya dari rumput laut *Eucheuma spinosum* sebagai kultur koleksi bakteri di laboratorium. Alasan pemilihan sampel rumput laut *E. spinosum* karena rumput laut ini terdapat melimpah di perairan Makassar dan merupakan biota laut yang mudah dalam proses pengambilannya dari alam.

Rumput laut merupakan salah satu biota laut yang memungkinkan terdapat asosiasi dengan bakteri ataupun mikroorganisme lainnya. Bakteri juga seringkali dijumpai hadir dalam rumput

laut sebagai bakteri patogen. Serangan penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri menjadi permasalahan dalam usaha budidaya rumput laut, yang dikenal dengan sebutan penyakit *ice-ice*. Gejala umum yang disebabkan oleh bakteri ini biasanya ditandai dengan perubahan warna thallus menjadi putih bening atau transparan, tepatnya pada pangkal, tengah, dan ujung thallus muda. Yang diawali dengan perubahan warna thallus menjadi putih bening atau transparan (DKP, 2004).

Maka diharapkan laboratorium mikrobiologi dapat melayani kebutuhan akan beragam isolat bakteri, selalu tersedia dan sewaktu-waktu dapat digunakan bagi mahasiswa ataupun peneliti untuk kegiatan praktikum dan penelitian.

METODE

Teknik Sampling

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni – Oktober 2021. Pengambilan sampel *E. spinosum* dilakukan di lokasi budidaya rumput, Dusun Punaga, Desa Laikang, Kec. Mangarabombang, Kab. Takalar, Sulawesi Selatan. Sampel pada penelitian ini terdiri dari rumput laut yang bergejala sakit. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil 1 kg rumput laut yang dimasukkan ke dalam kantong plastik, kemudian disimpan dalam *cool box* dan diangkut ke laboratorium.

Isolasi Bakteri

Sampel *E. spinosum* sebanyak 10 g pada bagian thallus yang berlendir, patah ataupun yang berspot putih. Rumput laut kemudian dihancurkan menggunakan lumpang porselen dan dimasukan ke dalam gelas erlenmeyer yang berisi 90 ml larutan NaCl 0,9% (untuk pengenceran 10^{-1}). Langkah membuat pengenceran 10^{-2} dengan mengambil 1 ml dari larutan pengenceran 10^{-1} yang kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan NaCl 0,9% dengan dihomogenkan menggunakan vortex. Dilakukan seterusnya hingga pengenceran 10^{-5} . Kemudian mengambil 1ml dari masing-masing hasil pengenceran lalu dimasukkan ke dalam cawan petri steril selanjutnya ditambahkan *Medium Nutrient Agar* dengan komposisi pelarut 50% air laut+50% aquades. Setelah itu dihomogenkan dengan gerakan tangan berputar secara perlahan. Sampai medium memadat kemudian diinkubasi dalam suhu 28°C selama 2x24 jam (BSN, 2006).

Teknik Pemurnian Bakteri

Pemurnian isolat bakteri dilakukan dengan mengambil masing-masing isolat yang berbeda karakteristik menggunakan ose, kemudian diinokulasikan dengan metode goresan kuadran pada medium *Tryptic Soy Agar* (Cappucino dan Sherman, 1986). Setelah koloni bakteri tumbuh, langkah selanjutnya adalah mengamati hasil dengan pengamatan morfologi koloni berdasarkan petunjuk Dwijoseputro (1989) yaitu dengan mengamati bentuk, elevasi, tepi, tekstur, dan warna.

Identifikasi Bakteri Dengan Alat VITEK-MS
VITEK-MS adalah alat untuk mengidentifikasi bakteri secara otomatis dengan metode pemeriksaan mikrobiologi menggunakan prinsip *Mass Spectrometry*. Prosedur persiapan sampel adalah sebagai berikut: menginokulasikan sampel bakteri pada suhu 30°C selama 24 jam. Selanjutnya mengambil isolat murni menggunakan ose dan menempatkan koloni di tengah posisi spot dan meratakannya. Menambahkan matrix 1 µl VITEK MS-CHCH di tengah posisi spot menggunakan mikropipet. Pastikan seluruh deposit tertutup oleh matrix. Biarkan spot mengering secara menyeluruh. Selanjutnya memproses slide pada instrumen VITEK-MS. Pembacaan hasil dilakukan dengan menggunakan alat bantu komputer. Hasil uji akan muncul di monitor yang terhubung dengan VITEK-MS berupa nama spesies sampel yang diuji.

Identifikasi Bakteri Dengan Teknik PCR dan sekuensing.

Identifikasi isolat bakteri dilakukan berdasarkan hasil sekuensing gen 16S-rRNA terdiri dari ahapan ekstraksi DNA, amplifikasi gen 16S-rRNA dengan PCR dan sekuensing dengan mesin Sequencer. Teknik ini digunakan untuk mendeteksi profil DNA menggunakan primer 16S-rRNA dan primer spesifik aSEFM.

Uji Patogenisitas Bakteri

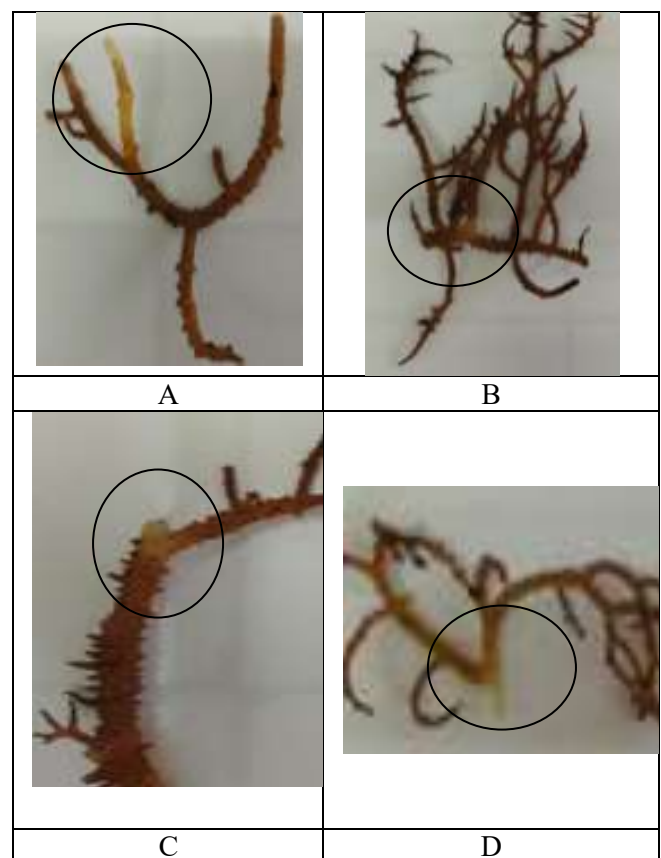
Rumput laut *Eucheuma spinosum* yang sehat untuk uji patogenisitas dicuci terlebih dahulu dengan etanol 70% selama 10 detik, selanjutnya dibilas dengan aquades, kemudian di tempatkan dalam toples kaca yang berisi air laut steril. Isolat bakteri yang akan diujikan terlebih dahulu dikultur dalam media *Tryptic Soy Broth* selanjutnya di inkubasi dalam shaker inkubator pada suhu 30°C selama 3x24 jam. Kemudian sebanyak 1 ml suspensi dengan jumlah sel bakteri 10⁸ dimasukkan ke dalam toples dan diamati setiap hari perubahan yang terjadi pada thallus selama 14 hari dalam kondisi diberikan

aerasi dan disinari lampu. Pengamatan meliputi perubahan warna, morfologi dan tekstur rumput laut (Zainuddin dkk, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolat Bakteri dari Rumput Laut *Eucheuma spinosum*

Isolasi bakteri dilakukan dari rumput laut *E. spinosum* yang terinfeksi, diambil dari bagian thallus. *Symptom* atau gejala infeksi yang dijadikan sampel dibagi atas 4 gejala yaitu : A. Thallus berwarna putih hingga transparan pada bagian ujung thallus, B. Terdapat bercak putih pada bagian percabangan thallus, C. Berlendir pada bagian percabangan thallus, D. Berlendir pada pangkal thallus (Gambar 1).



Gambar 1. Gejala Rumput Laut *E. spinosum* yang terinfeksi (Sumber: Data Penelitian Tahun 2021)

Hasil isolasi bakteri dari rumput laut *E. spinosum* yang berdasarkan gejala infeksi diperoleh 20 isolat yang berasal dari sampel A = 4 isolat (Es.1-Es.4), B = 6 isolat (Es.6-Es.11), C = 6 isolat (Es.12-Es.17) dan D = 4 isolat (Es.18-Es.21). Pengamatan morfologi koloni yang meliputi pengamatan bentuk, margin dan elevasi. Tabel 1 memperlihatkan sebagian besar koloni bakteri berbentuk circular (bulat), selain itu ada yang berbentuk irregular (tidak

beraturan), margin atau tepian bakteri didominasi bentuk entire (rata), di samping itu ada yang berbentuk lobate dan irregular. Bentuk elevasi yang convex (cembung) lebih dominan, dengan sedikit yang berbentuk flat (datar).

Pada tahap pewarnaan bakteri dan pengamatan bentuk sel bakteri diperoleh bakteri Gram negatif bentuk basil berjumlah 9 isolat, Gram positif bentuk basil berjumlah 6 isolat sedangkan jumlah isolat yang berbentuk coccus Gram positif adalah 5 isolat (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Pengamatan Pewarnaan Gram dan bentuk sel

No	Kode Isolat	Pewarnaan Gram	Bentuk sel
1	Es. 1	Gram negatif	Basil
2	Es. 2	Gram negatif	Basil
3	Es. 3	Gram negatif	Basil
4	Es. 4	Gram negatif	Basil
5	Es. 6	Gram negatif	Basil
6	Es. 7	Gram positif	Basil
7	Es. 8	Gram positif	Basil
8	Es. 9	Gram negatif	Basil
9	Es. 10	Gram negatif	Basil
10	Es. 11	Gram positif	Coccus
11	Es. 12	Gram positif	Basil
12	Es. 13	Gram positif	Coccus
13	Es. 14	Gram positif	Coccus
14	Es. 15	Gram negatif	Basil
15	Es. 16	Gram positif	Basil
16	Es. 17	Gram positif	Coccus
17	Es. 18	Gram positif	Basil
18	Es. 19	Gram negatif	Basil
19	Es. 20	Gram positif	Basil
20	Es. 21	Gram positif	Coccus

Sumber: Data Penelitian Tahun 2021

Hasil Identifikasi Bakteri dengan Menggunakan Alat VITEK-MS

Tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi terhadap 20 isolat bakteri yang telah berhasil diisolasi dari rumput laut *E. spinosum*. Identifikasi menggunakan alat VITEK-MS memberikan hasil sebagai berikut yaitu isolat bakteri Es. 1, Es. 3, Es. 9 dan Es. 10 teridentifikasi sebagai bakteri *Vibrio alginolyticus*, Es. 4 adalah *Shewanella algae*, juga teridentifikasi isolat Es. 7, Es. 12 dan Es. 16 adalah bakteri *Bacillus cereus*.

Keberadaan bakteri *Staphylococcus* dan *Pseudomonas* juga terlihat yaitu Es.11 dan Es.14 adalah *Staphylococcus kloosii*, Es. 13 adalah *Staphylococcus gallinarum*, isolat Es. 17 adalah bakteri *Staphylococcus arlettae* dan Es. 15 adalah bakteri *Pseudomonas stutzeri*

sedangkan isolat Es. 18 teridentifikasi sebagai bakteri *Brevibacterium casei*.

Terdapat 5 isolat bakteri yang tidak berhasil teridentifikasi yaitu isolat bakteri Es. 2, Es. 6, dan Es. 19, Es. 20 dan Es.21, hal ini terjadi dimungkinkan terjadi karena jumlah bakteri yang tumbuh belum cukup untuk tahap identifikasi (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Identifikasi Bakteri dari Rumput Laut *E. spinosum* menggunakan alat VITEK-MS

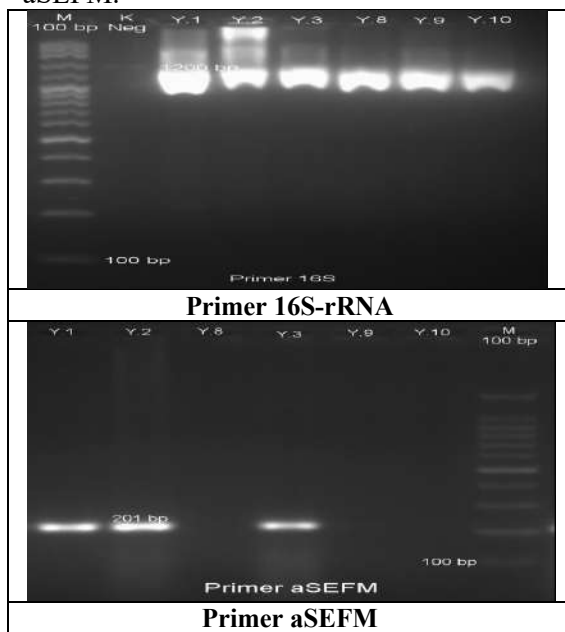
No	Kode Isolat	Jenis Bakteri	Keterangan
1	Es. 1	<i>Vibrio alginolyticus</i>	Conf: 99,9%
2	Es. 2	-	Tidak teridentifikasi
3	Es. 3	<i>Vibrio alginolyticus</i>	Conf: 99,9%
4	Es. 4	<i>Shewanella algae</i>	Conf: 99,9%
5	Es. 6	-	Tidak teridentifikasi
6	Es. 7	<i>Bacillus cereus</i>	Conf: 98,5%
7	Es. 8	<i>Bacillus cereus</i>	Conf: 99,9%
8	Es. 9	<i>Vibrio alginolyticus</i>	Conf: 99,9%
9	Es. 10	<i>Vibrio alginolyticus</i>	Conf: 99,9%
10	Es. 11	<i>Staphylococcus kloosii</i>	Conf: 99,9%
11	Es. 12	<i>Bacillus cereus</i>	Conf: 99,9%
12	Es. 13	<i>Staphylococcus gallinarum</i>	Conf: 99,9%
13	Es. 14	<i>Staphylococcus kloosii</i>	Conf: 99,9%
14	Es. 15	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Conf: 99,9%
15	Es. 16	<i>Bacillus cereus</i>	Conf: 99,9%
16	Es. 17	<i>Staphylococcus arlettae</i>	Conf: 99,9%
17	Es. 18	<i>Brevibacterium casei</i>	Conf: 99,9%
18	Es. 19	-	Tidak teridentifikasi
19	Es. 20	-	Tidak teridentifikasi
20	Es. 21	-	Tidak teridentifikasi

Sumber: Data Penelitian Tahun 2021

Hasil Identifikasi Bakteri Menggunakan PCR dan Sekuensing DNA

Kelima isolat yang belum teridentifikasi menggunakan alat Vitek-MS kemudian akan diuji lanjut dengan menggunakan teknik PCR dan sekuensing. Teknik ini digunakan untuk

mendeteksi profil DNA gen 16S-rRNA. Penggunaan 16S-rRNA telah digunakan sebagai parameter sistemik molekular universal, representative dan praktis untuk mengkonstruksi kekerabatan filogenetik pada tingkat spesies. Sekuensing merupakan salah satu cara untuk mengidentifikasi suatu gen. Identitas suatu gen yang telah diketahui sekuennya dapat ditentukan dengan membandingkan dengan data sekuen yang terdapat pada *Genbank*. Gambar 4 memperlihatkan hasil elektroforesis gel amplifikasi gen 16s-rRNA dan primer spesifik aSEFM.



Gambar 2. Gambar elektroforesis PCR 16S-rRNA dan primer selektif aSeFM (Sumber: Data Penelitian tahun 2021)

Hasil PCR dengan menggunakan primer 16S-rRNA menunjukkan bahwa DNA pengkode 16S-rRNA berhasil diamplifikasi dengan produk PCR berkisar 1200 bp. Hasil elektroforesis menunjukkan pita DNA terlihat jelas dan tidak ada *mixing bands* (pita yang tercampur). Selanjutnya dengan menggunakan primer spesifik aSEFM terlihat bahwa terdapat pita berkisar 201 bp dimana terbaca serupa dengan bakteri *Vibrio* spp.

Tabel 3. Hasil Identifikasi Bakteri dari Rumput Laut *E. spinosum* menggunakan PCR dan sekuensing

Kode Isolat	Jenis Bakteri	Keterangan
Es. 2	<i>Vibrio maerlii</i>	Strain: G62 scaffold26.1/Per.Ident: 91,00 %
Es. 6	<i>Vibrio rumoiensis</i>	Strain: FERM P-14531/Per.Ident: 81.18 %
Es.	<i>Pantoea</i>	Strain: isolateMGYG-

19	<i>septica</i>	HGUT-02423/Per.Ident: 97.80 %
Es. 20	<i>Cytobacillus kochii</i>	Strain:BDGP4/Per.Ident: 90.08 %
Es. 21	<i>Planococcus plakortidis</i>	Strain: DSM 23997/Per.Ident: 99.03 %






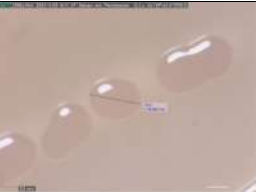

Sumber: data Penelitian Tahun 2021

Tabel 3 memperlihatkan hasil analisis urutan DNA melalui program pelacakan database *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST) pada *National Center for Biotechnology Information, National Institute for Health, USA* (www.blast.ncbi.nlm.nih.gov) menunjukkan bahwa bakteri yang di uji adalah bakteri *Vibrio maerlii* (Es. 2), *Vibrio rumoiensis* (Es. 6), *Pantoea septica* (Es. 19), *Cytobacillus kochii* (Es.20) dan *Planococcus plakortidis* (Es.21).

Dari dua proses identifikasi bakteri di atas diperoleh 13 spesies bakteri yang berhasil diisolasi adalah golongan bakteri *Vibrio* spp. yaitu (*V. alginolyticus*, *V. maerlii* dan *V. rumoiensis*), *Shewanella algae*, *Bacillus cereus*, genus *Staphylococcus* spp. (*Staph. kloosi*, *Staph. gallinarum*, *Staph.arlettae*), *Pseudomonas stutzeri*, *Brevibacterium casei*, *Pantoea septica*, *Cytobacillus kochii*, dan *Planococcus plakortidis*.

Morfologi koloni bakteri dan jenisnya dapat dilihat pada Gambar 5.



<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus kloosii</i>
	
<i>Staphylococcus gallinarum</i>	<i>Staphylococcus arlettae</i>
	
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	<i>Brevibacterium casei</i>
	
<i>Pantoea septic</i>	<i>Cytobacillus kochii</i>
	
<i>Planococcus plakortidis</i>	

Gambar 5. Gambar ragam koloni murni bakteri yang telah berhasil diisolasi dari rumput laut *E. spinosum* (Sumber: Data Penelitian Tahun 2021)

Hasil Pengujian Patogenesisitas

Pengujian patogenisitas dilakukan terhadap 13 jenis bakteri yang telah berhasil diisolasi dari rumput laut *E. spinosum*.

Setelah uji patogenisitas diperoleh 9 isolat yang bersifat patogen yaitu bakteri *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio maerlii*, *Vibrio rumoiensis*, *Shewanella algae*, *Staphylococcus kloosii*, *Staphylococcus gallinarum*, *Pseudomonas stutzeri*, *Staphylococcus arlettae*, *Pantoea septic*. Sedangkan bakteri yang tidak bersifat patogen dalam arti tidak memberikan gejala penyakit pada rumput laut berjumlah 4 bakteri yaitu bakteri *Bacillus cereus*, *Brevibacterium casei*, *Cytobacillus kochii* dan *Planococcus plakortidis*.

Berdasarkan pada penelitian, Nasution (2015) telah menguji ragam bakteri penyebab munculnya penyakit pada rumput

laut dengan temuan lima bakteri berindikasi pada munculnya penyakit *ice-ice*. Kelima bakteri tersebut antara lain: *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas nigricaciens*, *Vibrio granii*, *Bacillus cereus*, dan *Vibrio agarliquefaciens*. Sedangkan *Pseudomonas gelatica*, *Pseudomonas Ichtyodermis* dan *Bacillus megaterium* merupakan jenis yang tidak memiliki patogenitas, sehingga tidak berdampak pada munculnya gejala penyakit *ice-ice*. Dimana bakteri yang memiliki daya patogenitas tertinggi adalah jenis *Vibrio Agarliquefaciens*. Selanjutnya pada penelitian Saraswati (2016) juga menemukan bakteri yang menginfeksi rumput laut *Eucheuma spinosum* pada perairan pantai Kutuh Bali yang didominasi oleh bakteri *Vibrio alginolyticus* dan *Pseudomonas aeruginosa*.

Berikut adalah deskripsi bakteri yang diisolasi dari rumput laut *E. spinosum* :

Vibrio alginolyticus

Vibrio alginolyticus merupakan bakteri halofilik, koloni berwarna kuning pada medium TCBS. Terdistribusi secara luas di perairan laut. Bakteri ini merupakan patogen bagi biota laut seperti ikan, udang dan rumput laut. Hanna dkk. (1992) Saraswati (2016), mengatakan bahwa *V. alginolyticus* merupakan bakteri berbentuk basil (batang) dan bersifat motil (dapat bergerak), berhabitat alami di lingkungan akuatik dan umumnya berasosiasi dengan bakteri dari spesies *Vibrio* secara langsung dan akan menimbulkan penyakit patogen, yang dapat menyebabkan kematian biota laut.

Vibrio maerlii

Bakteri ini termasuk Gram negatif, halofilik, mesofilik, kemoorganotrofik dan hidup di lingkungan laut. Bakteri ini juga telah dilaporkan oleh Silva, dkk (2018) sebagai isolat baru yang diisolasi dari perairan laut Brasil.

Vibrio rumoiensis

Bakteri ini termasuk bakteri Gram negatif, termasuk dalam genus *Vibrio* yang tumbuh dengan baik pada medium TCBS dengan pigmen koloni berwarna kuning. Bakteri ini telah pula diisolasi oleh Yumoto dkk, 1999 dimana isolat yang mereka temukan merupakan isolat spesies baru yang diisolasi dari perairan Jepang.

Shewanella algae

Bakteri ini adalah bakteri Gram negatif, motil, berbentuk basil. Bakteri ini hidup di sangat cocok hidup di perairan laut dimana temperatur

dan salinitas menunjang pertumbuhannya (Holt dkk, 2005).

Bacillus cereus

Bakteri ini merupakan Gram positif, koloni berbentuk irregular, permukaan koloni kasar, datar, dan agak mengkilap. Warna koloni putih kekuningan. Ada beberapa jenis bakteri bacillus yang hidup berasosiasi dengan rumput laut (Singh dkk. 2014; Liu dkk, 2017).

Staphylococcus kloosii

Bakteri ini tergolong bakteri Gram positif berbentuk coccus, memiliki pigmen kuning hingga oranye. Bakteri merupakan salah satu bakteri penghasil pigmen. Bakteri ini juga telah berhasil diisolasi dari *Holothuria* di perairan Malaysia (Kamaruddin dkk, 2013).

Staphylococcus gallinarum

Bakteri ini berbentuk coccus termasuk Gram positif. Bentuk koloni irregular, dengan elevasi flat dan berwarna kuning. Penelitian tentang bakteri langka ini telah juga ditemukan oleh Morfin dkk (2012).

Staphylococcus arlettae

Staphylococcus arlettae adalah bakteri Gram positif dengan bentuk sel coccus. Bentuk koloni circular, entire dan elevasi convex. Bakteri ini juga telah ditemukan oleh Scleifer dkk (1984) dari jaringan hewan. *S. arlettae* juga telah berhasil diisolasi dalam lumpur aktif dan bersifat sebagai bakteri pendegradasi bahan organik (Franciscon dkk, 2009).

Pseudomonas stutzeri

Bakteri ini tergolong bakteri Gram negatif berbentuk basil, koloni berwarna krem dengan bentuk koloni irregular. Tepi koloni juga terlihat irregular, elevasi datar dengan tekstur permukaan koloni bakteri yang kasar. *P. stutzeri* telah ditemukan keberadaannya di ekosistem perairan hutan mangrove di Pasuruan (Yahya dkk, 2014). Selain itu *P. Stutzeri* dilaporkan juga berasosiasi dengan rumput laut *Ulva prolifera* dimana bakteri ini memiliki kemampuan metabolismenya dalam degtadasi senyawa aromatik (Fu dkk, 2018).

Brevibacterium casei

Sebagai contoh hasil isolasi mikroba laut *Brevibacterium* sp. dari perairan laut Muara Kamal Jakarta, diperoleh satu isolat yang berpotensi menghasilkan enzim amylase dengan aktivitas 2.9 U/ml, stabil pada pH 8 dan substrat pati 2% (Rahmani dkk., 2011).

Cytobacillus kochii

Bakteri ini termasuk dalam famili Bacillaceae, Gram positif, bakteri ini juga telah diisolasi dari makanan berupa salad, yaitu tanaman segar.

Patel S dan Gupta (2020) telah menyatakan bahwa bakteri ini termasuk dari 6 genera baru dari spesies *Bacillus*.

Pantoea septica

Genus *Pantoea* adalah bakteri yang memiliki pigmen kuning, berbentuk basil, Gram negatif dan tergolong dalam bakteri Enterobacteriaceae. Beberapa strain *Pantoea* sering ditemukan pada perairan laut dan merupakan bakteri patogen penyebab penyakit soft rot dan necrosis pada tanaman (Bradi dkk, 2008).

Planacoccus plakortidis

Bakteri ini merupakan bakteri Gram positif, aerobik, non spora, motil dan berbentuk coccus, Koloni di medium TSA berwarna kuning hingga oranye, bentuk koloni circular, tepiannya entire dan elevasi convex. *Planacoccus plakortidis* pertama kali diisolasi dari sponge laut (*Plakortis simplex*) dari Perairan Bengal (Kaur, 2012).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dapat disimpulkan bahwa penelitian ini menghasilkan 13 spesies bakteri yang berhasil di isolasi dari rumput laut *Eucheuma spinosum*, setelah uji patogenisitas diperoleh 9 isolat yang bersifat patogen yaitu bakteri *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio maerlii*, *Vibrio rumoiensis*, *Shewanella algae*, *Staphylococcus kloosii*, *Staphylococcus gallinarum*, *Staphylococcus arlettae*, *Pseudomonas stutzeri* dan *Pantoea septica*. Sedangkan bakteri yang tidak bersifat patogen dalam arti tidak memberikan gejala klinis pada rumput laut diperoleh 4 isolat bakteri yaitu *Bacillus cereus*, *Brevibacterium casei*, *Cytobacillus kochii* dan *Planacoccus plakortidis*.

Saran

Disarankan untuk penelitian lebih lanjut dalam rangka upaya untuk menjaga viabilitas dan keberlangsungan hidup bakteri maka perlu dilakukan penelitian tentang penyimpanan bakteri yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. 2006. Standar Nasional Indonesia 01-2332.3 Cara Uji Mikrobiologi- Bagian 3: Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) Pada Produk Perikanan. 11 hal.
- Brady, Carrie L. Brady, Ilse Cleenwerck, Stephanus N. Venter, Katrien Engelbeen, Paul De Vos and Teresa A. Coutinho. Emended description of the

- genus *Pantoea*, description of four species from human clinical samples, *Pantoea septica* sp. nov., *Pantoea eucrina* sp. nov., *Pantoea brenneri* sp. nov. and *Pantoea conspicua* sp. nov., and transfer of *Pectobacterium cyripedii* (Hori 1911) Brenner et al. 1973 emend. Hauben et al. 1998 to the genus as *Pantoea cyripedii* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* (2010), 60, 2430–2440 DOI 10.1099/ijs.0.017301-0
- Cappucino, J.G. and N. Sherman., 1986. *Microbiology: A Laboratory Manual*. The Benjamin/Cummings Publish, California.
- Dwidjoseputro, D., 1989. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta. Halaman 53.
- DKP. 2004. *Profil Rumput Laut Indonesia*. Jakarta-Indonesia: Direktorat Jendral Perikanan Budidaya.
- Fu Huihui, Peng Jiang, Jin Zhao, Chunhui Wu. *Comparative Genomics of Pseudomonas* sp. Strain SI-3 Associated Macroalga *Ulva prolifera*, the Causative Species for Green Tide in the Yellow Sea.. *Front Microbiol.*, 2018 July. doi.org/10.3389/fmicb.2018.01458.
- Holt HM, Gahrn-Hansen B, Bruun B. *Shewanella* algae and *Shewanella putrefaciens*: clinical and microbiological characteristics. *Clin Microbiol Infect.* 2005 May;11(5):347-52. doi: 10.1111/j.1469-0691.2005.01108.x. PMID: 15819859.
- Kamarudin KR, Ngah N, Hamid TH, Susanti D. Isolation of a Pigment-producing Strain of *Staphylococcus kloosii* from the Respiratory Tree of *Holothuria* (*Mertensiothuria*) *leucospilota* () from Malaysian Waters. *Trop Life Sci Res.* 2013;24(1):85-100.
- Kaur I, A. P. Das, M. Acharya, H.-P. Klenk, A. Sree and S. Mayilraj. *Planococcus plakortidis* sp. nov., isolated from the marine sponge *Plakortis simplex* (Schulze). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* (2012), 62, 883–889 DOI 10.1099/ijs.0.029967-0
- Kunarso D.H. Peranan Bakteri Heterotrofik Dalam Ekosistem Laut. *Oseana* Volume XIII, Nomor 4, 1988: 133-142.
- Liu, Y., Lai, Q., Du, J. *et al.* Genetic diversity and population structure of the *Bacillus cereus* group bacteria from diverse marine environments. *Sci Rep* 7, 689 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00817-1>
- Morfín-Otero R, Martínez-Vázquez MA, López D, Rodríguez-Noriega E, Garza-González E. Isolation of rare coagulase-negative isolates in immunocompromised patients: *Staphylococcus gallinarum*, *Staphylococcus pettenkoferi* and *Staphylococcus pasteurii*. *Ann Clin Lab Sci.* 2012 Spring;42(2):182-5. PMID: 22585615.
- Patel and Gupta, A phylogenomic and comparative genomic framework for resolving the polyphyly of the genus *Bacillus*: Proposal for six new genera of *Bacillus* species, *Peribacillus* gen. nov., *Cytobacillus* gen. nov., *Mesobacillus* gen. nov., *Neobacillus* gen. nov., *Metabacillus* gen. nov. and *Alkalihalobacillus* gen. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2020;70:406–438
- Pelczar, M. J., Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jilid I. Terjemahan Ratna Siri Hadioetomo. UI Press, Jakarta.
- Rahmani N, Yopi, A. Andriani, A. Prima. 2011. Production and Characterization of amylase enzyme from marine bacteria. *Proceeding of the 2nd International Seminar on Chemistry*: 255-259.
- Saraswati. S.P dan I Made Sena Darmasetiyawana. 2016. Identifikasi bakteri pada rumput laut *Euclima spinosum* yang terserang penyakit ice- ice di perairan pantai Kutuh. *Journal of Marine and Aquatic Science* 2 : 11 -15.
- Sidharta, B.R. 2000. *Pengantar Mikrobiologi Kelautan*. Universitas Atmajaya Yogyakarta. 122 hal.
- Singh, Ravindra Pal, and C.R.K. Reddy. “Seaweed–Microbial Interactions: Key Functions of Seaweed-Associated Bacteria.” *FEMS Microbiology Ecology* 88, no. 2 (April 1, 2014): 213–30. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12297>.
- Silva CSF, Walter JM, Nobrega MS, Calegario G, Appolinario LR, Leomil L, Cavalcanti G, Silva BS, Garcia GD,

- Tschoeke D, Swings J, Thompson FL, Thompson CC. 2018. Genome sequences of *Vibrio maerlii* sp. nov. and *Vibrio rhodolithus* sp. nov., isolated from rhodoliths. *Microbiol Resour Announc* 7:e01039-18.
<https://doi.org/10.1128/MRA.01039-18>.
- Yahya, Nursyam. H, Risjani. Y, Soemaarno. Karakteristik Bakteri di Perairan mangrove Pesisir Kraton Pasuruan. *Ilmu Kelautan Maret* 2014 Vol.19 (1) : 35-42
- Yumoto I I, Iwata H, Sawabe T, Ueno K, Ichise N, Matsuyama H, Okuyama H, Kawasaki K. Characterization of a facultatively psychrophilic bacterium, *vibrio rumoiensis* sp. nov., that exhibits high catalase activity. *Appl Environ Microbiol.* 1999 Jan;65(1):67-72. doi: 10.1128/AEM.65.1.67-72.1999. PMID: 9872761; PMCID: PMC90984.
- Zainuddin, E.N., Anshary, H., Huyyirmah, H. *et al.* Antibacterial activity of *Caulerpa racemosa* against pathogenic bacteria promoting “ice-ice” disease in the red alga *Gracilaria verrucosa*. *J Appl Phycol* 31, 3201–3212 (2019).
<https://doi.org/10.1007/s10811-019-01805-w>

Rancang Bangun Purwarupa Alat Pengujian Tahanan Kontak

Irwan Zaenal N^{*1}, Sumedi², Deny Viviantoro³

¹Teknik Elektro, ^{2,3}Tenaga Listrik, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika,
Institut Teknologi Bandung

E-mail: ^{*}irwan@stei.itb.ac.id, ²sumedi@hv.ee.itb.ac.id, ³deny.viviantoro@itb.ac.id

Abstrak

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di era sekarang membuat kebutuhan energi listrik terasa menjadi kebutuhan primer. Kualitas daya yang disalurkan dari tiap-tiap titik pembangkit energi listrik haruslah dijaga seoptimal mungkin sehingga perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kinerja peralatan ketenagalistrikan. Pengukuran tahanan kontak menjadi salah satu hal yang penting pada peralatan ketenagalistrikan seperti circuit breaker dan joint clamp. Diperlukan pemeriksaan berkala untuk mendapatkan informasi kondisi peralatan tersebut agar dapat dilakukan pemeliharaan yang intensif yang membuat kurva kegagalan alat semakin landai. Para pelaku industri biasa menggunakan alat pengukuran tahanan kontak yang didatangkan dari luar negeri atau impor karena di Indonesia belum ada pabrik yang khusus membuat instrument pengukuran tahanan kontak. Tim Peneliti PLP STEI-ITB yang tergabung dari Laboratorium Teknik Tegangan dan Arus Tinggi dan Laboratorium Sistem Kendali dan Komputer mencoba untuk menjawab tantangan dalam pemenuhan kebutuhan alat pengujian tahanan kontak di Indonesia. Penelitian perancangan purwarupa alat pengukuran tahanan kontak kali ini diproyeksikan menghasilkan produk versi alpha dengan fitur-fitur dasar yang dibutuhkan dalam pengukuran tahanan kontak. Alat yang dirancang akan digunakan sebagai pengembang modul-modul pengukuran spesifik seperti tahanan kontak pada circuit breaker, joint clamp, dll serta dapat digunakan sebagai fasilitas penunjang di Laboratorium dalam pelaksanaan pendidikan dan penelitian terpadu.

Kata kunci: arus, tahanan, kalibrasi, trafo

Abstract

The development of science and technology in the current era makes the need for electrical energy become a primary need. The quality of the power supplied from each point of electrical energy generation must be maintained as optimally as possible so it is necessary to check the performance of electrical equipment. Measurement of contact resistance is one of the important things in electrical equipment such as circuit breakers and joint clamps. Periodic inspections are required to obtain information on the condition of the equipment so that intensive maintenance can be carried out which makes the failure curve of the equipment more sloping. Industry players usually use contact resistance measurement tools imported from abroad because in Indonesia there is no factory that specifically produce contact resistance measurement instruments. The STEI-ITB PLP Research Team, who are members of the High Voltage and Current Engineering Laboratory and the Computer and Control System Laboratory, are trying to answer the challenge of meeting the needs of contact resistance testing equipment in Indonesia. This research on the design of a prototype contact resistance measurement tool is projected to produce an alpha version of the product with the basic features needed in measuring contact resistance. The tool designed will be used as a developer of specific measurement modules such as contact resistance on circuit breakers, joint clamps, etc. and can be used as supporting facilities in laboratories in the implementation of integrated education and research.

Key words: current, resistance, calibration, transformer

PENDAHULUAN

Dampak globalisasi telah banyak membawa perubahan di kehidupan masyarakat Indonesia, mulai persebaran informasi yang semakin massif dan tingkat konsumtifitas yang semakin meningkat. Pengaruh-pengaruh ini seharusnya

mampu membawa masyarakat Indonesia menjadi lebih produktif dan berkarya dengan memanfaatkan fasilitas-fasilitas yang telah tersedia di era sekarang. Berita baik dari dampak globalisasi salah-satunya di sektor Teknik Ketenagalistrikan adalah semakin

berkembang pesat teknologi yang mampu menunjang kualitas energi listrik sampai ke pemanfaatan oleh konsumen, namun berita buruknya adalah Indonesia menjadi ladang basah pasar peralatan-peralatan tersebut (*power apparatus*) yang kini bukan hanya datang dari Amerika atau Eropa namun dari tetangga negara wilayah Asia-Pasifik.

Salah satu peralatan pengukuran sederhana pada bidang ketenagalistrikan yang sebenarnya kita mampu untuk memproduksinya secara mandiri adalah alat pengukuran tahanan kontak. Alat pengukur tahanan kontak biasa ditemukan saat sedang berlangsung pemeliharaan fasilitas gardu induk, yakni ketika akan menguji tahanan kontak dari *circuit breaker*. Selain itu alat pengukur tahanan kontak dapat digunakan untuk mengukur tahanan kontak pada sambungan pada busbar, sambungan pada busing, sambungan pada titik transmisi mobil listrik, sambungan pada fasilitas pembangkit medan magnet tinggi, dan masih banyak peralatan yang membutuhkan pengukuran tahanan kontak.

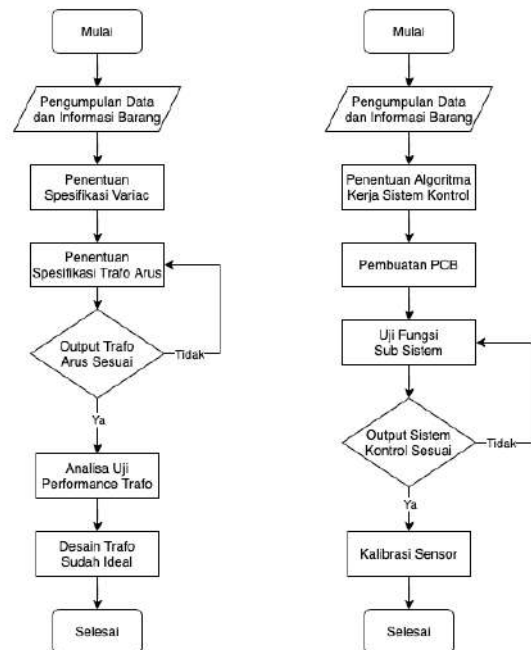
Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan atau terminasi. Sambungan adalah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik sehingga arus energi listrik dapat disalurkan tanpa hambatan yang berarti. Pertemuan dari beberapa konduktor menimbulkan suatu hambatan atau resistansi terhadap arus yang melaluinya sehingga akan terjadi disipasi panas dan menjadikan rugi-rugi. Rugi ini sangat terasa jika nilai tahanan kontakannya tinggi.

Nilai tahanan kontak tidak hanya memperburuk kualitas daya yang ditransmisikan namun produk lain dari rugi-rugi daya adalah timbulnya panas yang berlebihan. Panas yang berlebihan akan menjadi titik panas atau bahkan titik nyala api terjadinya kebakaran. Titik panas juga mampu mengkonduksi peralatan sekitar yang tersambung sehingga memperpendek umur kerja peralatan dan mengacaukan pembacaan pada instrument pengukuran.

METODE

Perancangan purwarupa alat pengukur tahanan kontak terdiri dari dua pekerjaan besar, yakni perancangan pada sisi *mainware* dan perancangan pada sisi *controlware*. Secara umum perancangan *mainware* dan *controlware* dapat digambarkan seperti pada diagram alir

Gambar 1 Perancangan *mainware* merupakan hal pertama yang dilakukan kemudian dilanjutkan dengan perancangan *controlware*.



Gambar 1. Diagram alir perancangan *mainware* (kiri) dan *controlware* (kanan)

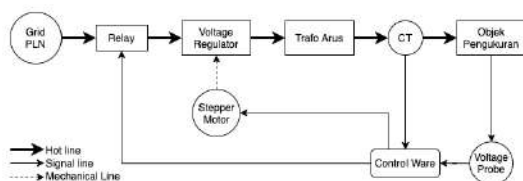
A. Mainware

Mainware pada alat pengukur tahanan kontak terdiri dari sebuah variac atau *slide regulator* atau *voltage regulator* dan sebuah trafo arus. *Voltage regulator* akan berperan sebagai *driver* trafo arus karena kemampuannya dalam mengelola besaran tegangan input pada trafo arus. *Voltage regulator* sangat mudah ditemukan di pasaran lokal dan seringkali digunakan untuk aplikasi laboratorium penelitian maupun industri. Beberapa merk *voltage regulator* yang sering ditemukan di pasaran lokal adalah merk OKI, TDGC, Matsumoto, dan Takayoshi. Parameter yang perlu diperhatikan dalam pemilihan spesifikasi *voltage regulator* adalah jumlah fasa dan daya semu (VA).

Trafo arus merupakan trafo yang dirancang khusus untuk menghasilkan output arus yang tinggi dengan tidak memperdulikan output tegangan. Dengan menggunakan rumus persamaan sederhana seperti ditunjukkan pada persamaan (1), yakni dengan membandingkan nilai jumlah belitan pada sisi primer (input) dan sisi sekunder (output) maka didapatkan nilai output arus sekunder yang diharapkan.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (1)$$

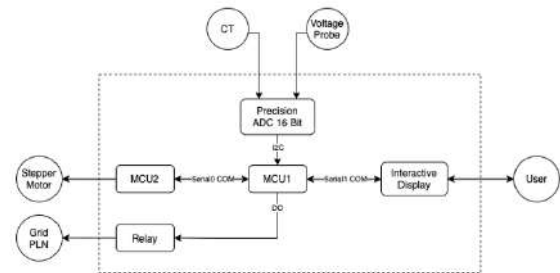
Gambar 2 merupakan diagram blok dalam perancangan mainware purwarupa alat pengujian tahanan kontak. Purwarupa alat menggunakan grid 220 V dari PLN sebagai catu daya alat kemudian dihubungkan dengan relay atau kontaktor yang dapat dikendalikan dari sisi *controlware*. Penggunaan relay yang dapat dikendalikan oleh *controlware* bertujuan sebagai faktor *safety* pengoperasian serta mempermudah dalam proses instalasi objek pengukuran. *Hot line* dari relay kemudian dihubungkan ke *voltage regulator* diteruskan ke trafo arus. Output dari trafo arus kemudian dihubungkan dengan sensor arus yang berfungsi sebagai instrumentasi pembacaan besaran output arus trafo. Terdapat beberapa jenis sensor arus yang umum ditemukan di pasaran, yakni sensor arus yang memanfaatkan tegangan jatuh *R-shunt*, sensor arus yang memiliki prinsip seperti trafo induksi, sensor arus yang memanfaatkan medan induksi elektromagnetik, dan sensor arus yang menggunakan prinsip *hall effect*. Masing-masing jenis sensor arus memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing tergantung dengan penggunaan. *Hot line* dihubungkan dengan objek pengukuran dimana objek pengukuran dapat berupa sambungan busbar, CB, *brush* generator, dll. Tepat pada sambungan objek dilakukan pengukuran tegangan jatuh menggunakan probe tegangan untuk mendapatkan nilai tegangan ketika arus dialirkan.



Gambar 2. Diagram blok *mainware*

Relay, stepper motor, sensor arus, dan probe tegangan merupakan komponen-komponen yang terhubung dengan *controlware* sebagai input dan output instrumentasi. Motor stepper diperlukan untuk memberikan torsi pada as atau sumbu putar *voltage regulator*. Relay dan motor stepper berperan sebagai hasil output dari *controlware*. Relay berfungsi sebagai *automatic switch* pada sistem sehingga dapat disematkan pada display interaktif untuk ON atau OFF dan juga dapat digunakan sebagai proteksi ketika sistem telah melewati batas operasi. Motor stepper berfungsi sebagai driver torsi *voltage regulator* untuk menaikkan atau

menurunkan level tegangan pada inputan trafo arus. Sensor arus dan probe tegangan berperan sebagai input pembacaan analog pada *controlware*. Karena *device controlware* yang digunakan adalah *device* digital maka dari itu diperlukan modul *analog to digital converter* agar *controlware* dapat membaca input sensor. Pembacaan analog dari sensor arus dan probe tegangan yang diterima oleh *controlware* perlu dilakukan kalibrasi nilai agar pembacaan dapat mendekati dengan nilai yang sebenarnya.



Gambar 3. Diagram blok *controlware*

B. *Controlware*

Controlware purwarupa alat pengujian tahanan kontak dapat dijelaskan secara singkat pada **Gambar 3**. *Microcontroller unit* atau MCU bertugas sebagai pengendali utama dalam *controlware*. Purwarupa alat pengujian tahanan kontak terdiri dari dua MCU yang memiliki tugas spesifik masing-masing. MCU1 bertugas sebagai pengelola data analog sensor arus dan probe tegangan yang didapatkan dari ADC, pengendali relay, dan secara terus-menerus berkomunikasi dengan interaktif display. Data sensor arus dan tegangan yang didapatkan dari ADC perlu dilakukan kalibrasi nilai agar nilai yang terbaca dapat mendekati ke nilai yang sebenarnya. Proses kalibrasi membutuhkan data pengukuran pembandingan dari alat pengukuran lainnya yang dianggap memiliki kelas yang lebih tinggi dan memiliki kepercayaan yang baik. Kalibrasi nilai sensor arus dilakukan dengan membandingkan pada alat Fluke 374 True RMS Clamp Meter yang dapat dilihat pada sedangkan kalibrasi nilai tegangan dilakukan dengan membandingkan pada alat Fluke 45 Dual Display Multimeter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan purwarupa alat pengujian tahanan kontak telah berhasil dibangun menggunakan komponen-komponen yang dapat dengan mudah ditemukan pada pasar lokal. Purwarupa alat dikemas sedemikian rupa agar komponen

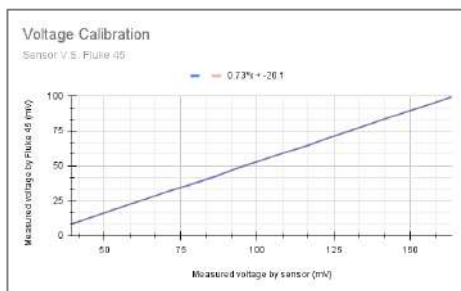
yang berada di dalamnya terlindungi dari pengaruh-pengaruh eksternal.

A. Kalibrasi sensor tegangan

Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan alat. Kalibrasi nilai tegangan dilakukan pada range antara nilai minimum sebesar 9.1 mv dan nilai maksimum sebesar 99.35 mV pembacaan dari Fluke 45 Dual Display Multimeter. Grafik kalibrasi tegangan dapat dilihat pada **Gambar 4** menunjukkan bahwa garis grafik hubungan antara pembacaan Fluke 45 dan pembacaan sensor dengan garis regresi linear telah berhimpit dengan baik. Nilai regresi berguna untuk membangun sebuah persamaan yang menghubungkan antara variable tidak bebas (y) dengan variable bebas (x) sekaligus dapat menentukan nilai-nilai estimasi sepanjang garis tersebut. Ketika garis grafik data dan garis regresi linear telah berhimpit menandakan bahwa nilai persamaan regresi linear dapat digunakan sebagai persamaan kalibrasi sensor tegangan. Berikut adalah persamaan (1) sebagai regresi linear kalibrasi nilai tegangan.

$$y_{vol} = 0.73x - 20.1 \quad (1)$$

Dimana y_{vol} merupakan nilai tegangan terbaca dan x merupakan nilai tegangan yang terbaca oleh sensor.

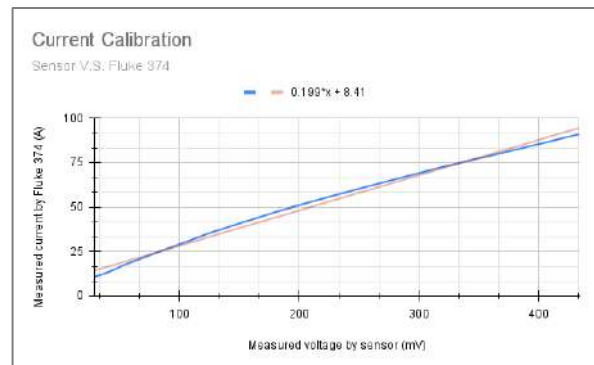


Gambar 4. Grafik kalibrasi sensor tegangan

B. Kalibrasi sensor arus

Kalibrasi sensor arus dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan sensor dengan alat Fluke 374 True RMS Clamp Meter. Proses kalibrasi dilakukan pada range antara nilai minimum 9 A dan nilai maksimum 99.1 A. Gambar 5 menunjukkan garis grafik hubungan pembacaan Fluke 374 dan sensor arus dengan garis regresi linear tidak saling berhimpit dengan baik. Hal ini disebabkan karena karakteristik pembacaan sensor arus yang mengalami saturasi pada titik-titik

tertentu. Titik saturasi menyebabkan bentuk grafik data menjadi eksponensial.



Gambar 5. Grafik kalibrasi sensor arus

Solusi yang dapat ditawarkan akibat karakteristik saturasi nilai pada sensor adalah dengan membagi nilai kalibrasi menjadi beberapa bagian persamaan, yakni nilai kalibrasi di bawah pembacaan arus 40 A dan nilai kalibrasi di atas pembacaan arus 40 A. Sehingga persamaan linear (2) dan (3) dapat digunakan sebagai nilai kalibrasi sensor arus.

$$y_{<40} = 0.252x + 3.52 \quad (2)$$

Dimana $y_{<40}$ adalah nilai arus terbaca (untuk keadaan di bawah 40 A) dan x adalah nilai tegangan yang terbaca dari sensor arus.

$$y_{>40} = 0.175x + 15.9 \quad (3)$$

Dimana $y_{>40}$ adalah nilai arus terbaca (untuk keadaan di atas 40 A) dan x adalah nilai tegangan yang terbaca dari sensor arus.

C. Perhitungan tahanan

Ketika sudah mendapatkan nilai pengukuran dari sensor arus dan nilai pengukuran tegangan dari sensor tegangan maka hal selanjutnya adalah menghitung nilai tahanan kontak pada objek pengukuran sambungan. Sesuai dengan persamaan sederhana hukum ohm, yakni pada persamaan (4).

$$E = IR \quad (4)$$

Dimana E adalah tegangan jatuh pada objek pengukuran, I adalah arus yang sedang melewati objek pengukuran, dan R adalah tahanan pada objek pengukuran. Dengan melakukan operasi bagi arus terhadap tegangan maka kita telah mendapatkan tahanan pada objek pengukuran. Pada Gambar 6 adalah contoh interaktif display yang sedang menampilkan hasil pengukuran tahanan kontak pada objek pengukuran berupa sambungan busbar kubikel 20 kV.



Gambar 6. Nilai tahanan kontak pada sambungan busbar 20 kV

KESIMPULAN

Perancangan purwarupa alat pengujian tahanan kontak telah berhasil dilakukan dengan beberapa kebaruan yang telah ditambahkan. Penerapan teori dasar dalam pembuatan trafo telah tertuang dalam perancangan mainware sehingga dapat menghasilkan output arus yang sangat tinggi (sampai dengan 100 A) dan penerapan teori dasar persamaan regresi linear telah tertuang dalam proses kalibrasi sensor arus dan tegangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiesa, Nicola. 2010. Power Transformer Modeling for Inrush Current Calculation. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- Fadillah, Adry. 2016. Analisa Hasil Pengujian Switchgear pada Sistem Kelistrikan Gedung Reactor Serba Guna GA Siwabessy. Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2016.
- IEC 60694. 1992. *Common Specification for High-Voltage Switchgear and Controlgear Standards*.
- Janoch, Rob. 2015. Contact Resistance Measurement – Observations on Technique and Test Parameters. The 42nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference.
- Kulkarni, Sanjay. 2018. An Overview of Dynamic Contact Resistance measurement of HV Circuit Breakers. 2018 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D).
- Stanisic, Zoran. 2011. Method for Static and Dynamic Resistance Measurements of HV Circuit Breaker. 2011 2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on Innovative Smart Grid Technologies.

Winantara, Bagus. 2019. Evaluasi Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi di Gardu Induk 150 kV Bandung Selatan Berdasarkan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana. ISSN: 2086-9479.

Zhang, Chao. 2020. High-Throughput Measurement of the Contact Resistance of Metal Electrode Materials and Uncertainty Estimation.

Penentuan dan Peningkatan Kualitas Akuades Berdasarkan Variasi Sumber Air Baku pada Alat Destilasi dengan Sirkulasi Air Termodifikasi

Marjuni*¹, Rasyidah², Rini Fariani³

¹Program Studi S1 Fisika, ^{2,3}Program Studi Biologi, Universitas Lambung Mangkurat
Email: *marjuni@ulm.ac.id, rasyidah@ulm.ac.id, rini_f79@yahoo.com

Abstrak

Ketersediaan akuades yang memenuhi standar laboratorium sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas data yang dihasilkan dari praktikum maupun penelitian. Akuades di Laboratorium FMIPA ULM dihasilkan dari alat destilasi sederhana dengan sumber air baku PDAM. Dengan memisahkan saluran air baku dengan saluran air pendingin (kondensor) pada alat destilasi maka dimungkinkan untuk melakukan variasi sumber air baku seperti: air pdam, air sumur, air galon, bahkan menggunakan akuades kembali sebagai air baku (akuabides). Pada salah satu variasi, air PDAM dan air sumur akan di saring menggunakan instalasi pengolahan air (IPA) sederhana untuk menjadi air baku. sedangkan air galon dan akuades tidak melewati proses penyaringan. Berdasarkan hasil penelitian, daya hantar listrik akuades (satuan $\mu\text{mhos/cm}$) berdasarkan sumber air baku sebagai berikut: akuabides dari akuades: 1,13, akuades dari air galon: 1,24, akuades dari air sumur: 1,65, akuades dari air sumur yang disaring: 1,39, akuades dari air PDAM yang diendapkan: 1,72, dan akuades dari air PDAM yang disaring: 1,71. Berdasarkan hasil diatas dapat disimpulkan kualitas akuades dipengaruhi oleh sumber air baku yang digunakan.

Kata kunci: akuades, air baku, daya hantar listrik

Abstract

The availability of distilled water to meets laboratory standards required for improving the quality of data generated from experiments and research. The distilled water in the FMIPA ULM Laboratory produced from a simple distillation apparatus of PDAM as a raw water source. Separation of the raw water channel from the cooling water channel (condenser) in the distillation device is possible to vary the raw water sources such as: PDAM water, well water, gallon water, and even reuse distilled water as raw water (aqua bidest). For the treatment variation, PDAM water and well water filtered using a simple water treatment plant (IPA) to become raw water, while gallon water and distilled water do not pass through the filtering process. Based on raw water sources, the results show the electrical conductivity of distilled water (unit in $\mu\text{mhos/cm}$) are vary. Electrical conductivity of aqua bidest from distilled water, distilled water from gallons of water, distilled water from well water, distilled water from water filtered wells, distilled water from PDAM water that precipitated and distilled water from filtered PDAM water are 1.13, 1.24, 1.65, 1.39, 1.72 and 1.71 respectively. Those data show that the quality of distilled water is affected by the used of raw water source.

Keywords: distilled water, raw water, electrical conductivity

PENDAHULUAN

Akuades adalah air murni yang diperoleh dari proses destilasi/penyulingan berdasarkan perbedaan titik didih. Menurut Marjuni, Minarto, & Wahyono (2021) proses pembuatan akuades diawali dengan memanaskan air baku pada suhu 100°C (titik didih air) menggunakan boiler/pemanas. Ketika suhu air mencapai titik didih maka air akan menguap. Ketika uap air bersentuhan

dengan bidang yang suhunya rendah maka uap air akan terkondensasi dan jatuh menjadi titik-titik air. Titik-titik air ini kemudian ditampung menjadi akuades. Alat penghasil akuades sering disebut water still.

Kebutuhan akuades sangat besar di laboratorium (Adani and Pujiastuti 2018). Akuades merupakan bahan yang sangat penting dan juga merupakan bahan yang paling banyak dibutuhkan dalam

laboratorium, baik sebagai pembilas pada cucian peralatan laboratorium maupun sebagai pelarut dalam kegiatan praktikum dan penelitian. Berdasarkan Permenkes No 43 Tahun 2013 tentang Cara Penyelenggaraan Laboratorium Klinik yang Baik, mengatakan bahwa air merupakan bahan yang termurah dari semua bahan yang digunakan di laboratorium, tetapi air merupakan bahan yang terpenting dan yang paling sering digunakan. Kualitas air yang digunakan di laboratorium harus memenuhi standar seperti halnya bahan lain yang digunakan dalam analisa (air yang dimaksud dalam peraturan tersebut adalah air hasil destilasi/akuades). Berdasarkan nilai resistivitas, akuades di laboratorium dibagi menjadi 3 jenis, yakni: air jenis 1 (kualitas tinggi; resistivitas > 10 Mega ohm atau konduktivitas air $< 0,1 \mu\text{s}$), air jenis 2 (kualitas sedang; resistivitas > 1 Mega ohm atau konduktivitas air $< 1 \mu\text{s}$) dan air jenis 3 (kualitas rendah; resistivitas $> 0,1$ Mega ohm atau konduktivitas $< 10 \mu\text{s}$) (Permenkes No 42 Tahun 2013). Berdasarkan Marjuni *et al.* (2021), nilai konduktivitas akuades yang diproduksi oleh salah satu Laboratorium FMIPA rata-rata pada kisaran $2 \mu\text{s}$, dan ini bisa mewakili kualitas akuades yang dihasilkan seluruh Laboratorium FMIPA karena menggunakan alat destilasi dan sumber air baku yang sama. Dengan konduktivitas $> 1 \mu\text{s}$, akuades yang diproduksi di Laboratorium FMIPA masih pada kategori air jenis 3 (kualitas rendah). Untuk meningkatkan kualitas dan akurasi data yang dihasilkan dari praktikum dan penelitian diperlukan peralatan/instrumentasi yang memadai dan bahan-bahan dalam kondisi baik dan murni, termasuk akuades. Akuades yang digunakan tentu memberikan pengaruh terhadap data dan keberhasilan dalam penelitian. Penggunaan bahan-bahan yang baik (termasuk akuades) membuat kita yakin akan kebenaran data yang dihasilkan, dan sebaliknya penggunaan bahan-bahan yang jelek dalam penelitian memberikan risiko gagal yang lebih besar atau membuat kita ragu terhadap data yang dihasilkan. Berdasarkan uraian diatas maka perlu diusahakan meningkatkan kualitas akuades di Laboratorium FMIPA. Dengan menggunakan modifikasi alat destilasi yang telah dilakukan oleh Marjuni *et al.* (2021) dimana saluran air baku untuk akuades dibuat terpisah dengan saluran air untuk pendingin (air kondensor). Dengan saluran yang terpisah maka dimungkinkan dilakukannya variasi air baku

dari berbagai sumber air seperti: air pdam, air sumur, air galon, dan akuades (akuades akan mengalami proses destilasi ulang).

Sumber Air

Air Permukaan

Merupakan air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Air permukaan sangat mudah mengalami pencemaran, seperti dari lumpur, kotoran, kegiatan rumah tangga, industri, dan lain-lain.

Air Tanah

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akuifer. Pergerakan air tanah sangat lambat, kecepatan arus berkisar antara $10^{-10} - 10^{-3}$ m/detik dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas dari lapisan tanah. dan pengisian kembali air (*recharge*). Karakteristik utama yang membedakan air tanah dari air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun (Effendi 2003).

Air PDAM

PDAM merupakan perusahaan milik daerah yang bergerak di dalam distribusi air minum/air bersih bagi masyarakat yang secara langsung diawasi oleh pemerintah eksekutif ataupun legislatif daerah.

Beberapa fasilitas yang dimiliki PDAM dalam pemrosesan air bersih antara lain: intake, menara air, clarifier, pulsator, filter dan reservoir. PDAM juga menggunakan bahan kimia dalam mengolah air bersih, seperti: kaporit dan tawas dalam proses pengolahan air (Ulfa 2020). Pada umumnya pengolahan air (air tanah/permukaan) dilakukan dengan penambahan bahan-bahan kimia tertentu (koagulan, pengatur pH, dan desinfektan) ke dalam air, dilanjutkan dengan sedimentasi (pengendapan) atau flotasi (pengapungan) lumpur dan filtrasi (penyaringan) melalui media pasir (Kencanawati and Mustakim 2017).

Masalah yang sering di jumpai di PDAM adalah: tingkat pelayanan (coverage level) yang rendah dan tingkat kehilangan air (unaccounted water) yang tinggi (Kencanawati and Mustakim 2017) dan berdasarkan penilaian kinerja PDAM oleh BPPSPAM Tahun 2017 (Hartoyo 2017): PDAM dengan kinerja sehat sebanyak 209 perusahaan (55,3%), kurang sehat sebanyak 103 perusahaan (27,2%), dan PDAM dengan kinerja sakit sebanyak 66 perusahaan (17,5%).

Instalasi Pengolahan Air (IPA)

Ada banyak metode/teknik dalam pengolahan air, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti: sumber daya manusia, ketersediaan peralatan/bahan, kondisi air baku, kualitas air yang diinginkan, dll. Secara umum, air baku akan diolah melalui melalui beberapa proses seperti : aerasi (Wiyono *et al.* 2017), koagulasi (Moelyo 2012) (Permatasari and Apriliani 2013), flokulasi (Risdianto 2007), sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi (Wiyono *et al.* 2017) Salah satu alternatif lain meningkatkan kualitas air baku adalah menggunakan biofilterasi (Nugroho and Said 2011). Untuk air baku yang berasal dari sungai biasanya terlebih dahulu dilakukan prasedimentasi. Pada umumnya bahan yang dipakai dalam proses pengolahan air adalah: aluminium sulfat, tawas, kerikil, pasir, karbon/arang, dan zeolite.

Akuades

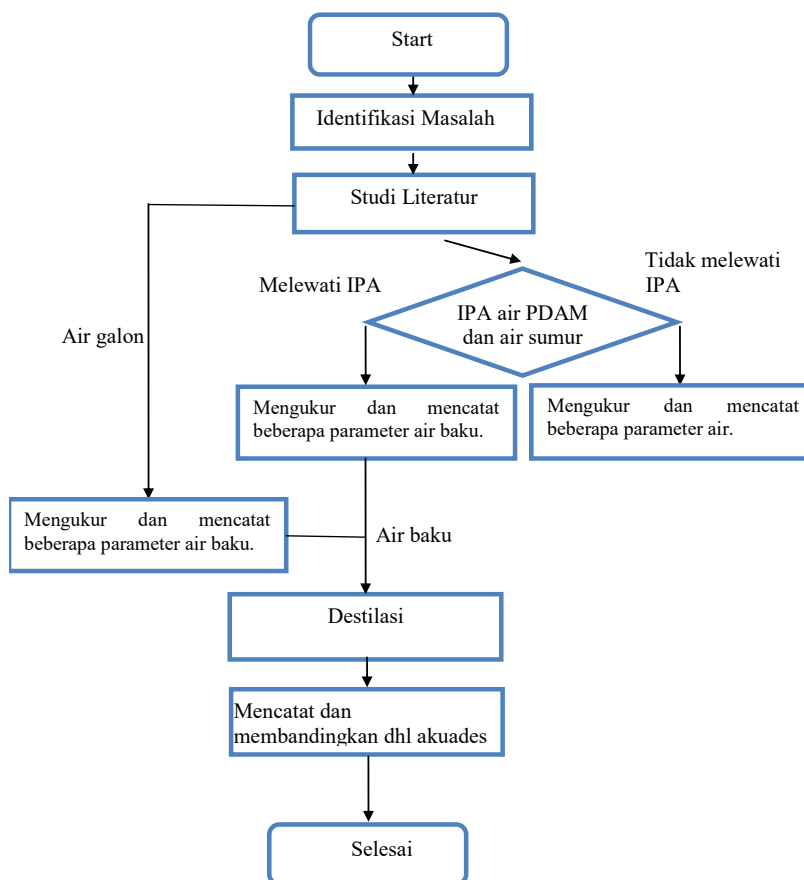
Akuades merupakan air dari hasil penyulingan atau biasa disebut dengan proses destilasi atau biasa juga disebut dengan air

murni. Proses destilasi ini merupakan suatu proses pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih untuk memperoleh senyawa murni.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 43 Tahun 2013 tentang Cara Penyelenggaraan Laboratorium Klinik yang Baik, air dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan penggunaan, yaitu: air jenis 1 (Resistivitas > 10 mega ohm-cm) , air jenis 2 (Resistivitas > 1 mega ohm-cm) , dan air jenis 3 (Resistivitas > 0,1 mega ohm-cm)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium FMIPA ULM dan dilakukan dengan cara melakukan proses destilasi menggunakan beberapa sumber air baku pada alat destilasi dengan sirkulasi air termodifikasi. Air baku yang berasal dari air PDAM dan air sumur akan disaring terlebih dahulu menggunakan instalasi pengolahan air (IPA) sederhana sebelum menjadi air baku akuades, sedangkan air galon tidak dilakukan penyaringan.

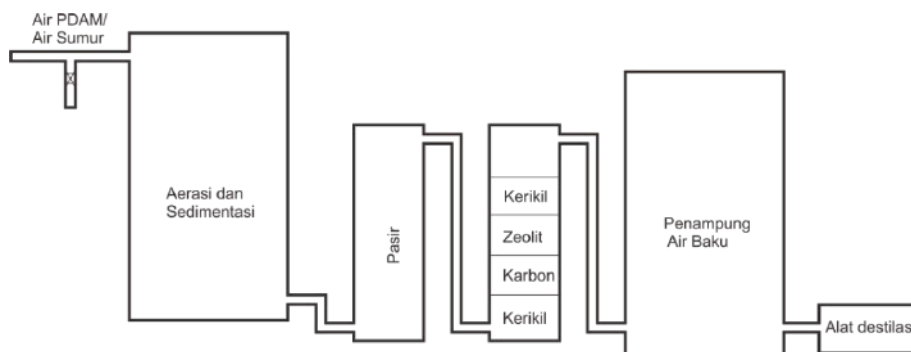


Gambar 1. Skema penelitian

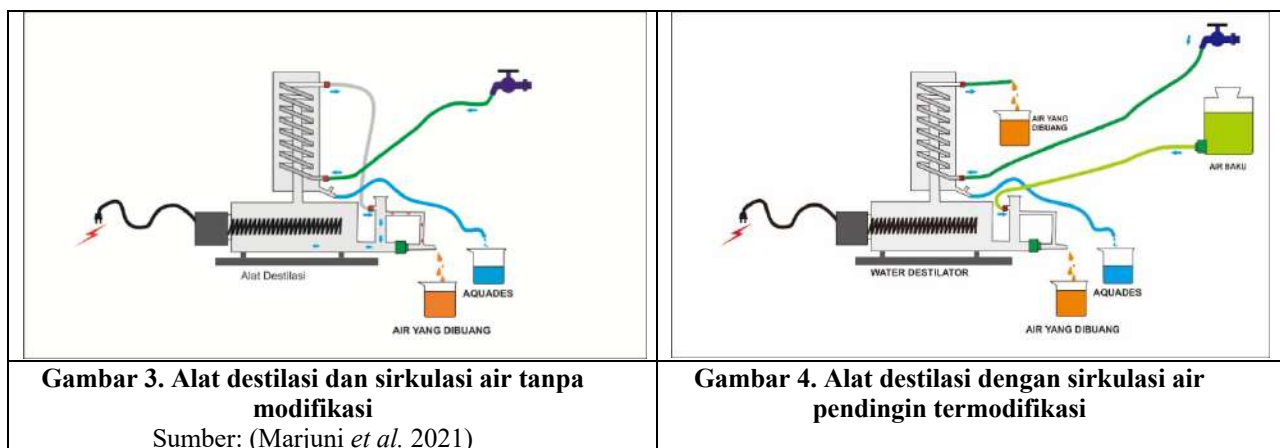
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian instalasi pengolahan air ditunjukkan gambar 2, dan alat destilasi

dengan sirkulasi air pendingin termodifikasi ditunjukkan gambar 4.



Gambar 2. Rangkaian instalasi pengolahan air



Gambar 3. Alat destilasi dan sirkulasi air tanpa modifikasi
Sumber: (Marjuni *et al.* 2021)

Gambar 4. Alat destilasi dengan sirkulasi air pendingin termodifikasi

Hasil penelitian dipaparkan seperti pada tabel 1-4

Tabel 1. Endapan pada alat destilasi

Air Baku	Endapan yang Terbentuk Selama Proses Destilasi >1 jam
Air galon	Tidak terdapat endapan
Air sumur ¹	Tidak terdapat endapan
Air sumur ²	Tidak terdapat endapan
Air PDAM ¹	Terdapat endapan
Air PDAM ²	Terdapat endapan sangat tipis
Air PDAM ³	Tidak terdapat endapan

Keterangan: Air Sumur¹= Air sumur tanpa perlakuan; Air Sumur¹= Air sumur yang disaring; Air PDAM¹ = Air PDAM tanpa perlakuan; Air PDAM² = Air PDAM yang didiamkan > 1 hari; Air PDAM³ = Air PDAM yang disaring.

Tabel 2. Parameter fisik air baku (bau dan kekeruhan)

Air Baku	Bau	Kekeruhan (NTU)
Air galon	Tidak berbau	0,86
Air sumur ¹	Tidak berbau	0,30
Air sumur ²	Tidak berbau	1,01
Air PDAM ¹	Tidak berbau	1,84
Air PDAM ²	Tidak berbau	1,32

Air PDAM ³	Tidak berbau	0,86
-----------------------	--------------	------

Keterangan: Air Sumur¹= Air sumur tanpa perlakuan; Air Sumur¹= Air sumur yang disaring; Air PDAM¹ = Air PDAM tanpa perlakuan; Air PDAM² = Air PDAM yang didiamkan > 1 hari; Air PDAM³ = Air PDAM yang disaring.

Tabel 3. Parameter kimia air baku

Air Baku	pH	DHL (μ mhos/cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)
Air galon	7,32	18,42	< 2	44,33
Air sumur ¹	6,87	30,47	18,67	58,67
Air sumur ²	7,49	76,17	36,33	69,33
Air PDAM ¹	7,84	106,90	65,00	177,00
Air PDAM ²	7,11	111,40	34,67	124,33
Air PDAM ³	7,72	116,77	56,00	114,33

Keterangan: Air Sumur¹= Air sumur tanpa perlakuan; Air Sumur¹= Air sumur yang disaring; Air PDAM¹ = Air PDAM tanpa perlakuan; Air PDAM² = Air PDAM yang didiamkan > 1 hari; Air PDAM³ = Air PDAM yang disaring.

Tabel 4. Parameter pH dan dhl akuades

	pH	DHL (μ mhos/cm)
Akuabides	6,91	1,13
Akuades ¹	7,51	1,24
Akuades ²	6,10	1,65
Akuades ³	6,56	1,39
Akuades ⁴	7,25	1,72
Akuades ⁵	7,21	1,71

Keterangan: Akuabides= Akuades yang didestilasi ulang; Akuades¹ = Air baku dari air galon; Akuades² = Air baku dari air sumur¹; Akuades³= Air baku dari air sumur²; Akuades⁴= Air baku dari air PDAM²; Akuades⁵= Air baku dari air PDAM³

Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui beberapa parameter air baku:

a. Bau

Semua air baku yang amati tidak tercium bau, baik bau tawas/kaporit, bau lumpur, bau algae, dll. Tawas yang merupakan bahan penjernih air dan kaporit sebagai bahan desinfektan yang sering digunakan PDAM (Aziz *et al.* 2013) bila penggunaan berlebih bisa menimbulkan bau pada air yang didistribusikan.

b. Kekeruhan

Kekeruhan air baku dari rendah ke tinggi, berturut-turut adalah: air sumur¹, air galon, air PDAM³, air sumur², air PDAM², dan air PDAM¹. Kekeruhan air sumur yang disaring lebih tinggi dibanding air sumur yang tidak disaring, hal ini disebabkan media saring yang digunakan ikut larut dalam air.

c. pH

pH air baku dari rendah ke tinggi berturut-turut adalah: air sumur¹, air PDAM², air galon, air sumur², air PDAM³, dan air PDAM¹. Air baku yang melewati instalasi IPA mengalami

peningkatan pH, baik air sumur maupun air PDAM.

d. dhl

Dhl air baku berturut-turut dari rendah ke tinggi adalah: air galon, air sumur¹, air sumur², Air PDAM¹, air PDAM², dan air PDAM³. Air sumur dan air PDAM yang melewati instalasi IPA mengalami kenaikan nilai dhl.

e. Tds

Tds air baku berturut-turut dari rendah ke tinggi adalah: air galon, air sumur¹, air PDAM², air sumur², air PDAM³, dan air PDAM¹. Air sumur dan air PDAM yang melewati instalasi IPA juga mengalami kenaikan nilai tds.

f. TSS

Tss air baku berturut-turut dari rendah ke tinggi adalah: air galon, air sumur¹, air sumur², air PDAM³, air PDAM² dan air PDAM¹. Pada air sumur terjadi peningkatan nilai tss setelah melewati instalasi IPA, sedangkan pada air PDAM terjadi penurunan. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran partikel yang bisa disaring maupun yang diloloskan oleh media penyaring.

Untuk parameter dhl dan pH akuades, berdasarkan data yang diperoleh, diketahui: akuabides: dhl 1,13 $\mu\text{mhos/cm}$ dan pH 6,91; akuades¹: dhl 1,24 $\mu\text{mhos/cm}$ dan pH 7,51; akuades²: dhl 1,65 $\mu\text{mhos/cm}$ dan pH 6,10; akuades³: dhl 1,39 $\mu\text{mhos/cm}$ dan pH 6,56; akuades⁴: dhl 1,72 $\mu\text{mhos/cm}$ dan pH 7,25; akuades⁵: dhl 1,71 $\mu\text{mhos/cm}$ dan pH 7,21; Akuades yang dihasilkan pada penelitian ini masih dalam kategori air jenis 3 (dhl > 1 $\mu\text{mhos/cm}$).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, akuades yang didestilasi ulang menghasilkan akuabides dengan dhl paling rendah. Dengan mempertimbangkan modal dan perawatan alat destilasi, penggunaan air galon dan air sumur sebagai air baku sangat layak diterapkan di laboratorium. Belum diperoleh metode sederhana untuk menghasilkan akuades dengan nilai dhl < 1 $\mu\text{mhos/cm}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, S.I. and Pujiastuti, Y.A., 2018. Pengaruh Suhu dan Waktu Operasi pada Proses Destilasi untuk Pengolahan Aquades di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. *Jurnal Chemurgy*, 1 (1), 31.
- Aziz, T., Pratiwi, D.Y., and Rethiana, L., 2013. Pengaruh Penambahan Tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan Kaporit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro, 19 (3), 55–65.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hartoyo, S., 2017. Buku Kinerja Pdam 2017. *Buku Kinerja PDAM 2017*, 1–46.
- Kencanawati, M. and Mustakim, 2017. Analisis Pengolahan Air Bersih Pada WTP PDAM Prapatan Kota Balikpapan. *Jurnal Transukma*, 02 (02), 2502–1028.
- Marjuni, M., Minarto, O., and Wahyono, S.C., 2021. Modifikasi Sirkulasi Air Pendingin Alat Destilasi pada Proses Pembuatan Akuades. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18 (1), 16.
- Moelyo, M., 2012. Pengkajian Epektifitas Proses Koagulasi Dalam Memperbaiki Kualitas Limbah Assessment of the Coagulation Process Effectiveness for Improvement of the Tanning Waste Water Quality At Sukaregang – Garut. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 3 (2), 169–182.
- Nugroho, R. and Said, N.I., 2011. Perbaikan Kualitas Air Baku Perusahaan Air Minum (PAM) dengan Biofiltrasi. *J. Tek. Ling*, 12 (2), 121–129.
- Permatasari, T.J. and Apriliani, E., 2013. Optimasi Penggunaan Koagulan Dalam Proses Penjernihan Air. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2 (1), 6–11.
- Permenkes, 2013. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tentang Cara Penyelenggaraan Laboratorium Klinik Yang Baik*. Jakarta: kementerian Kesehatan.
- PP, 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Risdianto, D., 2007. Optimisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan air limbah industri jamu (studi kasus pt. sido muncul). Universitas Diponegoro.
- Simatupang, S., 2006. Pengkajian Substitusi Aquades dengan Sumber Air Lainnya pada Perbanyakan Mikro Pisang Barangan dan Stroberi. *Jurnal Hortikultura*, 16 (4), 299–306.
- Sumantri, B. and Parwiyanto, H., 2017. Kualitas Pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Sragen. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1 (1), 11–24.
- Ulfa, S.R., 2020. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (Ipa) Pria Laot Pada Pdam Tirta Aneuk Laot Sabang.
- Wiyono, N., Faturrahman, A., and Syauqiah, I., 2017. Sistem Pengolahan Air Minum Sederhana (Portable Water Treatment). *Jurnal Konversi*, 6 (1), 27–35.

Uji Efektivitas Metode Spin Column Dibandingkan Konvensional Terhadap Kualitas dan Kuantitas DNA Darah pada Hewan Model Hepatotoksik dengan Waktu Penyimpanan Berbeda

Nyoman Sri Handayani^{1*}, Ni Ketut Nanik Astuti²,
Luh Dewi Anggreni³ I Gede Wiranatha.⁴

^{1,2}Laboratorium Biomedik Terpadu Fakultas Kedokteran Universitas Udayana.

³Laboratorium Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana

⁴Departemen Farmakologi dan Terapi, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana.

E-mail : ¹kmhandayani05@gmail.com, ²nanikastuti1984@gmail.com,
⁴w_natha05@.com, ⁴wiranathagede@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan terhadap kuantitas dan kemurnian DNA yang diisolasi dengan menggunakan metode konvensional (Chelex 100) dan spin column (kit). Sampel yang digunakan yaitu darah tikus putih yang mengalami kerusakan hati dengan parasetamol. Kuantitas dan kemurnian DNA diukur dengan spektrofotometer dan divisualisasikan dengan gel agarosa. Sampel darah hewan coba dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan dengan waktu penyimpanan yang berbeda yaitu kelompok P0 (hari 0), P1 (hari 14), dan P2 (hari 28). Hasil isolasi DNA menunjukkan rerata kuantitas DNA yang diisolasi dengan Chelex 100 pada P0 sebesar $390,89 \pm 83,27$ ng/ul, pada P1 sebesar $106,05 \pm 15,12$ ng/ul, dan pada P2 sebesar $105,71 \pm 34,84$ ng/ul. Kemurnian DNA pada P0 sebesar $1,05 \pm 0,07$, pada P1 sebesar $0,99 \pm 0,04$, dan pada P2 sebesar $0,91 \pm 0,12$. Sedangkan dengan menggunakan spin column diperoleh rerata kuantitas DNA pada P0 adalah $24,66 \pm 6,66$ ng/ul, pada P1 adalah $23,77 \pm 12,05$ ng/ul dan pada P2 adalah $23,22 \pm 10,38$ ng/ul. Kemurnian DNA pada kelompok P0 adalah $1,81 \pm 0,25$, pada P1 adalah $1,80 \pm 0,30$, dan pada P2 adalah $1,66 \pm 0,12$. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada metode Chelex 100 terdapat perbedaan yang signifikan pada kemurnian DNA yang disimpan pada hari ke 0, 14, dan 28 ($p < 0.05$), tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kuantitas DNA yang disimpan pada hari ke 14 dan 28 ($p > 0.05$). Dengan metode spin column, tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kemurnian dan kuantitas DNA yang disimpan pada hari ke 0, 14, dan 28 ($p > 0.05$). Terdapat perbedaan yang signifikan pada kemurnian dan kuantitas DNA yang diisolasi dengan metode spin column dan Chelex 100 yang disimpan pada hari ke 0, 14, dan 28 ($p < 0.05$).

Kata kunci: DNA, isolasi, kemurnian, kuantitas

Abstract:

This study aims to determine the effect of storage time on the quantity and purity of DNA isolated using the Chelex 100 and spin column methods. The sample used was the blood of white rats with paracetamol-induced liver damage. The quantity and purity of DNA were measured with spectrophotometer and visualized with agarose gel. The experimental animal blood samples were divided into three treatment groups with different storage times : P0 (day 0), P1 (day 14), and P2 (day 28). The average levels of DNA quantity isolated with Chelex were

P0 was 390.89 ± 83.27 ng/ul, P1 was 106.05 ± 15.12 ng/ul, and P2 was 105.71 ± 34.84 ng/ul. The DNA purity values obtained for P0 was 1.05 ± 0.07, P1 was 0.99 ± 0.04, and P2 was 0.91 ± 0.12. While using spin column, the average value of DNA quantity for P0 was 24.66 ± 6.66 ng/ul, P1 was 23.77 ± 12.05 ng/ul, and P2 was 23.22 ± 10.38 ng/ul. The DNA purity of the P0 was 1.81 ± 0.25, P1 was 1.80 ± 0.30, and P2 was 1.66±0.12. It can be concluded that in the Chelex method, there was a significant difference in the purity of DNA stored on days 0, 14, and 28 ($p < 0.05$), but there was no significant difference in the quantity of DNA stored on days 14 and 28 ($p > 0.05$). With the spin column method, there was no significant difference in the purity and quantity of DNA stored on days 0, 14, and 28 ($p > 0.05$). There were significant differences in the purity and quantity of DNA isolated by the kit and Chelex method, which were stored on days 0, 14, and 28 ($p < 0.05$).

Keywords: DNA, isolation, purity, quantity

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tidak terlepas dari analisis tingkat molekuler yang melibatkan asam nukleat (DNA). DNA merupakan asam nukleat yang mengandung materi genetik dan berfungsi untuk mengatur perkembangan biologis seluruh bentuk kehidupan. Prinsip dasar ekstraksi DNA di laboratorium bertujuan untuk memisahkan DNA dengan komponen-komponen sel lainnya antara lain: protein, lemak dan sel debris. Tahapan tersebut menjadi sangat penting dilakukan di laboratorium yang akan menentukan hasil uji, oleh sebab itu dalam pelaksanaannya harus dilakukan dengan baik dan bebas dari kontaminasi (Sulandari et al., 2003).

Metode ekstraksi yang tepat merupakan tahap yang penting dalam analisis molekuler. Berbagai analisis molekuler memerlukan kemurnian DNA yang tinggi sebagai syarat utama. Oleh karena itu, metode isolasi yang tepat sangat diperlukan untuk mendapatkan DNA yang berkualitas. Dalam ekstraksi DNA diperlukan lingkungan kerja yang steril dan ketelitian yang tinggi untuk mengurangi kontaminasi sampel. Proses ekstraksi DNA terdiri dari lisis sel agar molekul DNA terlepas, memisahkan DNA dengan molekul lain (Butler, 2012). Tahap ekstraksi DNA di laboratorium meliputi beberapa tahapan yaitu tahap persiapan hingga akhirnya diperoleh ekstrak DNA yang terlarut dalam suatu larutan penyangga (buffer) khusus. Larutan tersebut digunakan untuk menyimpan dan mempertahankan kondisi DNA secara kualitatif dan kuantitatif dalam jangka waktu yang relatif lama. Secara kualitatif, berarti larutan

penyangga tersebut harus dapat mempertahankan kualitas DNA yang terlarut tetap dalam kondisi baik. Sedangkan secara kuantitatif berarti larutan penyangga tersebut harus mampu mempertahankan jumlah DNA yang terlarut, sehingga jumlahnya tetap (tidak terdegradasi/rusak) dan cukup untuk digunakan dalam tahapan selanjutnya tanpa mengalami penurunan kualitas maupun kuantitas DNA terlarut (Marwayana, 2015).

Uji kualitas dan kuantitas perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas DNA yang telah diisolasi yang meliputi konsentrasi dan tingkat kemurnian DNA. Gel agarosa digunakan untuk melihat ketebalan/kualitas DNA yang dihasilkan, sedangkan spektrofotometer digunakan untuk mengukur kemurnian dan konsentrasi/kuantitas DNA.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui metode yang efektif untuk ekstraksi DNA antara metode spin column (kit) dengan metode konvensional serta mengetahui efektivitas penyimpanan suhu serta efektivitas lama penyimpanan sampel di laboratorium untuk ekstraksi DNA. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan dan pengetahuan dalam proses ekstraksi DNA dengan metode konvensional dan dengan menggunakan kit dan dapat mengetahui perbedaan kualitas dan kuantitas konvensional dan dengan menggunakan kit.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biomedik Terpadu Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, dengan rancangan penelitian eksperimental laboratorium. Sampel yang digunakan sebanyak 12 sampel darah

tikus, dialiquot menjadi 3 untuk pemeriksaan hari ke-0 (P0), hari ke-14 (P1) dan hari ke-28 (P2). Ekstraksi secara konvensional dengan Chelex-100 dan dengan menggunakan kit Gene Jet Genomic DNA Purification. Kualitas DNA dinilai dengan gel elektroforesis sedangkan kuantitas/konsentrasi serta kemurnian DNA diukur dengan spektrofotometer (SimpliNano). Prosedur isolasi DNA yang digunakan yaitu sesuai dengan protokol yang tercantum pada Gene Jet Genomic DNA Purification Kit, (Thermo). Darah sebanyak 200 µl ditambahkan lysis buffer sebanyak 400 µl dan 20 µl Proteinase K, homogenkan dengan cara divortex lalu diinkubasi selama 10 menit pada suhu 56° C. Tambahkan isopropanol sebanyak 200 µl, kemudian divortex. Pindahkan semua campuran ke spin column kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm selama 1 menit. Ganti collection tube, ditambahkan 500 µl Buffer I kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 8000 rpm selama 1 menit. Ganti collection tube, ditambahkan 500 µl Wash Buffer II kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm selama 1 menit. Ganti dengan microtube 1,5 ml, ditambahkan elution buffer sebanyak 50 µl. Inkubasi selama 2 menit pada suhu ruang, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm selama 1 menit. Buang spin column dan beri label pada tabung. Template DNA siap digunakan untuk proses selanjutnya. Sedangkan metode Chelex 100 dan proteinase K, 50 µl sampel darah ditambahkan 200 µl larutan chelex 10%, kemudian divortex selama 15 detik, kemudian di inkubasi menggunakan thermomixer dengan suhu 96°C selama 15 menit. Tahapan prosedur kerja vortex-sentrifugasi-inkubasi diulang hingga sebanyak 3 kali. Setelah prosedur pemanasan menggunakan thermomixer yang ketiga, pada tahap akhir sampel divortex dan disentrifugasi seperti pada prosedur sebelumnya. Bagian supernatan diambil ± 100 µL supernatan dan pindahkan ketube baru. Template DNA siap digunakan untuk proses selanjutnya. Untuk menguji bahwa DNA yang diekstrak dapat diamplifikasi, dilakukan PCR dengan total reaksi PCR adalah 10 µl dengan komposisi 5 µl master mix, 0,4 µl primer β-actin F: CAAGATCATTGCTCCTCCTG, β-actin R: ATCCACATCTGCTGGAAGG, 3,4 µl H₂O dan 0,8 µl DNA. PCR dilakukan sebanyak 35 siklus yang terdiri dari 1 siklus denaturasi awal pada 95°C, dilanjutkan dengan denaturasi pada

95°C selama 50 detik, annealing pada 60°C selama 45 detik, pemanjangan pada 72°C Selama 45 detik yang dilakukan sebanyak 35 siklus, diikuti dengan pemanjangan akhir pada 72°C selama 10 menit sebanyak 1 siklus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel DNA darah yang telah diekstraksi, diuji kuantitas dan kualitasnya. Rerata kemurnian dan konsentrasi DNA hasil ekstraksi dihitung dengan alat SimpliNano pada metode Chelex 100 dan spin column dengan panjang gelombang 260 nm dan 280 nm. Spektrofotomer digunakan untuk menentukan konsentrasi DNA yang diperoleh dalam satuan ng/µl dan melihat kemurnian DNA hasil ekstraksi dari komponen kontaminasi. Data dianalisis statistik dengan Uji non-parametrik Kruskal wallis dengan taraf kepercayaan 95% dengan periode simpan selama 0 hari, 14 hari, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil rerata uji kuantifikasi dan kemurnian DNA pada simpliNano

Kelompok	Kuantitas(ng/ul)	
	Kemurnian	Konvensional
P0	1,053 ± 0,075 ^a	390,89±83,27 ^a
P1	0,996 ± 0,043 ^b	106,05±15,12 ^b
P2	0,914 ± 0,12 ^c	105,71±34,84 ^b
Spin column		
P0	1,81 ± 0,25 ^d	24,66 ± 6,66 ^c
P1	1,80 ± 0,30 ^d	23,77 ± 12,05 ^c
P2	1,66 ± 0,12 ^d	23,22 ± 10,38 ^c

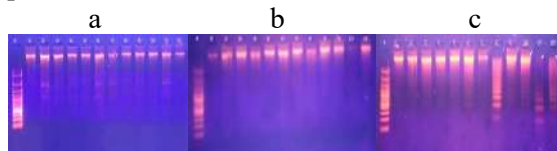
Keterangan. Nilai kemurnian dan kuantitas dinyatakan dalam rerata ± simpang baku. Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama (a,b,c,d) pada setiap kelompok (kemurnian dan kuantitas) menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara statistik ($p > 0.05$)

Sampel darah hewan coba dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan dengan waktu penyimpanan yang berbeda yaitu kelompok P0 (hari 0), P1 (hari 14), dan P2 (hari 28). Didapatkan rerata kuantitas DNA yang diisolasi dengan Chelex yaitu pada P0 sebesar 390,89 ± 83,27 ng/ul, pada P1 sebesar 106,05 ± 15,12 ng/ul, dan pada P2 sebesar 105,71 ± 34,84 ng/ul, serta kemurnian DNA diperoleh nilai pada P0 sebesar 1,05 ± 0,07, pada P1 sebesar 0,99 ± 0,04, dan pada P2 sebesar 0,91 ± 0,12. Sedangkan menggunakan kit diperoleh nilai rerata kuantitas DNA pada P0 sebesar 24,66 ± 6,66 ng/ul, pada P1 sebesar 23,77 ±

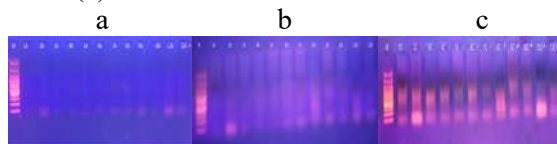
12,05 ng/ul, dan pada P2 sebesar $23,22 \pm 10,38$ ng/ul, serta kemurnian DNA kelompok P0 sebesar $1,81 \pm 0,25$, pada P1 sebesar $1,80 \pm 0,30$, dan pada P2 sebesar $1,66 \pm 0,12$. Nilai kemurnian DNA yang diperoleh pada masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Isolat DNA dapat dikatakan murni bila nilainya berkisar 1,8-2,0 dan telah memenuhi persyaratan yang dibutuhkan dalam analisis molekuler (Sambrook *et al.* 1989). Pada penelitian ini diperoleh konsentrasi DNA yang lebih tinggi dengan metode Chelex dari pada kit.

Cara penyimpanan sampel dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas DNA. Perbedaan konsentrasi DNA yang diperoleh pada masing-masing sampel dapat ditentukan oleh perlakuan fisik yang diberikan serta kemampuan *buffer* ekstraksi dalam memecah sel. Proses perusakan sel secara fisik dengan penggerusan sampel yang sempurna dapat mempermudah *buffer* ekstraksi dalam memecah sel. Disamping itu *buffer* ekstraksi yang digunakan dapat menentukan konsentrasi DNA yang dihasilkan.

Selanjutnya dilakukan uji kualitas DNA menggunakan elektroforesis gel agarosa 1,5%, 50 V selama 35 menit. Template DNA yang digunakan sebanyak 4 μ L, dengan menggunakan pewarna Gel Red, dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Hasil uji kualitas DNA dengan metode kit pada hari ke-0(a), hari ke-14(b), hari ke-28(c).

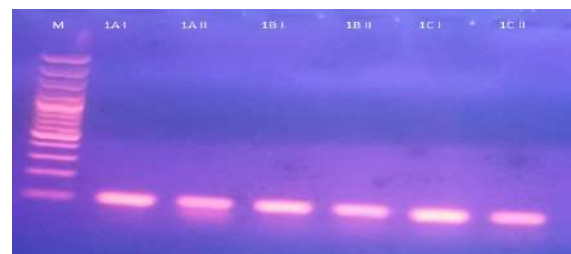


Gambar 2. Hasil uji kualitas DNA dengan chelex pada hari ke-0(a), hari ke-14(b), hari ke-28(c).

terbentuknya pita DNA yang tipis untuk dapat dideteksi. Pada Gambar 1 dapat dilihat hasil uji kualitas DNA jika divisualisasikan di atas sinar UV. Hasil menunjukkan bahwa semua sampel memiliki pendaran pita yang tebal, dan ada smear pada hari ke 28. Hasil elektroforesis DNA dengan gel agarosa 1,5% menunjukkan bahwa sampel yang diekstraksi dengan metode

spin column memiliki pendaran DNA yang tebal, sedangkan sampel yang diekstraksi dengan metode Chelex menghasilkan DNA smear. Hal ini mungkin disebabkan karena terdapat kontaminasi RNA atau terjadi degradasi DNA (Lee *et al.*, 2010; Noer *et al.*, 2007). Selain itu, smear dapat terjadi karena menurunnya kualitas DNA hasil ekstraksi akibat pengaruh lama penyimpanan. Kuantitas DNA yang rendah akan menyebabkan pada gel agarosa (Pecia 2006).

PCR dilakukan untuk menguji bahwa hasil ekstraksi DNA dapat diamplifikasi. PCR dilakukan menggunakan primer β -actin. Beberapa sampel menghasilkan produk PCR, walaupun masih ada smear. Hasil amplifikasi DNA dengan metode PCR dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil PCR dari hasil ekstraksi DNA

Meskipun terdapat perbedaan kualitas, kemurnian dan konsentrasi DNA hasil ekstraksi dengan metode chelex dan kit, namun semua sampel dapat diamplifikasi dengan baik.

KESIMPULAN

DNA yang diisolasi dengan metode Chelex terdapat perbedaan yang signifikan pada kemurnian DNA yang disimpan pada hari ke 0, 14, dan 28 tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kuantitas DNA yang disimpan pada hari ke 14 dan 28. Dengan metode kit, tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kemurnian dan kuantitas DNA yang disimpan pada hari ke 0,14, dan 28. Terdapat perbedaan yang signifikan pada kemurnian dan kuantitas DNA yang diisolasi dengan metode kit dan Chelex yang disimpan pada hari ke 0,14, dan 28.

Perlu dilakukan modifikasi isolasi DNA metode konvensional untuk mendapatkan kemurnian DNA yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Direktur Sumber Daya Direktorat Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dana dan kesempatan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Butler, J.M. 2012. *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology*. Elsevier. USA.
- Lee, S.V., and Bahaman, A.R. 2010. Modified Gel Preparation for distinct DNA Fragmen Analysis in Agarose Gel Electrophoresis. *Tropical Biomedicine*. 27(2): 351-354.
- Marwayana O.M, 2015. Ekstraksi Asam Deoksiribonukleat (DNA) Dari Sampel Jaringan Otot. *Oseana*, Volume XI, Nomor 2, Tahun 2015 : 1-9.
- Noer, A.S. dan M. Gustiananda. 1997. PCR Tanpa Isolasi DNA Dari Sel Epitel Rongga Mulut. *JMS Journal*. 2(1): 35-45.
- Peccia, J. and Hernandez, M. 2006. Incorporating Polymerase Chain Reaction-Based Identification Population Characterization and Quantification of Microorganisms Into Aerosol: A Review. *Atmospheric Environment*. 40: 3941-3961.
- Sambrook, J., Fritsch, E.F, dan Maniatis, T. 1989. *Molecular Cloning*. Cold Spring Harbor Press. University of Texas South Western Medical Centre, Texas. I.47 hlm.
- Sulandari S, Syamsul, M. 2003. *Panduan Praktis Laboratorium DNA*. Bidang Zoologi Pusat Penelitian Biologi LIPI.

Metode Spektrofotometer UV untuk Uji Vitamin C dalam Buah-Buahan

Olha Rantung^{*1}, Aneke Ireine Korua¹, Hasan Datau¹

¹Laboratorium Terpadu Universitas Sam Ratulangi, Manado

E-mail: ^{*1}olharantung@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan vitamin C pada 10 jenis buah-buahan pada beberapa pH menggunakan spektrofotometer UV dan membandingkan metode ekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi. Penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu ekstraksi dan uji kandungan vitamin C. Proses ekstraksi dilakukan dengan dua cara yaitu sonikasi dan homogenisasi dengan penambahan beberapa pH (2-7). Analisis vitamin C dilakukan dengan metode spektrofotometer UV. Panjang gelombang maksimum vitamin C yang diperoleh yaitu 264 nm dengan absorban 0,515, maka diperoleh persamaan regresi linier adalah $Y = 0,073x + 0,023$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan vitamin C tertinggi terdapat pada pH asam (2-5) dan dari kedua metode ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini tertinggi terdapat pada ekstraksi secara sonikasi.

Kata kunci: Homogenisasi, Sonikasi, Vitamin C.

Abstract

This study aimed to determine the vitamin C content of 10 types of fruit at various pH using a UV spectrophotometer and to compare the extraction methods by sonication and homogenization. This study consisted of 2 stages, namely extraction and testing for vitamin C content. The extraction process was carried out in two ways, namely sonication and homogenization with the addition of several pH (2-7). Vitamin C analysis was carried out by UV spectrophotometer method. The maximum wavelength of vitamin C obtained is 264 nm with an absorbance of 0.515, then the linear regression equation is $Y = 0.073x + 0.023$. The results showed that the highest vitamin C content was found at acidic pH (2-5) and from the two extraction methods used in this study the highest was found in sonication.

Keywords: Homogenization, Sonication, Vitamin C.

PENDAHULUAN

Vitamin merupakan senyawa kompleks yang sangat dibutuhkan oleh tubuh yang berfungsi untuk membantu pengaturan atau proses metabolisme tubuh. Salah satu vitamin yang diperlukan oleh tubuh adalah vitamin C. Vitamin C merupakan salah satu senyawa yang sangat dibutuhkan pada reaksi metabolisme tubuh. Kekurangan vitamin C pada makanan yang dikonsumsi dapat menyebabkan penurunan daya tahan tubuh. Jumlah kecukupan gizi terhadap konsentrasi vitamin per hari yang berhubungan dengan kesehatan harus disesuaikan dengan *Recommended Daily Allowance* (RDA) (Yuliarti, 2009). Vitamin ini mempunyai rasa asam, enak untuk dikonsumsi sehari-hari, dan fungsinya banyak sekali untuk

kesehatan. Banyak bukti dari penelitian yang mendukung fakta bahwa vitamin C memiliki peran penting dalam berbagai mekanisme imunologis, meningkatkan kekebalan tubuh terhadap serangan penyakit kardiovaskular, gangguan masalah prenatal, masalah mata, dan kesehatan kulit (Irianto, 2013). Kebutuhan vitamin C yang dianjurkan sebesar 30-60 mg per hari (Putri & Setiawati, 2015).

Dalam kehidupan sehari-hari, vitamin C bersumber dari buah-buahan seperti jeruk, sirsak, jambu biji, mangga, nanas, dan lain-lain. Kandungan vitamin C dari berbagai buah-buahan itu bervariasi, untuk itu perlu adanya metode untuk mengetahui kandungan vitamin C dari sumber buah-buahan yang ada.

Umumnya, penetapan kadar dapat dilakukan

secara analisis menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dan titrasi iodometri (Karinda *et al.* 2013). Metode analisis secara spektrofotometri UV-Vis dilakukan dengan mengukur vitamin C secara langsung pada panjang gelombang 265 nm karena vitamin C memiliki gugus kromofor. Berdasarkan hasil penelitian Karinda *et al.* (2013), bisa dilihat bahwa hasil metode spektrofotometri UV-Vis lebih besar daripada hasil dengan menggunakan metode iodimetri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kandungan vitamin C pada 10 jenis buah-buahan pada beberapa pH menggunakan spektrofotometri UV dan membandingkan metode ekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia, UPT Laboratorium Terpadu, Universitas Sam Ratulangi Manado, bulan Juni-Agustus 2021.

Bahan dan Alat

10 jenis buah-buahan (anggur, apel, jambu biji, lemon cui, lemon manis, mangga, naga, nanas, salak dan sirsak) yang diperoleh dari Freshmart Superstore bahu Mall Manado, asam askorbat, aquabides (sterile water for irrigation), buffer HCl-KCl pH 2.0, buffer Sitrat pH 3.0, buffer Asetat pH 4.0 dan pH 5.0, buffer Phosphate pH 6.0 dan buffer pH 7.0. Alat-alat yang digunakan adalah blender (Philips), timbangan analitik, sentrifus, saringan vakum, corong, spatula, kertas saring (*whatman* no. 41), labu ukur, gelas ukur, beaker glass, erlenmeyer, batang pengaduk, vorteks, pipet volume, glasfirn.pi.pump, rak dan tabung reaksi, talenan, pisau, sonikasi dan spektrofotometer UV-Vis.

Preparasi sampel

Sampel (10 jenis buah-buahan) dipotong kecil-kecil daging buah, timbang sebanyak 200 gr dan dihaluskan menggunakan blender sampai menjadi bubur. Selanjutnya dianalisis.

Ekstraksi secara sonikasi

Masing-masing sampel yang sudah menjadi bubur ditimbang sebanyak 5 gr lalu ditambahkan dengan 50 mL pH 2.0, pH 3.0, pH 4.0, pH 5.0, pH 6.0 dan pH 7.0. Kemudian diekstraksi secara sonikasi selama 5 menit, lalu disentrifus sehingga diperoleh filtrat jernih.

Ekstraksi secara homogenisasi (mixer)

Masing-masing sampel yang sudah menjadi bubur ditimbang sebanyak 5 gr lalu ditambahkan dengan 50 mL pH 2.0, pH 3.0, pH 4.0, pH 5.0, pH 6.0 dan pH 7.0. Kemudian dihomogenisasi selama 5 menit, lalu disentrifus sehingga diperoleh filtrat jernih.

Pembuatan larutan induk vitamin C 100 ppm

Asam askorbat ditimbang sebanyak 50 mg lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL yang telah dibungkus dengan aluminium foil dan dilarutkan dengan aquabides sampai tanda tera.

Pembuatan larutan kurva kalibrasi

Dipipet larutan vitamin C 100 ppm ke dalam labu ukur 100 mL yang telah dibungkus aluminium foil masing-masing 1 mL, 3 mL, 5 mL, 7 mL, 9 mL dan 11 mL. lalu ditambahkan aquabides hingga tanda tera lalu dihomogenkan sehingga didapatkan konsentrasi, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 9 ppm, 11 ppm.

Penentuan panjang gelombang maksimum larutan vitamin C

Diambil larutan konsentrasi 7 ppm dari larutan kurva kalibrasi lalu dimasukkan ke dalam kuvet, dan diukur pada panjang gelombang 200-400 nm dengan menggunakan blanko aquabides.

Pengukuran larutan kurva kalibrasi

Masing-masing larutan kurva kalibrasi 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 9 ppm, dan 11 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh. daging buah dibuat kurva kalibrasi dan dihitung persamaan regresi linier dari data yang diperoleh.

Penentuan kadar vitamin C tiap sampel

Masing-masing filtrat buah dari hasil ekstraksi sonikasi dan homogenisasi dipipet sebanyak 0,1 mL lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan dengan 9,9 mL larutan masing-masing pH (pH 2.0 - pH 7.0). Lalu vorteks dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh. Dilakukan 3 kali ulangan untuk tiap sampel.

Analisis data

Analisis data dilakukan dengan absorbansi sampel ke kurva kalibrasi dengan menggunakan persamaan regresi linier $Y = BX + A$. Persamaan ini digunakan untuk menghitung

kadar vitamin C dalam sampel. Dimana (Y) menyatakan nilai pengukuran absorbansi dan (X) menyatakan kadar vitamin C dalam sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi dan ekstraksi sampel

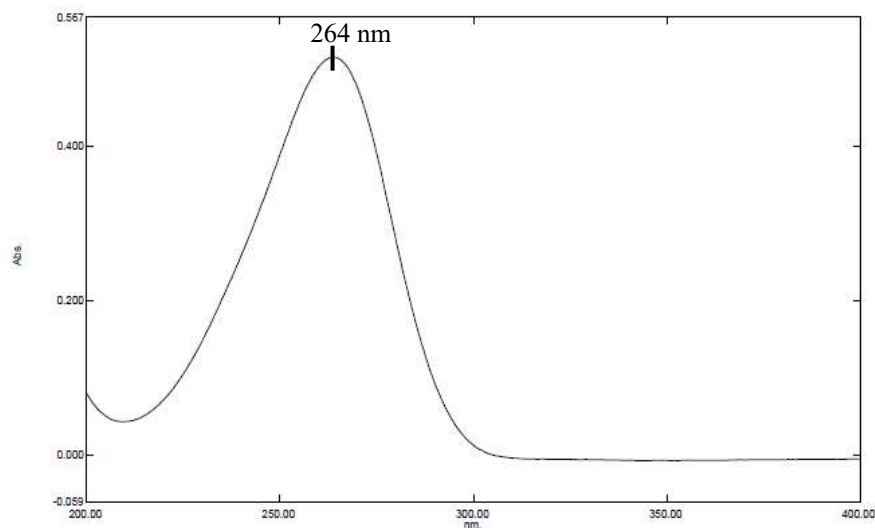
Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 jenis buah-buahan (anggur, apel, jambu biji, lemon cui, lemon manis, mangga, naga, nanas, salak, dan sirsak). Masing-masing sampel diekstraksi dengan dua cara yaitu ekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi dengan penambahan larutan pH (2-7). Setelah itu disentrifus sehingga diperoleh filtrat jernih dari 10 jenis buah yang diekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi yang selanjutnya dilakukan analisis. Vitamin C merupakan vitamin yang dapat larut di air, maka dari itu pelarut yang digunakan adalah pelarut aquabides yang steril. Tujuan menggunakan pelarut aquabides adalah untuk mengurangi resiko adanya zat pengotor dan bebas dari pirogen.

Larutan induk vitamin C

Pembuatan larutan induk vitamin C menggunakan larutan standar asam askorbat yang dibuat dengan konsentrasi 100 ppm, sehingga diperoleh larutan induk vitamin C 100 ppm. Selanjutnya pembuatan larutan kurva kalibrasi dari larutan induk dengan beberapa konsentrasi sehingga diperoleh larutan standar dengan konsentrasi 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 9 ppm dan 11 ppm.

Panjang gelombang maksimum larutan vitamin C

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan mengukur nilai absorbansi larutan asam askorbat pada salah satu larutan standar yaitu 7 ppm pada rentang panjang gelombang 200-300 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil spektrum absorbansi asam askorbat 7 ppm disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil spektrum asam askorbat 7 ppm

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh berdasarkan pembacaan dari spektrofotometer UV-Vis diperoleh panjang gelombang maksimum larutan standar asam askorbat pada 7 ppm yaitu 264 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,515.

Kurva kalibrasi vitamin C

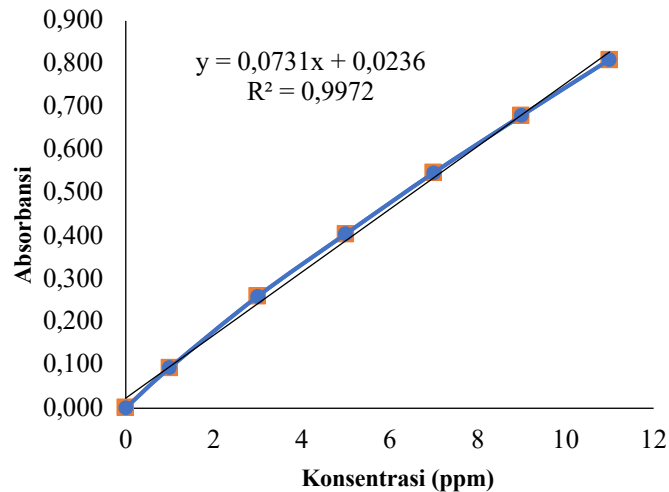
Pembuatan kurva kalibrasi vitamin C untuk mengetahui daerah rentang linearitas larutan standar vitamin C. Penentuan kurva kalibrasi vitamin C menggunakan absorbansi yang

diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan variasi konsentrasi yang dibuat. Dari larutan induk 100 ppm dibuat dengan sederetan konsentrasi, diantaranya 0, 1, 3, 5, 7, 9, dan 11 ppm dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum yang diperoleh yaitu 264 nm sehingga diperoleh hasil pengukuran absorbansi asam askorbat dengan beberapa konsentrasi pada panjang gelombang 264 nm yang dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Absorbansi asam askorbat pada panjang gelombang 264 nm

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,001
1	0,094
3	0,260
5	0,405
7	0,547
9	0,680
11	0,810

Selanjutnya absorbansi yang diperoleh kemudian dibuat dalam bentuk kurva standar yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva kalibrasi asam askorbat

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 2, Kurva kalibrasi asam askorbat menunjukkan bahwa meningkatnya nilai absorbansi yang terukur dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi vitamin C. Artinya semakin besar konsentrasi larutan standar vitamin C, maka semakin besar absorbansi yang dihasilkan. Fadliya *et al.* (2018) menyatakan peningkatan konsentrasi vitamin C akan mengakibatkan peningkatan nilai absorbansi yang terbaca pada spektrofotometer UV-Vis secara linier. Hal ini sesuai dengan hukum *Lambert-Beer* yang menyatakan bahwa konsentrasi suatu sampel berbanding lurus dengan nilai absorbansi.

Berdasarkan nilai-nilai absorbansi larutan standar tersebut, maka diperoleh persamaan $Y = 0,073x + 0,023$ dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,997 yang menunjukkan linearitas dari persamaan. Jika nilai $r = +$ (positif), maka hubungan konsentrasi dan absorbansi berbanding lurus, artinya nilai r yang didapat sudah sesuai dengan hukum Lambert-Beer. Hal ini sesuai dengan penelitian Chandra *et al.* (2019) yang menyatakan koefisien korelasi ini menunjukkan hasil linear, karena memenuhi persyaratan dimana nilai (r) berada pada rentang $0,9 \leq r \leq 1$. Maka kurva kalibrasi ini sudah cukup

baik, dan persamaan garis regresi dapat digunakan untuk perhitungan kandungan vitamin C dalam sampel.

Konsentrasi vitamin C menggunakan ekstraksi sonikasi dan homogenisasi

Analisis vitamin C pada sampel (10 jenis buah-buahan) ditentukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Spektrofotometri UV adalah alat yang digunakan untuk mengukur transmitansi, reflektansi dan absorpsi dari cuplikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Cara menentukan konsentrasi vitamin C yaitu dipipet sebanyak 0,1 mL masing-masing filtrat buah dari hasil ekstraksi sonikasi dan homogenisasi ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan dengan 9,9 mL larutan pH (pH 2.0, pH 3.0, pH 4.0, pH 5.0, pH 6.0 dan pH 7.0) pada masing-masing filtrat. Selanjutnya vorteks dan absorbansinya dibaca pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh yaitu 264 nm. Sehingga diperoleh konsentrasi vitamin C dari 10 jenis buah dengan beberapa larutan pH yang diekstraksi secara sonikasi yang terdapat pada Tabel 2 dan diekstraksi secara homogenisasi yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap konsentrasi vitamin C dari 10 jenis buah yang diekstraksi secara sonikasi

No	sampel	pH2	pH3	pH4	pH5	pH6	pH7
1	Anggur	9,44±0,17	1,70±0,05	10,45±0,10	7,74±0,09	1,50±0,06	1,59±0,07
2	Apel Fuji	9,20±0,02	1,48±0,02	10,53±0,11	7,79±0,11	1,55±0,09	1,64±0,06
3	Jambu biji	11,05±0,49	3,42±0,14	13,33±0,02	11,67±0,06	5,64±0,19	5,47±0,07
4	Lemon cui	13,48±0,11	6,07±0,37	14,06±0,42	12,64±0,17	6,65±0,30	6,58±0,22
5	Lemon manis	10,02±0,06	7,72±0,07	9,32±0,21	9,08±0,29	1,58±0,03	1,48±0,04
6	Mangga	10,05±0,10	4,77±0,03	10,24±0,11	10,42±0,09	2,48±0,06	2,60±0,09
7	Naga	9,19±0,12	7,13±0,03	0,83±0,02	7,69±0,12	1,08±0,06	1,04±0,04
8	Nanas	9,26±0,10	6,88±0,01	9,51±0,14	7,35±0,16	1,06±0,02	1,15±0,04
9	Salak	8,79±0,19	2,67±0,10	1,80±0,03	7,76±0,28	1,91±0,13	2,04±0,12
10	Sirsak	10,49±0,15	3,36±0,07	11,81±0,06	9,77±0,06	3,35±0,10	2,24±0,09

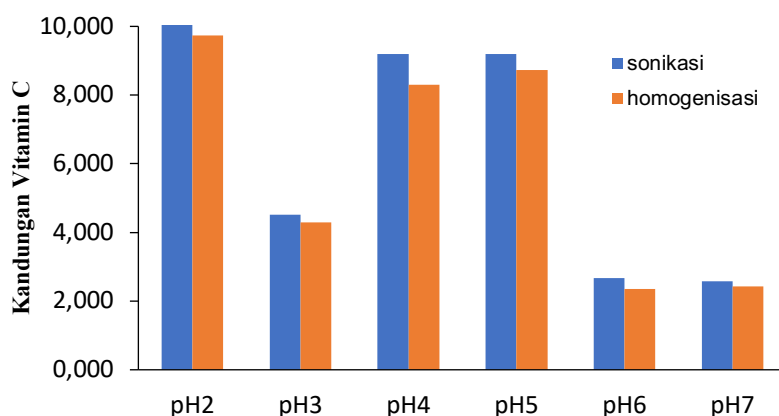
Tabel 3. Pengaruh pH terhadap konsentrasi vitamin C dari 10 jenis buah yang diekstraksi secara homogenisasi.

No	sampel	pH2	pH3	pH4	pH5	pH6	pH7
1	Anggur	9,34±0,07	1,39±0,04	10,50±0,05	8,17±0,09	1,90±0,04	2,01±0,05
2	Apel Fuji	8,78±0,09	1,50±0,08	10,31±0,05	7,79±0,15	1,37±0,06	1,41±0,01
3	Jambu biji	11,82±0,12	2,96±0,14	12,29±0,05	10,31±0,21	4,77±0,03	4,62±0,53
4	Lemon cui	12,12±0,76	7,50±0,58	6,85±0,11	12,26±0,34	6,89±0,12	7,01±0,15
5	Lemon manis	8,97±0,17	6,92±0,06	8,67±0,14	7,85±0,24	1,15±0,09	0,91±0,05
6	Mangga	10,23±0,18	5,34±0,17	11,14±0,06	9,07±0,03	1,50±0,11	1,83±0,21
7	Naga	8,24±0,09	6,26±0,24	0,89±0,01	7,42±0,06	0,35±0,04	0,19±0,05
8	Nanas	9,16±0,06	6,90±0,16	9,52±0,12	7,39±0,11	1,22±0,08	1,37±0,01
9	Salak	8,89±0,09	1,14±0,04	0,93±0,01	7,17±0,15	0,84±0,01	1,19±0,04
10	Sirsak	9,84±0,38	3,02±0,02	11,99±0,12	9,87±0,14	3,51±0,15	3,71±0,04

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, menunjukkan bahwa konsentrasi vitamin C dari 10 jenis buah yang diekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi yang tertinggi terdapat pada pH asam secara berurutan adalah pH 2, pH 5, pH 4 dan pH 3. Ini dikarenakan asam askorbat lebih stabil pada pH asam. Hal ini sesuai dengan pendapat Winarno (2013), yang menyatakan bahwa vitamin C atau asam askorbat memiliki sifat stabil dalam suasana asam. Sedangkan pada pH 6 dan pH 7 menunjukkan konsentrasi vitamin C menurun, hal ini diduga bahwa konsentrasi vitamin C akan menurun pada pH netral. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Herbig & Renard (2017) yang menyatakan bahwa kestabilan asam askorbat akan menurun pada pH mendekati netral dikarenakan asam askorbat akan mengalami degradasi lebih cepat dibandingkan pH asam (2-5).

Pengaruh metode ekstraksi terhadap kandungan vitamin C

Dalam penelitian ini menggunakan dua jenis ekstraksi yang berbeda yakni sonikasi dan homogenisasi. Ekstraksi *Ultrasonic-assisted extraction* (UAE) adalah salah satu metode ekstraksi yang berbantu ultrasonik. UAE merupakan metode ekstraksi yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk memecah dinding sel tanaman dan melepaskan isi sel ke media ekstraksi (Toma *et al.* 2001). Sedangkan ekstraksi secara homogenisasi merupakan proses penyeragaman ukuran partikel agar terlarut sempurna dengan mempertahankan kestabilan dari sebuah campuran. Penyeragaman ukuran dilakukan dengan proses pengecilan ukuran partikel pada fase terdispersi. Hasil perbandingan kandungan vitamin C menggunakan ekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi dari beberapa larutan pH dapat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram perbandingan kandungan vitamin C menggunakan ekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi dari beberapa larutan pH

Berdasarkan Gambar 3. Dapat disimpulkan bahwa kandungan vitamin C yang diekstraksi secara sonikasi dan homogenisasi dengan beberapa larutan pH yang tertinggi diperoleh pada ekstraksi secara sonikasi. Hal ini diduga pada saat sampel diekstraksi secara sonikasi kandungan vitamin C yang terdapat pada sampel akan lebih mudah terekstrak. Hal ini didukung penelitian Pradana *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa Efek kavitas yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik dapat memutus sel tumbuhan untuk memudahkan penetrasi pelarut ke dalam sel. Sehingga dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa ekstraksi secara sonikasi untuk mengetahui kandungan vitamin C pada buah-buahan dapat dijadikan sebagai alternatif baru dalam proses ekstraksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kandungan vitamin C dari 10 jenis buah pada beberapa pH tertinggi terdapat pada pH asam (2-5) dan dari kedua metode ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini yang tertinggi terdapat pada ekstraksi secara sonikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui Direktorat Sumber Daya, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, yang sudah mendanai hibah penelitian PP-PLP.

DAFTAR PUSTAKA

Chandra, B., Zulharmita, Z. & Putri, W.D. (2019). Penetapan Kadar Vitamin C Dan B1 Pada Buah Naga Merah (*Hylocereus Lemairei* (Hook.) Britton & Rose) Dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal*

Farmasi Higea, 11, 62-74.

Fadliya, F., Supriadi, S. & Diah, A. W. M. (2018). Analisis Vitamin C dan Protein pada Biji Buah Labu Siam (*Sechium edule*). *Jurnal Akademika Kimia*, 7, 6-10.

Herbig, A.L. & Renard C.M.G.C. (2017). Factors that Impact the Stability of Vitamin C at Intermediate Temperatures in a Food Matrix. *Food Chemistry*, 220, 444-451.

Irianto, K. (2013). *Solusi Sehat Peranan Vitamin dan Mineral Bagi Kesehatan*. Bandung: Yrama Widya.

Karinda, M., Fatimawali. & Citraningtyas, G. (2013). Perbandingan Hasil Penetapan Kadar Vitamin C Mangga Dodol Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis Dan Iodometri. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 12, 86-89.

Pradana, P.F., Khoirul, M.D.D. & Septian, E.A. (2017). The Effectiveness Test of Ultrasonic Extraction Microwave Distillation Method in Capsaicin Extraction. *Journal of Engineering*, 3, 6-10.

Putri, M.P. & Setiawati, Y.H. (2015). Analisis Kadar Vitamin C Pada Buah Nanas Segar (*Ananas comosus* (L.) Merr) dan Buah Nanas Kaleng Dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Wiyata*, 2, 34-38.

Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. & Mason, T.J. (2001). Investigation of the Effect of Ultrasound on Vegetal Tissue During Solvent Extraction. *Journal Ultrasonic Sonochemistry*, 8, 137-142.

Winarno, F.G. (2013). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia.

Yuliarti, N. (2009). *A To Z Food Supplement*. Yogyakarta: Andi.

Daur Ulang Limbah Gel Agarose untuk Efisiensi Reagen Elektroforesis

Rumbiwati¹, Joko Trimuratno²

^{1,2}Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan UGM, Jl. Farmako, Sekip, Yogyakarta, ¹rumbiwati@gmail.com, ²joko.trimuratno@ugm.ac.id

Abstrak

Penelitian molekuler menggunakan gel agarose untuk melihat DNA dengan elektroforesis, dan gel agarose hanya digunakan sekali. Agarose merupakan bahan mahal dan perlu waktu lama dalam pemesanan. Pada penelitian ini peneliti mencoba mendaur ulang gel agarose untuk digunakan kembali dalam elektroforesis agar penggunaan agarose lebih efisien. Ada beberapa metode daur ulang gel agarose, diantaranya di oven dengan suhu 60°C, disimpan dalam freezer hingga menjadi es. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang lain adalah metode daur ulang gel agarose ini lebih sederhana. Gel agarose daur ulang disimpan dalam plastik, dimasukkan dalam kulkas suhu 4°C. Jika akan digunakan kembali gel agarose dipotong kecil-kecil dimasukkan dalam elermeyer, dipanaskan dengan suhu tinggi sekitar 190°C menggunakan microwave dalam waktu 2 menit. Metode daur ulang gel agarose ini dinilai lebih efisien karena tidak perlu lagi menimbang agarose dan menghemat pemakaian agarose baru serta mengurangi limbah laboratorium. Berdasarkan hasil penelitian dari 5 kali daur ulang gel agarose, elektroforesis dengan gel agarose daur ulang 1 kali menunjukkan gambar paling bagus yaitu pita DNA hasil PCR jelas dan sama dengan gambar elektroforesis menggunakan gel agarose baru (kontrol). Daur ulang ke 5 menunjukkan visualisasi gambar elektroforesis yang tidak jelas, sehingga dapat disimpulkan daur ulang gel agarose hanya bisa dilakukan 1 hingga 4 kali ulangan. Hal ini membuktikan bahwa daur ulang gel agarose dapat digunakan kembali untuk elektroforesis dengan hasil yang bagus, sesuai target yang diinginkan.

Kata kunci: Daur ulang, gel agarose, elektroforesis.

Abstract

Molecular research uses agarose gel to look at DNA by electrophoresis, and agarose gel is only used once. Agarose is an expensive material and takes a long time to order. In this study, researchers tried to recycle agarose gel to be reused in electrophoresis so that the use of agarose was more efficient. There are several methods of recycling agarose gel, including in an oven with a temperature of 60°C, stored in the freezer until it becomes ice. The difference between this study and other studies is that the agarose gel recycling method is simpler. The recycled agarose gel was stored in plastic, refrigerated at 4°C. If it is to be reused, the agarose gel is cut into small pieces and put in an elermeyer, heated to a high temperature of about 190°C using a microwave for 2 minutes. This agarose gel recycling method is considered more efficient because it no longer needs to weigh agarose and saves on the use of new agarose and reduces laboratory waste. Based on the results of research from 5 times recycled agarose gel, electrophoresis with recycled agarose gel 1 time showed the best image, namely the DNA band from PCR results was clear and the same as the electrophoresis image using new agarose gel (control). The 5th recycling shows an unclear visualization of the electrophoresis image, so it can be concluded that the recycling of agarose gel can only be done 1 to 4 times. This proves that recycled agarose gel can be reused for electrophoresis with good results, according to the desired target.

Keywords: Recycling, agarose gel, electrophoresis.

PENDAHULUAN

Penelitian molekuler tentang diagnose suatu penyakit saat ini berkembang dengan pesat. Penelitian ini menggunakan bahan baku DNA ataupun RNA hasil isolasi, dan selanjutnya sampel diuji dengan metode PCR maupun qPCR. Uji sampel dengan metode PCR, untuk melihat gen target menggunakan gel agarose yang disebut dengan elektroforesis (Sudjadi, 2008). Bahan agarose ini merupakan bahan yang cukup mahal harganya dan perlu waktu lama dalam pemesanan. Gel agarose untuk elektroforesis biasanya hanya digunakan sekali dan setelah itu dibuang. Dalam penelitian ini peneliti mencoba mendaur ulang gel agarose untuk dapat digunakan kembali dalam elektroforesis agar penggunaan agarose lebih efisien. Gel agarose yang sudah tidak dipakai dipanaskan kembali dengan *microwave* dan dicetak ulang dengan penambahan pewarna seperti *floro few* sebagai pewarna DNA. Untaian DNA akan rusak pada suhu 190°C, (Liebert, 2013). Diharapkan dengan pemanasan yang tinggi pada *microwave* untaian DNA pada gel agarose daur ulang telah rusak sehingga akan menghasilkan gel agarose baru dan siap dipakai kembali untuk elektroforesis tanpa merubah hasil yang didapat.

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan daur ulang limbah gel agarose untuk efisiensi reagen elektroforesis, mengetahui hingga berapa kali daur ulang limbah gel agarose dapat digunakan dan mengetahui daur ulang limbah gel agarose yang paling baik untuk efisiensi reagen elektroforesis.

METODE

A. Jenis Penelitian.

Penelitian ini merupakan penelitian observasional diskriptif yaitu menyimpulkan hasil dari visualisasi gambar elektroforesis yang dihasilkan.

B. Mekanisme Penelitian.

Alat : cetakan agarose, chamber elektroforesis, *microwave*, sentrifuse, *thermo cycler*, UV transiluminator, nano drop, mikro pipet.

Bahan : agarose, *floro few*, TBE 1x, akuadest, kit DNA, primer gen *Ace-1 Forward* 5'-CGATAACGAATGGGGAACG-3' dan *Ace-1 Reverse* 5'-TCAGAGGCTCACCGAACACA-3', *gotaq green*, sampel nyamuk, tip kuning, tip biru, tip putih, tube 1,5ml, tube 0,2ml.

Cara kerja: Menyiapkan alat dan bahan. Mengisolasi DNA dari sampel nyamuk. Sampel nyamuk (*Aedes sp.*) sekitar 20 ekor diisolasi

DNAny menggunakan KIT DNA *tissue* merk Genaid, kemudian hasil isolasi diukur DNAny menggunakan nano drop. DNA diamplifikasi dengan gen *Ace-1* menggunakan primer *Ace-1 F* dan *Ace-1 R*. Total volume yang digunakan untuk amplifikasi sebanyak 30µl, yang terdiri atas DNA *template* 2µl, primer 10µM 2µl, PCR mix 15µl, dan ddH₂O 11µl. Tahapan PCR dilakukan dengan denaturasi pada suhu 94°C selama 3 menit, diikuti oleh 35 siklus pada suhu 94°C selama 2 menit, suhu 58°C selama 1 menit, 72°C selama 2 menit. *Final extension* pada 72°C selama 7 menit, (Grigoraki *et al.*, 2015). Tahap berikutnya adalah pembuatan gel agarose untuk elektroforesis. Pada penelitian ini pembuatan gel agarose dilakukan dengan tahap sebagai berikut: Pertama membuat gel agarose menggunakan agarose baru 2% dengan cara menimbang agarose 2 gram, memasukkan agarose dalam elemeyer. Menambahkan TBE 1x dalam agarose sebanyak 100ml, Agarose dipanaskan dengan *microwave* selama 2 menit sampai larut sempurna. *Floro few* konsentrasi 10mg/ml ditambahkan sebanyak 5µl. Gel agarose dicetak pada cetakan agarose, ditunggu sekitar 30 menit sampai gel agarose dingin dan siap digunakan. Tahap elektroforesis, berfungsi untuk melihat hasil amplifikasi DNA dengan PCR, (Fatchiyah, *at al.*, 2011). Gel agarose dimasukkan pada chamber elektroforesis. Ditambahkan TBE 1x sampai semua gel agarose tergenang, mengatur voltase pada angka 100V. Running gel selama 30 menit. Agarose bekas selanjutnya disimpan di kulkas suhu 4°C supaya tidak kering sebelum di daur ulang. Penyimpanan agarose bisa sampai 3-6 bulan. Hasil elektroforesis dilihat di bawah UV transiluminator dan akan menunjukkan pita pada posisi 540bp. Daur Ulang Gel agarose (tahap perlakuan penelitian). Agarose bekas elektroforesis dikeluarkan dari kulkas ditunggu sampai suhu kamar. Agarose dari simpanan yang masih berbentuk batangan dipotong kecil-kecil, dan dimasukkan dalam elenmeyer sampai volume 100ml. Untuk mempertahankan kondisi agarose tetap 2% ditambahkan TBE 1x sebanyak 1ml. Agarose dipanaskan pada *microwave* selama 2 menit. *Floro few*

ditambahkan sebanyak 2,5µl. Gel agarose dicetak pada cetakan agarose, ditunggu sekitar 30 menit sampai gel agarose dingin dan siap digunakan. Tahap ini merupakan daur ulang agarose I. Agarose bekas selanjutnya disimpan di kulkas suhu 4°C supaya tidak kering sebelum di daur ulang yang II dan seterusnya. Pada penelitian ini daur ulang dilakukan sebanyak 5 kali (sampai hasil elektroforesis tidak kelihatan). Elektroforesis dilakukan menggunakan sampel DNA yang sama dengan sebelumnya dan gel agarose hasil daur ulang. Hasil elektroforesis dilihat di bawah UV transiluminator dan dibandingkan hasil elektroforesis menggunakan gel agarose baru dengan hasil elektroforesis menggunakan agarose daur ulang menunjukkan pita pada posisi yang sama yaitu 540bp.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran konsentrasi DNA dengan nano drop dapat dilihat pada table 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil pengukuran konsentrasi DNA

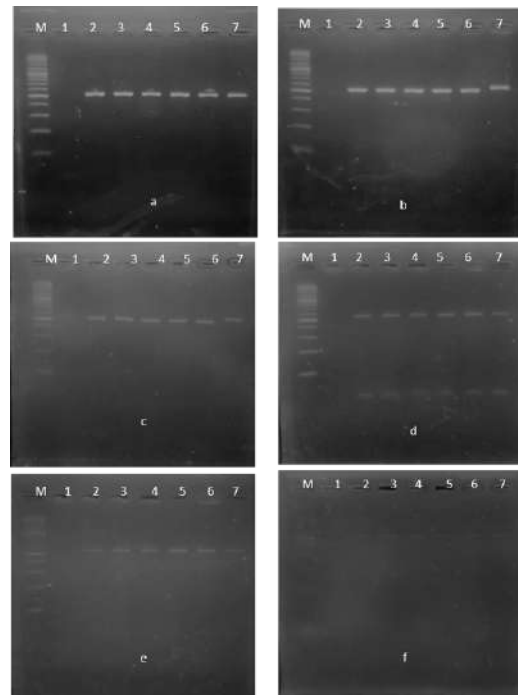
No sampel	A260/A280	Konsentrasi DNA(ng/µl)
1	1,871	102,539
2	1,926	150,328
3	1,987	110,218
4	1,848	98,172
5	1,892	120,572
6	1,797	178,816

Sumber: Data primer, 2021

Dilihat dari hasil pengukuran konsentrasi DNA pada table 1 menunjukkan bahwa isolasi DNA dari sampel nyamuk berhasil dengan baik. Terbukti kemurnian DNA pada masing-masing sampel berkisar antara 1,797-1,987. Artinya kemurnian DNA yang didapat masih dalam kisaran yang diinginkan yaitu 1,7-2. Konsentrasi DNA yang di dapat cukup tinggi dari masing-masing sampel berkisar antara 98,172-178,816 ng/µl. Konsentrasi ini cukup untuk deteksi gena yang hanya membutuhkan DNA dengan konsentrasi sekitar 10-50ng/µl.

DNA hasil isolasi di PCR menggunakan mesin PCR dengan primer gen *Ace-1 Forward* 5'-CGATAACGAATGGGGAACG-3' dan *Ace-1 Reverse* 5'-TCAGAGGCTCACCGAACACA-3' yaitu gen resistensi yang terdapat pada nyamuk *Aedes aegypti*. Hasil PCR

dielektroforesis menggunakan gel agarose baru sebagai kontrol perlakuan dan gel agarose daur ulang sebagai perlakuan untuk melihat pita DNA pada target 540bp. Daur ulang gel agarose dilakukan sebanyak 5 kali sampai hasil elektroforesis tidak terbentuk pita yang diinginkan. Hasil elektroforesis dilihat di bawah UV transiluminator. Hasil elektroforesis gel agarose baru dan daur ulang dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1: Gambar elektroforesis agarose baru (kontrol) dan elektroforesis agarose daur ulang. Sumber : Data primer, 2021

Gambar 1:

- a: Elektroforesis agarose baru (kontrol),
- b: Elektroforesis agarose daur ulang 1 kali,
- c: Elektroforesis agarose daur ulang 2 kali,
- d: Elektroforesis agarose daur ulang 3 kali,
- e: Elektroforesis agarose daur ulang 4 kali,
- f: Elektroforesis agarose daur ulang 5 kali,
- M:Marker DNA.
- 1: Kontrol negatif PCR, (2-7 sampel nyamuk)

Pada gambar 1 dapat dilihat berdasarkan visualisasi elektroforesis ada perbedaan antara gambar elektroforesis menggunakan gel agarose baru sebagai kontrol (a) dengan gel agarose daur ulang sebagai perlakuan (b,c,d,e,f). Dari 5 kali daur ulang gel agarose, daur ulang ke 5 menunjukkan visualisasi gambar elektroforesis yang tidak jelas, sehingga

dapat disimpulkan daur ulang gel agarose hanya bisa dilakukan 1 hingga 4 kali ulangan. Elektroforesis dengan gel agarose daur ulang 1 kali menunjukkan gambar paling bagus yaitu pita DNA hasil PCR jelas dan sama dengan gambar elektroforesis menggunakan gel agarose baru (kontrol). Hal ini membuktikan bahwa daur ulang gel agarose dapat digunakan kembali untuk elektroforesis dengan hasil yang bagus, sesuai target yang diinginkan. Pita DNA yang terdapat dalam gel agarose akan terdegradasi ketika gel agarose daur ulang dipanaskan dengan suhu tinggi sekitar 190°C. (Liebert, 2013). Pada metode daur ulang ini pemanasan dilakukan dengan *microwave* dalam waktu 2 menit.

Daur ulang gel agarose pada penelitian ini hanya bisa dilakukan sampai 4 kali ulangan. Terbukti pada daur ulang gel agarose ulangan ke 5 menunjukkan visualisasi gambar elektroforesis yang tidak jelas. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sudah banyak sisa-sisa DNA pada gel agarose yang di elektroforesis sebelumnya. Sisa-sisa DNA ini sebagian ikut berpendar yang mengakibatkan fragmen DNA yang dielektroforesis menjadi tidak jelas, (Triwibowo, 2009).

Penelitian tentang metode daur ulang gel agarose pernah dilakukan sebelumnya dengan cara mengeringkan gel agarose menggunakan oven suhu 60°C. Gel agarose akan berbentuk kering seperti serpihan kertas, selanjutnya serpihan ini dihancurkan sampai menjadi serbuk dan digunakan kembali seperti agarose baru sesuai konsentrasi yang diinginkan dengan menambahkan larutan buffer. (Palacios *at al.*, 2000). Penelitian serupa juga pernah dilakukan yaitu daur ulang gel agarose dengan cara gel agarose diletakkan dalam plastik dan dimasukkan dalam freezer selama 24 jam sampai menjadi es. Di dalam freezer gel akan menjadi keras dan kering. Gel dapat digunakan kembali dengan cara gel dikeluarkan dari freezer, dipotong kecil-kecil dibiarkan pada suhu ruang dan dipanaskan kembali tanpa menambahkan buffer di dalamnya. Pembekuan gel agarose dapat menghilangkan konsentrasi etidium bromid yang bersifat toksik (racun). (Sasagawa, 2018).

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang lain adalah metode daur ulang gel agarose ini lebih sederhana. Gel agarose daur ulang disimpan dalam plastik dan dimasukkan dalam kulkas suhu 4°C. Jika akan digunakan kembali gel agarose dipotong kecil-kecil dimasukkan

dalam elermeyer. Setiap volume 100ml gel agarose ditambahkan larutan buffer TBE 1x sebanyak 1ml. Penambahan buffer ini berfungsi untuk mempertahankan konsentrasi agarose agar tetap stabil pada waktu dipanaskan. Penelitian ini menggunakan *floro few* sebagai pewarna floresen dan ditambahkan 2,5µl konsentrasi 10mg/ml (setengah dari konsentrasi gel agarose baru) pada setiap pembuatan 100ml daur ulang gel agarose. Metode daur ulang gel agarose ini dinilai lebih efisien karena tidak perlu lagi menimbang agarose dan menghemat pemakaian agarose baru serta mengurangi limbah laboratorium.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa daur ulang limbah gel agarose dapat digunakan untuk efisiensi reagen elektroforesis. Daur ulang limbah gel agarose dapat digunakan 1-4 kali ulangan untuk efisiensi reagen elektroforesis. Daur ulang limbah gel agarose yang pertama adalah paling baik untuk efisiensi reagen elektroforesis. Penelitian berikutnya dapat dilakukan daur ulang limbah gel agarose menggunakan metode dan parameter yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada: Direktur Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini. Dekan FK KMK UGM, Kepala Departemen Parasitologi, dan semua pihak yang telah membantu dan memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce, A., D. Bray., J. Lewis, M. Raff., Roberts dan J.D. Watson, 1994. Biologi Molekuler Sel Mengenai Sel. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Fatchiyah, Estri Laras Arumyngtias, Sri Widyarti, Sri Rahayu, 2011, Biologi Molekuler Prinsip Dasar Analisis. Jakarta: Erlangga.
- Grigoraki, L., Lagnel, J., Kioulos, I., Kampouraki, A., Morou, E., Labbé, P., et al. 2015. Transcriptome Profiling and Genetic Study Reveal Amplified Carboxylesterase Genes Implicated in Temephos Resistance, in the Asian

- Tiger Mosquito *Aedes albopictus*. *PLoS Negl Trop Dis*, 9(5): e0003771.
- Noboru Sasagawa, 2018, *A freeze-and-thaw method to reuse agarose gels for DNA electrophoresis*, *BioScience Trends*; 12(6):627-629.
- Mary Ann Liebert, Inc, 2013, *DNA and Cell Biology*. Published in Volume: 32 Issue 6
- Muhammad Ridwan Harahap, 2018, *Elektroforesis: Analisis Elektronika Terhadap Biokimia dan Genetika*, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol.2, No.1 hal. 21-26 ISSN: 2549.
- Palacios G, Giménez C, García ED, 2000, *Recycling agarose*. *Plant Mol Biol Rep*. 18:47-4.
- Sudjadi, (2008), *Bioteknologi Kesehatan*, Yogyakarta: Kanisius.
- Triwibowo Yuwono, (2009), *Biologi molekular*, Jakarta: Erlangga.

Prekonsentrasi Logam Kadmium dengan Ultrasonik Menggunakan Resin DOWEX 50WX2-200

Siti Nuraini*¹, dan Yuniar²

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya

Email : *nuraini.siti99@gmail.com, yuniarhasani@gmail.com

Abstrak

Prekonsentrasi logam cadmium (Cd) telah dilakukan menggunakan ultrasonik dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala. Teknik prekonsentrasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mendeteksi logam Cd di dalam sampel air yang memiliki kadar yang sangat rendah (trace metals). Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini adalah sampel air ditambahkan resin Dowex 50WX2-200 kemudian dilakukan sonikasi didalam ultrasonik untuk prekonsentrasi dan ekstraksi, setelah itu dilakukan proses filtrasi, resin kemudian ditambahkan eluen HNO₃ 1 M untuk mengelusi logam Cd, hasil elusi kemudian di ukur dengan SSA. Kondisi optimum yang didapatkan dalam penelitian ini antara lain waktu prekonsentrasi 15 menit, waktu elusi 7.5 menit, volume eluen 10 ml dan pH 4. Parameter variasi volume sampel didapatkan volume optimum pengujian ini adalah 150 ml dengan faktor pengayaan 15. Metode ini cukup handal dibuktikan dengan pengujian CRM Metal ERA-697 untuk akurasi dan presisi dengan hasil yaitu 96 % untuk akurasi dan dan RSD 8.4% (n=3) untuk presisi, nilai akurasi yang diperoleh memenuhi batas keberterimaan menurut AOAC yaitu 70% -125% dan presisi dengan % RSD lebih kecil dari CV Horwitz yaitu 14%. Kesimpulan hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik prekonsentrasi logam Cd menggunakan ultrasonik dengan metode SSA ini dapat dimanfaatkan dalam implementasi pengujian logam Cd dalam air dengan teknik yang cukup mudah, cepat dan akurat.

Kata kunci : SSA-nyala, prekonsentrasi, ultrasonik, resin Dowex 50WX2-200

Abstract

Preconcentration of cadmium metal (Cd) has been done using ultrasonics by the method of Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)-flame. This preconcentration technique is done with the aim of detecting Cd metals in water samples that have very low levels (trace metals). The procedure carried out in this study is a sample of water added Dowex resin 50WX2-200 then sonicated in ultrasonic for preconcentration and extraction after which the filtration process is carried out, the resin is then added eluen HNO₃ 1 M to stroke the metal Cd, the results of the elusi are then measured with AAS-flame. The optimum conditions obtained in this study included a preconcentration time of 15 minutes, an eluting time of 7.5 minutes, an eluent volume of 10 ml and a pH of 4. The parameter of variation in sample volume is 150 ml with an enrichment factor of 15. This method is quite reliable evidenced by testing METAL ERA-697 CRM for accuracy with 96% of recovery and RSD 8.4% (n=3) for precision, the accuracy value obtained the acceptable limit according to the AOAC which is 70%-125% and the precision with a % RSD is smaller than Horwitz's CV which is 14%. The conclusion of the results shows that the technique of preconcentration of Cd metals using ultrasonics with SSA method can be utilized in the implementation of cd metal testing in water with a fairly easy, fast and accurate technique.

Keywords : AAS-flame, preconcentration, ultrasonic, DOWEX 50WX2-200 resin

PENDAHULUAN

Logam kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat yang merupakan zat pencemar yang sangat berbahaya, baik bagi lingkungan maupun manusia karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup. Logam Cd dalam keadaan normal tidak terdapat pada tubuh manusia tetapi dapat terakumulasi di dalam tubuh. Salah satu cara masuknya logam Cd dalam tubuh manusia melalui makanan, karena logam Cd mudah terakumulasi pada tanaman. Berbagai macam Cara dapat menjadi penyebab kontaminasi lingkungan oleh logam Cd terutama pembuangan limbah, baik rumah tangga maupun industri. (Triwuri, 2017)

Analisis logam Cd dalam sampel air dapat dilakukan dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer* (ICP OES). Analisis dengan SSA memiliki kelebihan antara lain alatnya lebih sensitif, sederhana, cepat, murah dan cuplikan yang diperlukan sedikit, serta tidak memerlukan pemisahan pendahuluan, tetapi mempunyai kelemahan antara lain limit deteksi yang cukup besar. Sedangkan analisis menggunakan ICP OES belum banyak digunakan karena biaya yang cukup mahal tetapi memiliki kelebihan dalam menganalisis multilogam dan memiliki range linear yang besar serta limit deteksi yang kecil. (Naschan, 2017) Logam Cd yang berada didalam sampel air memiliki kadar yang sangat rendah (*trace metals*) (Yuniar, 2019) (Muslimah, 2015) (Kristianto, 2017) kadar tersebut lebih rendah dari baku mutu lingkungan (Air, 2002), oleh karena itu diperlukan suatu pengembangan metode analisis logam Cd yang dapat diandalkan, sensitif dan tepat untuk menentukan logam yang sangat kecil dengan akurasi yang tinggi dan biaya yang murah. (Gugushe, 2019) (Faraji, 2016)

Teknik prekonsentrasi memberikan solusi terhadap keterbatasan instrumen dalam pengukuran logam berat pada konsentrasi yang sangat rendah. Tahapan prekonsentrasi dengan teknik sorpsi tidak saja meningkatkan konsentrasi analit tetapi juga dapat menghilangkan efek matriks yang dapat mengganggu proses analisis. Metode prekonsentrasi logam dengan menggunakan resin penukar kation memiliki keunggulan dibanding cara prekonsentrasi yang lain, yaitu dapat meminimalkan kehilangan analit,

jumlah resin yang digunakan sedikit (0,1-0,5g), serta dapat digunakan berulang kali untuk analisis yang sama (diregenerasi). (Panggabean, 2019)

Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang prekonsentrasi logam antara lain menggunakan kolom menggunakan resin Dowex 50WX2-200 (Yuniar, et al., 2021), vortex (Tokay, et al., 2021) dan menggunakan ultrasonik dengan 1-nitroso-2-naphthol (Soylak, et al., 2021), zeolite MWCNTFe₃O₄@Zeo (Tavakoli, et al., 2021). Prekonsentrasi menggunakan metode dengan bantuan gelombang ultrasonik dengan frekuensi >20KHz memiliki kelebihan antara lain zat aktif yang didapat lebih banyak, lebih aman, dan lebih cepat proses ekstraksinya. Hal ini dikarenakan proses ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik dapat meningkatkan permeabilitas dinding sel (Dewa, 2015). Penelitian ini diharapkan dapat melakukan prekonsentrasi dengan waktu lebih singkat dan hasil yang didapat lebih optimal.

METODE

Prekondisi resin dilakukan dengan cara menambahkan resin Dowex 50WX2 500 mg dalam 50 ml larutan blanko yang telah diatur pada pH 3 menggunakan larutan HNO₃ atau NaOH 0,1 M, kemudian dilakukan sonikasi dengan menggunakan ultrasonik selama 10 menit dan dilanjutkan dengan proses filtrasi.

Prosedur prekonsentrasi logam Cd adalah sebagai berikut : 50 ml larutan model yang berisi Cd 100 µg/L yang telah diatur pada pH 3 dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan resin Dowex 50WX2 500 mg dan dilakukan sonikasi dengan menggunakan ultrasonik selama 20 menit untuk ekstraksi dan prekonsentrasi. Selanjutnya dilanjutkan dengan proses filtrasi secara vakum, resin kemudian dimasukkan kembali kedalam tabung dan dilanjutkan dengan proses elusi dengan 10 ml eluen HNO₃ 1 M, setelah itu dilakukan sonikasi kembali selama 10 menit dan dilanjutkan proses filtrasi. Hasil elusi kemudian dilakukan pengukuran dengan SSA. Dilakukan pengulangan 3 kali.

Evaluasi data dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Cd} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \bar{x} \times \text{Faktor pengayaan} \dots (1)$$

$$\% R = \frac{\bar{x}}{\mu} 100\% \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Faktor pengayaan} = \frac{\text{Volume sampel}}{\text{Volume hasil elusi}} \dots\dots(3)$$

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

\bar{x} = konsentrasi rata-rata dari pengukuran

μ = konsentrasi larutan target

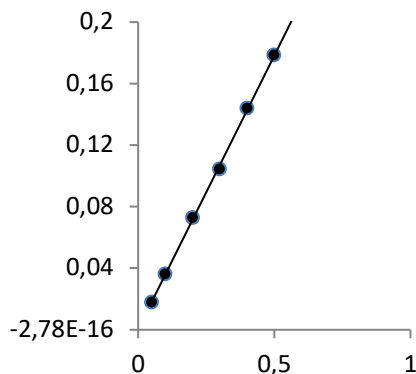
s = standar deviasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh data pengukuran kurva kalibrasi larutan standar Cd pada tabel 1 dan gambar 1.

Tabel 1. Data Standar Cd

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0.05	0.0180
2	0.1	0.0363
3	0.2	0.0729
4	0.3	0.1043
5	0.4	0.1439
6	0.5	0.1785
7	0.6	0.2136

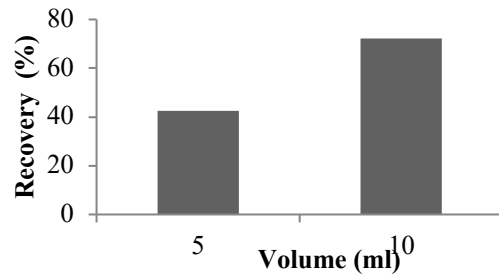


Gambar 1. Kurva kalibrasi standar logam Cd

Pengukuran dengan kadar logam Cd dilakukan pada SSA Shimadzu AA7000 dengan λ 222.8 nm, slit 0.7, tipe nyala udara – asetilen dan laju alir gas 1.8 L/menit. Hasil pengukuran kurva kalibrasi larutan standar logam Cd didapatkan nilai R^2 sebesar 0.9996 dengan persamaan garis $y = 0.3555x + 0.0005$.

Pengaruh Volume Eluen

Hasil penelitian pengaruh volume eluen terhadap recovery logam Cd ditunjukkan pada gambar 2.

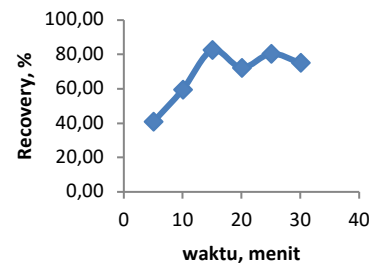


Gambar 2. Pengaruh volume eluen terhadap recovery logam Cd

Pengaruh volume eluen HNO_3 1 M pada elusi logam Cd dilakukan dengan variasi volume 5 dan 10 ml. Elusi analit dilakukan dengan eluen yang tepat dan volume yang tepat sehingga analit terelusi secara kuantitatif, pada gambar 2 volume eluen 10 ml memberikan hasil recovery yang paling optimum (72.28 %), sedangkan volume eluen 5 ml belum cukup untuk mengelusi logam Cd sehingga hasil recovery yang didapatkan lebih rendah, untuk tahap yang selanjutnya dipakai eluen 10 ml HNO_3 1 M.

Pengaruh Waktu Prekonsentrasi

Hasil penelitian pengaruh waktu prekonsentrasi terhadap recovery logam Cd ditunjukkan pada gambar 3.



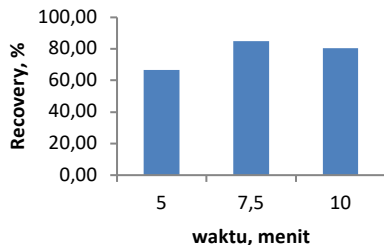
Gambar 3. Pengaruh waktu prekonsentrasi terhadap recovery logam Cd

Pengaruh waktu prekonsentrasi dilakukan dengan variasi waktu 5 – 30 menit, pada gambar 3 didapatkan waktu prekonsentrasi 15 menit memberikan hasil recovery yang paling optimum (82.43%), untuk waktu prekonsentrasi yang lebih lama menyebabkan hasil recovery menurun dan sebagian resin meluruh (larutan menjadi keruh). Waktu prekonsentrasi optimum 15 menit ini lebih singkat dibandingkan dengan prekonsentrasi logam Cd menggunakan teknik kolom

kromatografi (Nuraini, et al., 2021) sehingga proses pengujian logam Cd menggunakan ultrasonik ini lebih efisien.

Pengaruh Waktu Elusi

Hasil penelitian pengaruh waktu elusi terhadap recovery logam Cd ditunjukkan pada gambar 4.

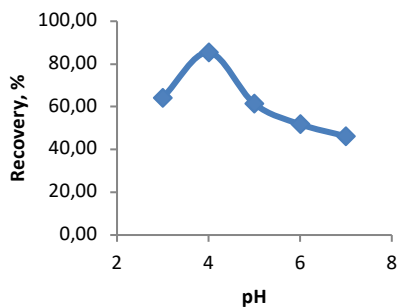


Gambar 4. Pengaruh waktu elusi terhadap recovery logam Cd

Pada parameter pengaruh waktu elusi didapatkan waktu 7.5 menit adalah waktu elusi yang paling optimum untuk pelepasan ion Cd dari resin Dowex 50WX2 sehingga untuk tahapan selanjutnya menggunakan waktu elusi 7.5 menit.

Pengaruh pH

Hasil penelitian pengaruh pH terhadap recovery logam Cd ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh pH terhadap recovery logam Cd

Kelarutan dari kebanyakan ion logam sangat tergantung dari pH. Pengaruh pH dimaksudkan untuk mengetahui pada rentang pH berapa resin Dowex 50WX2-200 berinteraksi dengan ion logam tersebut. Pengaruh variasi pH 3 – 7 terhadap recovery logam Cd ditunjukkan pada gambar 5 yang menunjukkan bahwa nilai penyerapan terbaik resin terjadi pada pH 4 dengan recovery sebesar 85.40 %.

Pengukuran CRM Metal ERA-697

Hasil Pengukuran dengan *certified reference material* (CRM) Metal ERA-697 pada metode prekonsentrasi logam Cd menggunakan ultrasonik dengan metode SSA ditunjukkan pada tabel 6.

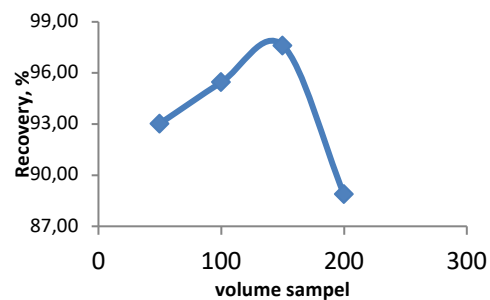
Tabel 6. Hasil Pengukuran CRM Metal ERA-697

Analit	PotableWatR (cat.697), ERA a Waters Company, µ/L			
	Kadar (sertifikat)	Hasil pengukuran *	% R	%RSD
Cd	13,2±2,12	12,69±1,42	96	8,4

Pengukuran dengan CRM membuktikan bahwa metode prekonsentrasi logam Cd menggunakan ultrasonik ini cukup akurat digunakan untuk pengujian logam Pb yang mempunyai konsentrasi yang sangat kecil hal ini dibuktikan dengan % akurasi yang didapat pada pengujian CRM Metal ERA-697 sebesar 96% dan presisi dengan % RSD 8,4%.

Variasi Volume Sampel

Hasil penelitian variasi volume sampel terhadap recovery logam Cd ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Variasi volume sampel terhadap recovery logam Cd

Pengaruh volume sampel dilakukan dengan variasi volume sampel air keran 50 – 200 ml. Gambar 6 menunjukkan bahwa kenaikan volume sampel menambah hasil recovery logam Cd dan volume sampel 150 ml memberikan hasil recovery yang paling optimum (97.62 %) sehingga didapatkan faktor pengayaan prekonsentrasi logam Cd menggunakan ultrasonik ini adalah sebesar 15.

KESIMPULAN

Metode ini cukup handal dibuktikan dengan pengujian CRM Metal ERA-697 untuk akurasi dengan hasil yaitu 96% untuk akurasi dan RSD 8.4% untuk presisi, nilai akurasi yang diperoleh memenuhi batas keberterimaan menurut AOAC yaitu 70% -125% dan presisi dengan % RSD lebih kecil dari CV Horwitz yaitu 14%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik prekonsentrasi logam Cd menggunakan ultrasonik dengan metode SSA

DAFTAR PUSTAKA

- Air, P. P. T. P. K., Air, D. P. P., & Umum, K. (2002). "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Presiden Republik Indonesia".
- Dewa, R. P. (2015). Analisa Kandungan Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Ambon. *Majalah Biam*, 11(2), 76-82.
- Faraji, M., Shariati, S., Yamini, Y., & Adeli, M. (2016). Preconcentration of trace amounts of lead in water samples with cetyltrimethylammonium bromide coated magnetite nanoparticles and its determination by flame atomic absorption spectrometry. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S1540-S1546..
- Gugushe, A. S., Mpupa, A., & Nomngongo, P. N. (2019). Ultrasound-assisted magnetic solid phase extraction of lead and thallium in complex environmental samples using magnetic multi-walled carbon nanotubes/zeolite nanocomposite. *Microchemical Journal*, 149, 103960.
- Kristianto, S., Wilujeng, S., & Wahyudiarto, D. (2017). Analisis logam berat kromium (Cr) pada Kali Pelayaran sebagai bentuk upaya pe-nanggulang pencemaran lingkungan di wilayah Sidoarjo. *Jurnal Biota*, 3(2), 66-70.
- Muslimah, L. D., & Zaharah, T. A. (2015). Prekonsentrasi Timbal (II) pada Air Sungai Kapuas Menggunakan Kitosan Terimobilisasi Ditizon. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(3)
- Naschan, M., Prasetya, A. T., & Sumarni, W. (2017). Uji Validitas Analisis Logam Fe dalam Sedimen Sungai Kaligarang dengan FAAS dan ICP-OES. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(1), 11-18.
- Nuraini, S. N., & Yanti, H. (2021). Pengaruh berat resin dan konsentrasi eluen terhadap prekonsentrasi logam Pb menggunakan resin DOWEX 50WX2-200 dengan metode SSA di Laboratorium Pengujian Terpadu Fmipa Universitas Sriwijaya. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(2), 96-101.
- Panggabean, A. S., Pasaribu, S. P., & Sari, I. Y. (2019). "Prakonsentrasi ion Cu (II) menggunakan resin berbasis mikrokapsul Ca-Alginat secara off-line dengan metode kolom". *Chemistry Progress*, 5(2).
- Soylak, M., & Maulana, R. (2021). Ultrasound assisted magnetic solid phase extraction of copper (II) and lead (II) in environmental samples on Magnetic Activated Carbon Cloth. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-13.
- Tavakoli, M., Jamali, M. R., & Nezhadali, A. (2021). Ultrasound-Assisted Dispersive Liquid-Liquid Microextraction (DLLME) Based on Solidification of Floating Organic Drop Using a Deep Eutectic Solvent for Simultaneous Preconcentration and

ini dapat dimanfaatkan dalam implementasi pengujian logam Cd dalam air dengan teknik yang cukup mudah, cepat dan akurat

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui Direktorat Sumber Daya, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, yang sudah mendanai Hibah Penelitian Pengembangan Profesi PLP.

- Determination of Nickel and Cobalt in Food and Water Samples. *Analytical Letters*, 1-12.
- Tokay, F., Günaydin, R., & Bağdat, S. (2021). A Novel Vortex Assisted Dispersive Solid Phase Extraction of Some Trace Elements in Essential Oils and Fish Oil. *Talanta*, 122312.
- Triwuri, N. A. (2017). Analisis Kandungan Cadmium (Cd) Dalam Air Minum Depot Isi Ulang Batam. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(1), 81-87.
- Yuniar, Y., & Nuraini, S. (2019). Penentuan Limit Deteksi Metode Pengujian Logam Cd Dan Pb Dalam Air Secara SSA-NYALA. *Jurnal Temapela*, 2(2), 102-105.
- Yuniar, Y., & Yanti, H. (2021). Peningkatan limit deteksi metode pengujian logam Cd secara kolom ekstraksi fase padat menggunakan resin DOWEX 50WX2: pengaruh pH, laju alir dan volume eluen. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(1), 46-51.

Rancang Bangun E-Atlas Histologi Menggunakan Digital Image Creator For Miroscope (DIGICOM) sebagai upaya Adaptasi Kebiasaan Baru

Sriyadi¹, Ria Ika Maharani²

¹ Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

² Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

E-mail: [1masadhinoegroho@mail.unnes.ac.id](mailto:masadhinoegroho@mail.unnes.ac.id), [2ria.ika@mail.unnes.ac.id](mailto:ria.ika@mail.unnes.ac.id)

Abstrak

Salah satu aktivitas yang dilakukan di Laboratorium Biologi FMIPA UNNES adalah kegiatan Praktikum Struktur Jaringan Hewan. Kegiatan praktikum membutuhkan mikroskop untuk mengamati objek preparat secara detail, dan Atlas Histologi sebagai pendukung pembelajaran. Kebijakan kuliah daring menyebabkan praktikan tidak dapat datang ke laboratorium dan mereka tidak bisa menggunakan Atlas dalam kegiatan pembelajaran. Hal ini, menjadi tantangan bagi peneliti untuk merancang media pembelajaran berupa E-Atlas Histologi. E-Atlas Histologi disusun menggunakan Digital Image Creator for Optical Microscope (Digicom) dalam format pdf dan terdiri dari 15 BAB. seluruh file Atlas diunggah di <https://drive.google.com>. tahap selanjutnya adalah mengubah Link URL Atlas Histologi pada google drive menjadi short link menggunakan bitly.com. Short link digunakan dengan tujuan memudahkan mahasiswa/praktikan mengingat URL atau link yang panjang menjadi link pendek yang mudah dihafal. sehingga E-Atlas Histologi dapat diakses dengan mudah secara online oleh praktikan baik melalui sosial media atau website jurusan biologi FMIPA UNNES. Hasil evaluasi ahli materi terhadap kualitas E-Atlas Histologi mendapatkan kategori sangat baik dan layak digunakan. Berdasarkan Hasil pengujian keberfungsian (blackbox) E-Atlas Histologi menggunakan Digital Image Creator For optical Miroscope (DIGICOM) berfungsi dengan baik dan dapat dijadikan sumber belajar pendukung praktikum secara virtual.

Kata kunci: *E-Atlas Histologi, Digital Image Creator for Optical Microscope (Digicom), Google drive. Short link*

Abstract

One of the activities carried out at the Biology Laboratory of FMIPA UNNES is the Animal Tissue Structure Practicum. Practical activities require a microscope to observe the object of the preparation in detail, and a Histology Atlas to support learning. The online lecture policy causes practitioners to not be able to come to the laboratory and they cannot use Atlas in learning activities. This challenged researchers to design learning media in the form of E-Atlas Histology. Histology E-Atlas was compiled using the Digital Image Creator for Optical Microscope (Digicom) in pdf format and consists of 15 chapters. the entire Atlas file is uploaded at <https://drive.google.com>. the next step is to change the Histology Atlas URL link on google drive to a short link using bitly.com. Short links are used with the aim of making it easier for students / practitioners to remember long URLs or links into short links that are easy to memorize. so that the Histology E-Atlas can be accessed easily online by practitioners either through social media or the website of the Biology Department, FMIPA UNNES. The results of the material expert's evaluation of the quality of the Histology E-Atlas got a very good category and deserved to be used. Based on the results of functional testing

(blackbox) the E-Atlas Histology using the Digital Image Creator for optical Microscope (DIGICOM) functions well and can be used as a learning resource to support virtual practicum.

Keywords: *E-Atlas Histology, Digital Image Creator for Optical Microscope (Digicom), Google drive. Short links*

PENDAHULUAN

Pengelolaan Laboratorium (Laboratory Management) adalah proses kerja sama pengelola dalam mendayagunakan semua perlengkapan laboratorium secara efektif dan efisien. Laboratorium Biologi UNNES sebagai ujung tombak pengembangan akademik, memerlukan pengelolaan yang baik agar laboratorium dapat berfungsi sesuai dengan tujuannya. Pengelolaan laboratorium yang baik memiliki sistem organisasi yang baik, uraian kerja (*job description*) yang jelas, pemanfaatan fasilitas yang efektif, dan administrasi yang baik (Annisa, 2013) Pengelolaan laboratorium meliputi kegiatan mengatur, memelihara, serta usaha-usaha menjaga keselamatan para pemakai laboratorium. Pengelola yang terampil belum tentu dapat berfungsi dengan baik jika tidak didukung oleh adanya manajemen laboratorium yang baik pula (Suyanta, 2010). Salah satu aktivitas yang dilakukan di Laboratorium Biologi UNNES adalah kegiatan Praktikum Struktur Jaringan Hewan. Struktur Jaringan Hewan merupakan salah satu materi yang cukup rumit untuk dipelajari karena ukuran objek yang diamati sangat kecil (mikroskopis), sehingga membutuhkan mikroskop untuk dapat melihat dan mengamati secara mendetail. selain itu juga menggunakan Atlas Histologi sebagai pendukung pembelajaran. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan atlas sebagai media belajar dapat meningkatkan penguasaan pemahaman konsep siswa. Salah satu bentuk media belajar cetak adalah atlas, yaitu salah satu media belajar yang menyajikan foto secara lengkap dan berwarna (Kusuma *et al*, 2018). Di dalam atlas terdapat gambar dan paparan yang jelas, diberi keterangan penomoran, dan terdapat penjelasan di dalam kotak tersendiri. Selain atlas dapat juga digunakan buku identifikasi ini diharapkan dapat mejadi sarana bagi guru dalam menunjang pembelajaran materi dan juga dapat menjadi pemacu para guru untuk

melakukan kegiatan praktikum pengamatan dilaboratorim (Puspitawati *et al.*, 2011)

Namun, pada saat pandemi sekarang, pembelajaran dilakukan secara daring . Sesuai dengan edaran Mendikbud RI No 3 Tahun 2020 tentang Pencegahan Covid-19 dan Surat edaran Mendikbud RI No 4 tahun 2020 yaitu tentang Pelaksanaan Kebijakan Pendidikan dalam Masa Darurat Penyebaran Covid-19 tertanggal 24 maret 2020, maka seluruh satuan pendidikan termasuk perguruan tinggi di indonesia mengambil langkah tegas atas himbauan pemerintah untuk melakukan aktifitas belajar dari rumah atau pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) dengan berbasis *online*.

Adanya kebijakan ini tidak memungkinkan bagi praktikan untuk datang ke laboratorium dan menggunakan atlas dalam kegiatan pembelajaran. sehingga dibutuhkan website atau media online yang berisi atlas histologi. Adapun untuk website butuh waktu, biaya dan tenaga ekstra untuk membangun. serta perlu waktu untuk mesosialisaikan penggunaan kepada mahasiswa yang cukup banyak.

Beberapa permasalahan diatas, membuat peneliti tertarik untuk menyusun E-Atlas Histologi, dengan memanfaatkan *Digital Image Creator for Microscope (Digicom)* dan *gogle drive* untuk penyimpanan filenya. *Google Drive* dapat menyimpan dan membagi dokumen dengan pengguna lainnya. google drive memberikan layanan penyimpanan dengan kapasitas cukup besar bisa menyimpan baik yang berbentuk dokumen, gambar, video, dan lainnya. desain ini dapat menjadi solusi membuat media belajar online yang mudah dan murah. sehingga E-Atlas Histologi dapat diakses dengan mudah secara online oleh praktikan.

METODE

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, mulai bulan Mei 2021 hingga Oktober 2021 di Laboratorium Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- Alat: PC unit, *Smart phone*, *Google Drive*, *Short link (bit.ly)*, *Microsoft Word*, printer, gunting, dan alat tulis.
- Bahan: kertas HVS, refill tinta, SSD 512, Ram 8 GB

Tahapan pelaksanaan:

- Persiapan alat dan bahan
- Pengambilan Gambar preparat menggunakan *Digital Image Creator For Microscope (DIGICOM)*
- Pembuatan Atlas Histologi
Desain dan pembuatan Atlas Histologi menggunakan aplikasi Microsoft Word, Atlas Histologi memuat informasi histologi jaringan hewan, berupa gambar mikroanatomi organ/jaringan dan keterangannya. Adapun gambar preparat yang digunakan dalam Atlas Histologi adalah hasil pengambilan gambar preparat menggunakan *Digital Image Creator For optical Microscope (DIGICOM)*. Dokumen yang sudah jadi di simpan per BAB menggunakan format file pdf.
- Penyimpanan file Atlas Histologi di *google drive* file Atlas Histologi dalam bentuk pdf diunggah di <https://drive.google.com>. akses file yang terunggah kemudian diatur menjadi “Aktif – Publik”, tujuannya agar dapat diakses secara bebas.
- Memperpendek tautan link Atlas Histologi di *google drive* menggunakan *bit.ly*
memperpendek link Atlas Histologi di *google drive* menggunakan *bit.ly* dengan tujuan agar pembaca semakin mudah memahami informasi yang diberikan karena akan meminimalkan kesalahan dalam penyalinan link atau tautan tersebut.
- Uji coba fungsionalitas E-Atlas Histologi
Pada tahap pengujian digunakan metode *blackbox* dalam mengumpulkan data, dimana E-Atlas Histologi diuji fungsionalitasnya apakah telah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak (Prastyo, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangn E-Atlas Histologi

Proses penyusunan E-Atlas Histologi di mulai dengan menyusun draft Atlas histologi, Atlas histologi terdiri dari 15 BAB. Atlas disusun menggunakan aplikasi MS word untuk kemudian disimpan dalam format pdf. File pdf

yang sudah jadi diunggah di <https://drive.google.com>. kemudian status akses file yang sudah diunggah diatur menjadi “Aktif – Publik”, tujuannya agar dapat diakses secara online oleh mahasiswa/praktikan.

Langkah yang selanjutnya adalah Pembuatan *Short link* URL atlas histologi setiap BAB yang ada di *google drive*. *Short link* digunakan untuk memudahkan mahasiswa/praktikan mengingat URL atau link yang panjang menjadi link pendek yang mudah dihafal. Semua link Atlas Histologi mulai BAB 1 sampai dengan BAB 15 dirubah menggunakan situs <https://bitly.com> secara online. hasil *short link* secara random dari situs kemudian di edit sesuai dengan penamaan setiap BAB pada atlas untuk memudahkan pengenalan BAB. kemudian *short link* setiap BAB pada E-Atlas Histologi disusun dengan rinci untuk di sebarakan lewat media sosial maupun lewat *website* (biologi.unnes.ac.id).

Setelah proses penyusunan E-Atlas Histologi selesai dilanjutkan dengan tahap uji ahli materi untuk menilai kelayakan E-Atlas Histologi. Penilaian melibatkan ahli dari Jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang terdiri dari 2 orang dosen yang memiliki pengalaman dalam kegiatan perkuliahan dan materi Struktur Jaringan Hewan. Dalam hal ini ahli materi menilai dengan mengisi angket yang diberikan. Penilaian meliputi aspek kelayakan materi, dan kelayakan kebahasaan. Proses uji kelayakan dilakukan untuk mengetahui apakah materi dan bahasa yang disajikan pada E-Atlas Histologi sudah sesuai dengan silabus mata kuliah Struktur Jaringan Hewan (Histologi). Berikut ini merupakan data hasil penilaian ahli materi secara rinci dijelaskan dalam tabel 1.

Tabel 1. Penilaian ahli materi terhadap kualitas E-Atlas Histologi

Variabel	Skor (%)	Deskripsi
Kelayakan materi	85,00 %	Sangat baik
Kebahasaan	82,80 %	Sangat baik

Pengujian E-Atlas Histologi

Tahap akhir penelitian ini adalah uji coba akses *short link* dan unduh file E-Atlas Histologi semua BAB secara keseluruhan. Pengujian menggunakan metode pengujian *blackbox*. Pengujian *blackbox* merupakan metode pengujian yang berfokus pada

kebutuhan fungsional dari aplikasi. Pengujian *black box* fokus pada hasil keluaran yang diharapkan dari sistem yang diuji, apakah dapat berjalan sesuai yang diharapkan atau tidak.

Pengujian *blackbox* meliputi pengujian fungsi *Short link* E-Atlas Histologi dan pengujian fungsi unduh link E-Atlas Histologi. pengujian

fungsi *short link* E-Atlas Histologi sejumlah 15 link. Adapun masing-masing *short link* mewakili satu BAB atlas histologi. Semua link diakses dan dapat merespon ke URL dokumen Atlas Histologi yang ada di *google drive*. pengujian fungsi unduh file dilakukan pada semua link dan Secara keseluruhan file atlas dapat di unduh. Adapun hasil pengujian ditampilkan pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Pengujian *blackbox Short link* E-Atlas Histologi

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi BAB 1 Epitel	Terhubung dengan URL BAB 1 Epitel di google drive	berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
2	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 2 Kelenjar	Terhubung dengan URL BAB 2 Kelenjar	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
3	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 3 Tulang	Terhubung dengan URL BAB 3 Tulang	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
4	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 4 Darah	Terhubung dengan URL BAB 4 Darah	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
5	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 5 Otot	Terhubung dengan URL BAB 5 Otot	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
6	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 6 Saraf	Terhubung dengan BAB 6 Saraf	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
7	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 7 Sistem Integumen	Terhubung dengan BAB 7 Sistem Integumen	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
8	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 8 Sistem Pencernaan Bagian I	Terhubung dengan URL BAB 8 Sistem Pencernaan I (lidah)	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
9	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 9 Sistem Pencernaan Bagian II	Terhubung dengan URL BAB 9 Sistem Pencernaan II (Esofagus dan Lambung)	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
10	Membuka <i>Short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 10 Sistem Pencernaan Bagian III	Terhubung dengan URL BAB 10 Sistem Pencernaan III (Usus halus)	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
11	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 11 Sistem Pencernaan Bagian IV	Terhubung dengan URL BAB 11 Sistem Pencernaan IV Organ Pencernaan aksesori (hati dan Pankreas)	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
12	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 12 Sistem Pernafasan	Terhubung dengan URL BAB 12 Sistem Pernafasan	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
13	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 13 Sistem Urinalis	Terhubung dengan URL BAB 13 Sistem Urinalis	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
14	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 14 Sistem Reproduksi Pria	Terhubung dengan URL BAB 14 Sistem Reproduksi Pria	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid
15	Membuka <i>short link</i> E-Atlas Histologi pada BAB 15 Sistem Reproduksi Wanita	Terhubung dengan URL BAB 15 Sistem Reproduksi Wanita	Berhasil menampilkan URL yang diharapkan	valid

Tabel 3. Pengujian *blackbox* unduh file E-Atlas Histologi di *google drive*

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 1 Epitel	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
2	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 2 Kelenjar	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
3	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 3 Tulang	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
4	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 4 Darah	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
5	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 5 Otot	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
6	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 6 Saraf	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
7	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 7 Sistem Integumen	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
8	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 8 Sistem Pencernaan Bagian I	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
9	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 9 Sistem Pencernaan Bagian II	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
10	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 10 Sistem Pencernaan Bagian III	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
11	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 11 Sistem Pencernaan Bagian IV	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
12	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 12 Sistem Pernafasan	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
13	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 13 Sistem Urinalis	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
14	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 14 Sistem Reproduksi Pria	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid
15	Unduh file di <i>google drive</i> BAB 15 Sistem Reproduksi Wanita	Akses unduh diijinkan	Berhasil di unduh	Valid

Dari hasil pengujian *black box*, E-Atlas Histologi berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan. Semua *short link* E-Atlas Histologi dapat diakses dan file E-atlas histologi dapat di unduh secara keseluruhan. E-Atlas histologi dapat diakses oleh mahasiswa praktikan yang mengambil mata kuliah Struktur Jaringan Hewan (Histologi) secara online baik melalui media sosial maupun *website* E-Atlas Histologi menggunakan *Digital Image Creator For optical Miroscope (DIGICOM)* diharapkan dapat digunakan sebagai sumber belajar pendukung praktikum secara virtual. Selain E-Atlas sebagai sumber belajar pendukung mampu menciptakan suasana merdeka belajar dan pemahaman konsep

materi Struktur Jaringan Hewan (Histologi) meskipun mahasiswa dan dosen melakukan aktifitas belajar dari rumah atau pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) .

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian *black box* E-Atlas Histologi menggunakan *Digital Image Creator For optical Miroscope (DIGICOM)* berfungsi dengan baik dan dapat dijadikan media online dalam kegiatan pembelajaran
2. Hasil evaluasi ahli materi terhadap kualitas E-Atlas Histologi mendapatkan kategori sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvian., Yulianto, A., & Subali, B. (2017). Desain Alat Peraga Digital Image Creator For Optical Microscope (DIGICOM) dalam Pembelajaran IPA untuk Menumbuhkan Motivasi Belajar Peserta didik. *Unnes Physics Education Journal*, 6(3), 32-37.
- Ambarwati R (2017). Penggunaan Media Gambar untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Siswa Kelas VI C SDN 004 Tembilihan Kota. *Jurnal Primary Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau*, 6 (1), 276-285.
- Angelina, 2013. Analisis Kelayakan Multimedia Interaktif Biologi SMA Pada Materi Sel, Jaringan Tumbuhan, Jaringan Hewan, Sistem Gerak Manusia, dan Sistem Peredaran Darah. *Journal Formica Education Online*. Vol 1 no 1.
- Annisa Ratnasari, 2013. Makalah Majemen laboratorium. Makalah yang disampaikan dalam Workshop “How to be a Good Laboratory With a Professional Management” di SMK N 1 Depok Sleman, 19 Juli 2013.
- Eroschenko, VP. 2017. *Atlas Histologi DiFiore dengan korelasi Fungsional*. EGC : Jakarta.
- Eroschenko, VP. 2017. *Atlas of Histology with Functional Correlation*. 13th Ed. USA.
- Kusuma RD, Fatchur R & Istamar S. (2018). Pengembangan Atlas Keanekaragaman Hayati Berbasis Potensi Lokal untuk SMK Jurusan Pertanian. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3 (3), 296-301.
- Nawang, M. Kurniaawati, L. dan Duta, D. 2017. Rancang Bangun Sistem Informasi Pengolahan Data Persediaan Barang Berbasis Dekstop dengan Model Waterfall. *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*. 13(2), 233-238.
- Prastyo, 2019. Implementasi Quick Response (QR) Code Pada Dokumen Instruksi Kerja Alat Laboratorium Kimia. *JPLP*. 48-53.
- Rusmanto Maryanto. (2015). Aplikasi Andorid Untuk Bisnis Anda. Hämtat frå. Diakses dari <https://books.google.co.id/books?id=IWiwBgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- Semihardjo, Halim. 2013. *Buku Panduan Praktikum Histologi*. EGC : Jakarta.
- Subowo. 2009. *Histologi Umum Edisi 2*. CV Sagung Seto: Jakarta.
- Suyanta, 2010. Manajemen Operasional Laboratorium. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Zakaria, 2019. Pengertian Google drive beserta fungsi dan fitur google drive yang prlu diketahui. diakses 24 April 2019 pada <https://www.nesabamedia.com/pengertian-dan-fungsi-google-drive/>.

Uji Performa AAS Thermo Ice 3000 Terhadap Logam Cu Menggunakan CRM 500 dan CRM 697 di UPT Laboratorium Terpadu UNS

Sugito,S.P., M.Si.¹, Anang Kuncoro Rachmad Setiawan, S.Si., Apt

¹UPT Laboratorium Terpadu UNS, ²FMIPA UNS Surakarta, Jl.Ir.Sutami No.36 A,
Kode Pos 57126, Telp (0271)663379,Fax : (0271)663379

E-Mail : Sgito.eni@gmail.com, anangkuncoro@staff.uns.ac.id

Website: www.uptlabterpadu.ac.id, www.mipa.uns.ac.id

Abstrak

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) atau Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah instrumen untuk melakukan analisa logam antara lain : Pb, Cr, Ni, Cd, Fe, Zn, Cu, dan Co dimana dasar pengukurannya adalah pengukuran serapan sinar oleh suatu atom. Sinar yang tidak diserap diteruskan dan dirubah menjadi sinar listrik yang terukur. Tujuan Penelitian ini adalah mengetahui kinerja alat AAS Thermo ICE 3000 terhadap pengujian logam Cu dengan menggunakan CRM 500 dan CRM 697. Hal ini sangat penting karena berpengaruh besar terhadap validitas hasil pengukuran pada kegiatan praktikum kimia anorganik, riset dan pengujian di Laboratorium Kimia UPT Lab Terpadu UNS. Unsur kinerja yang akan diteliti meliputi akurasi, presisi, limit deteksi dan linieritas. Dari hasil penelitian didapatkan hasil akurasi <5% dari kontrol, repeatability %CV hitung <2/3 CV persamaan Horwitz, limit deteksi dengan MDL 0,065 ppm dan R² untuk linearitas sebesar 0,9999

Kata Kunci: AAS, Uji Kinerja, Logam Cu

Abstract

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) or Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) is an instrument for analyzing metals, including: Pb, Cr, Ni, Cd, Fe, Zn, Cu, and Co where the basis of measurement is the measurement of light absorption by an atom. The unabsorbed light is transmitted and converted into a measurable electric beam. The purpose of this study was to determine the performance of the AAS Thermo ICE 3000 tool on Cu metal testing using CRM 500 and CRM 697. This is very important because it greatly affects the validity of the measurement results in inorganic chemistry practicum activities, research and testing at the Chemical Laboratory of UPT Lab. Integrated UNS. Performance elements to be investigated include accuracy, precision, detection limit and linearity. From the results of the study, the results obtained accuracy <5% from control, repeatability %CV count <2/3 CV Horwitz equation, detection limit with MDL 0.065 ppm and R² for linearity of 0.9999

Keywords: AAS, Performance Test, Cu Metal

PENDAHULUAN

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) atau Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan instrumen dalam kimia analisis yang menggunakan prinsip energi yang diserap atom. Atom yang menyerap radiasi akan menimbulkan keadaan energi elektronik tereksitasi. Teknik ini dikenalkan oleh ahli kimia Australia pada tahun 1955 yang dipimpin oleh Alan Walsh dan oleh Alkemade dan Millatz di Belanda.

Spektrofotometer Serapan Atom digunakan untuk menganalisis konsentrasi analit dalam sampel. Elektron pada atom akan tereksitasi pada orbital yang lebih tinggi dalam waktu singkat dengan menyerap energi (radiasi pada panjang gelombang tertentu).

Adapun Spektrofotometer Serapan Atom yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan Atom Thermo ICE 3000. Sedangkan contoh uji adalah logam Cu, menggunakan CRM 500 (Pollution Trace Metals) dan CRM 697 (Supply Metals). Menurut Dara (2010) CRM adalah "reference material yang sudah disertifikasi dengan prosedur metrologi yang absah salah satu atau lebih sifatnya, disertai sertifikat yang memuat nilai ketidakpastian, pernyataan ketertelusuran metrologinya dan sifatnya.

Aplikasi yang menggunakan spektroskopi serapan atom ini telah banyak digunakan untuk pengujian kadar logam terlarut dalam air. Logam-logam yang sering dianalisa pada alat ini adalah : Pb, Cr, Ni, Cd, Fe, Zn, Cu, dan Co. Adapun Penelitian ini menggunakan Standar logam Cu untuk diuji Performennya dengan panjang gelombang 217,0 nm (SNI 6989-84:2019)

Performa yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi :

- **Linearitas** : Linieritas merupakan kemampuan suatu metode untuk konsentrasi analit pada kisaran yang diberikan.

- **Limit deteksi** : merupakan parameter uji batas terkecil yang dimiliki oleh suatu alat/instrument untuk mengukur sejumlah analit tertentu. memperoleh hasil-hasil uji yang secara langsung proporsional dengan
- **Akurasi** : adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya.
- **Presisi** : menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan : HNO₃ : 0,5 M dan Larutan Standart Cu : 1000 mg/L (dari E-Merck), Larutan CRM 500 (Pollution Trace Metals), Larutan CRM 697 (Supply Metals) dari Water Supply Metals, Kertas saring Whatman 42, pelarut deionized water merk Waterone (E-merck)

Alat : Labu Ukur 100 ml, Labu ukur 1000 ml, Pipet ukur 0,1 ml ; 0,5 ml ; 1 ml ; 5 ml ; 10 ml, Pipet Tetes, Erlenmeyer 250 ml, Dragball, AAS Thermo Ice 3000

Rancangan Penelitian

Preparasi Instrumen (Metode Flame)

- Membuka *Main valve* tabung gas yang akan digunakan
- Menyiapkan kebutuhan analisa (larutan baku, lampu katode, diluent, dsb)
- Menyalakan monitor dan cpu komputer
- Menyalakan Thermo Scientific AAS ICE 3000 Series

Analisa Contoh Uji

Linearitas : Penentuan linearitas dilakukan dengan mengukur absorbansi suatu seri konsentrasi larutan baku Pb dalam pelarut deionized water yaitu: 0 ppm, 0,1 ppm ,0,25 ppm, 0,5 ppm,1 ppm 2 ppm, 3 ppm dan 5 ppm pada panjang gelombang 324,8 nm.

Hasil serapan yang diperoleh dibuat persamaan kurva baku digunakan untuk menghitung nilai regresi, koefisien korelasi, intersep dan slope (kemiringan).

Limit Deteksi : Melakukan pengukuran lautan blanko (deionized water) sebanyak 10 ulangan. Limit deteksi dan kuantitasi dapat dihitung secara statistik melalui garis regresi linier dan kurva kalibrasi larutan standar. Nilai pengukuran akan sama dengan nilai slope (b) pada persamaan garis linier $y=bx+a$, sedangkan simpangan baku blanko=simpangan baku residual (Sy/x)

Akurasi : Melakukan pengukuran contoh uji CRM 500 dan CRM 697 masing –masing 3 ulangan. Hasil serapan digunakan untuk menghitung nilai perolehan kembali (recovery).

Presisi : Laruran standar 0,5 ppm diukur sebanyak 10 ulangan. Hasil serapan dapat untuk menghitung serapan rata-rata, Relative Standard Deviation (RSD) dan Standard Deviation (SD) serta ketelitian alat

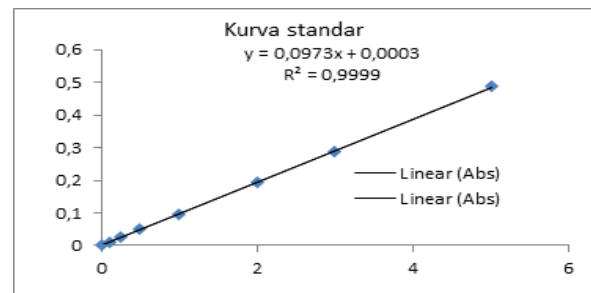
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Linearitas

No	kons	Abs	Konsentrasi dari grafik
1	0	0,0002	-0,0010
2	0,1	0,0111	0,1110
3	0,25	0,0255	0,2590
4	0,5	0,0501	0,5118
5	1,0	0,097	0,9938

6	2,0	0,1928	1,9784
7	3,0	0,2891	2,9681
8	5,0	0,4891	5,0236
Intersep		0,0003	
Slope		0,0973	
R ²		0,9999	

1.1. Tabel Linearitas, Sugito dan Anang 2021



Gambar 2.1. Kurva Standar , Sugito dan Anang, 2021

Berdasarkan hasil di atas, untuk persamaan garis linier hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi yang diperoleh adalah $y = 0,0973x + 0,0003$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9999$. Nilai $R^2 = 0,9999$ menyatakan bahwa adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi dan absorbansi. Nilai koefisien determinasi yang dapat diterima adalah apabila mendekati satu (≈ 1) (Chan et al., 2004; Panggabean et al., 2014).

Dalam penelitian ini hasil uji linearitas adalah $R^2 = 0,9999$ dan sesuai syarat keberterimaan. Jadi, diketahui bahwa persamaan kurva kalibrasi telah memenuhi syarat linearitas

2. Limit Deteksi

Data serapan sampel yang di spike							
Sampel	Absorbansi			Rata2	Kons	Xi-rata2	(Xi-rata2) ²
	1	2	3				
1	0,0005	0,0004	-0,0001	0,0003	0,0058	0,0017	2,77E-06
2	0,0006	0,0004	0,0004	0,0005	0,0079	0,0037	1,38E-05
3	-0,0001	-0,0004	-0,0001	-0,0002	0,0010	-0,0031	9,81E-06
4	0	0,0003	-0,0003	0,0000	0,0031	-0,0011	1,16E-06
5	0	0,0003	0,0002	0,0002	0,0048	0,0006	4,05E-07
6	-0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0045	0,0003	8,62E-08
7	0,0001	-0,0004	0	-0,0001	0,0021	-0,0021	4,43E-06
8	0,0004	0,0004	0	0,0003	0,0058	0,0017	2,77E-06
9	0,0001	0	-0,0003	-0,0001	0,0024	-0,0018	3,1E-06
10	0,0003	0,0002	-0,0001	0,0001	0,0045	0,0003	8,62E-08
					0,0418		3,85E-05
					0,0042		
							0,0021
							0,0065

Tabel 1.2. Limit Deteksi, Sugito dan Anang 2021

MDL untuk parameter uji Pb dengan matriks pelarut deionized water merk Waterone adalah 0,0065 ppm

3. Presisi

No	Abs sampel			rata2	Kons	Xi-rata2	Kwadrat
	1	2	3				
1	0,0257	0,0253	0,0253	0,0254	0,2645	-0,0024	0,000005916
2	0,0259	0,0264	0,0257	0,0260	0,2703	0,0034	0,000011503
3	0,0259	0,0255	0,0253	0,0256	0,2658	-0,0011	0,000001128
4	0,0256	0,0252	0,0253	0,0254	0,2638	-0,0031	0,000009719
5	0,0260	0,026	0,0262	0,0261	0,2710	0,0041	0,000016620
6	0,0255	0,0256	0,0253	0,0255	0,2648	-0,0021	0,000004367
7	0,0262	0,0258	0,0254	0,0258	0,2682	0,0013	0,000001785
8	0,0255	0,0258	0,0255	0,0256	0,2662	-0,0007	0,000000518
9	0,0256	0,026	0,0255	0,0257	0,2672	0,0003	0,000000095
10	0,0256	0,0253	0,0262	0,0257	0,2672	0,0003	0,000000095
Jmlh							2,6691
Rata2							0,2669
Jmlh kwdr/10							0,000005175
Diakar							0,0023
Simpangan baku = S							0,0023
Simpangan baku relatif = RSD = s/rata2							0,0085
Koefisien variasi - CV(%) = s/rata * 100%							0,8523
Menurut Persamaan Horwitz							2(1-0,5log C)
%CV =							2,4399

Tabel 1.3 Presisi, Sugito dan Anang, 2021

Jika dihitung dengan Persamaan Horwitz diperoleh $\%CV = 2 \cdot 1 - 0,5 \log C$, hasilnya = 2,4399
 $2/3 \% Cv$ Horwitz = 1,6266
 Jadi harga $\%CV$ perhitungan < dari $2/3 \%CV$ Persamaan Horwitz, berarti keterulangan analisis cukup stabil

4. Akurasi

Sampel	Absorbansi			Rata2	Kons	Kontrol	Selish	% akurasi
	I	II	II		X	Y	Z = (Y-X)	Z/Y. 100
CRM 500	0,0925	0,092	0,0898	0,0914	0,9366	0,9360	0,0006	0,0655
CRM 697	0,0907	0,0909	0,0912	0,0909	0,9315	0,9360	0,0045	0,4825

Tabel 1.4. Akurasi, Sugito dan Anang 2021

Harga akurasi masih < dari $\pm 5 \%$ berarti masih cukup baik untuk CRM 500

Harga akurasi masih < dari $\pm 5 \%$ berarti masih cukup baik untuk CRM 697

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasar analisa di atas, pada instrumen AAS Thermo Ice 3000 dengan contoh uji Cu didapatkan hasil Linearitas, Akurasi dan Presisi yang cukup bagus dan MDL untuk Limit Deteksi sebesar 0,0093 ppm

Saran :

1. Dilakukan Uji Performa dengan logam yang lain
2. Dilakukan uji performa dengan analisis yang lain

DAFTAR PUSTAKA

- Ochu, J.O.; Uzairu, A.; Kagbu, J.A.; Gimba, C.E.; dan Okunola, O.J. 2012. *Evaluation Of Some Heavy Metals in Imported Chocolate and Candies Sold In Nigeria. Journal of Food Research* Vol. 1, No.3. Canadian Center of Science and Education.
- Rahmawati, Eni and Dewi, Diana Candra and Fauziyah, Begum (2015) *Analisis kadar logam tembaga (Cu) pada permen secara spektrofotometri serapan atom (AAS)*. *Journal of Islamic Pharmacy*, 1 (1). pp. 11-14. ISSN 2527-6123.
- Vina Dewisartika, Zul Afkar, Yermadesi, 2012. *Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Susu Kental Manis Kemasan*

- Kaleng Dengan Metoda Spektrofotometri Serapan Atom* Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang, 2012.
- Manuntun Manurung, Ni Made Suaniti, dan D. A. M. Wira Adi, 2016. *Analisa Logam Besi (fe) dan Tembaga (cu) pada susu formula dengan metode destruksi kering dan basah secara spektrofotometri serapan atom* Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali.
- Gandjar, I. G. dan Rohman, A., 2012, *Analisis Obat Secara Spektrofotometri dan Kromatografi*, Pustaka Pelajar (Anggota IKAPI), Jogjakarta.
- Mardiah1, Rif'an Fathoni, 2016. *Adsorpsi Logam Cu (Ii) Dan Fe (Ii) Meggunakan Kertas Koran Bekas* Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman Jalan Sambaliung 9 Kampus Gunung Kelua Samarinda Kalimantan Timur 75119 <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- Amelia, E. W., Sukesu. 2013. *Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (Eucheuma cottonii)*. Jurnal Sains Dan Seni Pomits. Vol. 2, No.2
- Rahmawati, Eni and Dewi, Diana Candra and Fauziyah, Begum (2015) *Analisis kadar logam tembaga (Cu) pada permen secara spektrofotometri serapan atom (AAS)*. Journal of Islamic Pharmacy, 1 (1). pp. 11-14. ISSN 2527-6123.
- Ochu, J.O.; Uzairu, A.; Kagbu. J.A.; Gimba, C.E.; dan Okunola, O.J. 2012. *Evaluation Of Some Heavy Metals in Imported Chocolate and Candies Sold In Nigeria*. Journal of Food Research Vol. 1, No.3. Canadian Center of Science and Education.
- Kristianingrum, S. 2012. *Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel Dan Efeknya*. Laporan Hasil Prosiding Seminar. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- SNI 6989.84 – 2019, *Air dan air limbah – Bagian 84 : Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA)*.
- Yuli Rohyami, 2013. *Penentuan Cu, Cd Dan Pb Dengan Aas Menggunakan Solid Phase Extraction*. Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan Vol. 2, No. 1.
- M. Anugrah Rizky Pambudi, Suprpto, 2018. *Penentuan Kadar Tembaga (Cu) dalam Sampel Batuan Mineral*. Departemen Kimia, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 7, No. 2, 2337-3520.
- Irwan Ramadhan Ritonga, Muchlis Effendi, Hamdhani, 2018. *Analisis Resiko Kesehatan Pencemaran Logam Berat Pada Tiram (Saccostrea Cucullata) Di Pesisir Salo Palai, Propinsi Kalimantan Timur*. E-ISSN: 2527-5186. P-ISSN: 2615-5958, Jurnal Enggano Vol. 3, No. 2.
- Budiyanto, F & Iestari, 2013. *Study of Metal Contaminat Level in the Mahakam Delta: Sediment and Dissolved Metal Perspectives*. Journal of coastal development. 16 (2): 147 - 157.
- Kuntum Khaira, 2014. *Analisis Kadar Tembaga (Cu) Dan Seng (Zn) Dalam Air Minum Isi Ulang Kemasan Galon Di Kecamatan Lima Kaum Kabupaten Tanah Datar*. Jurusan Tarbiyah STAIN Batusangkar Jl. Sudirman No. 137 Kuburajo Lima Kaum Batusangkar. Jurnal Sainstek Vol. VI No. 2: 116-123.

Uji Efektifitas Model dan Mekanisme Kerja Alat Instalasi Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Arang Aktif dan Koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (*Aluminium Sulfat*)

Sunarti* ¹⁾, Kiki Teguh Gempur Pro Sutejo ²⁾

¹⁾Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Borneo Tarakan

Email: *¹⁾nurulhafizah_sandi@yahoo.com

Abstrak

Limbah laboratorium adalah limbah domestik yang banyak di hasilkan dari berbagai kegiatan di Laboratorium. Di Laboratorium Kualitas Air, limbah merupakan hasil kegiatan praktikum, penelitian maupun pengujian sampel dari perusahaan. Hal tersebut dilakukan secara terus menerus dikumpulkan dalam suatu wadah dan belum dilakukan pengolahan secara optimal sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini tentu membahayakan keselamatan lingkungan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian pembuatan alat IPAL yang optimal melakukan pengolahan limbah. Peneliti melakukan perbandingan model alat, serta alur dan mekanisme kerja alat IPAL tersebut untuk menemukan prototype yang paling efektif digunakan dalam skala laboratorium. Dalam penelitian ini dilihat perbedaan hasil pengolahan limbah dari dua tipe desain IPAL yaitu desain IPAL leher angsa tinggi dan desain IPAL leher angsa rendah, dengan variasi posisi penempatan koagulan dan arang aktif, serta lamanya waktu kontak. Pengujian ini bersifat kualitatif, berfokus pada nilai paling optimal dari setiap pengujian. Efektifitas perbaikan nilai parameter terjadi optimal pada desain leher angsa tinggi, dimana terjadi perbaikan yang sangat kontras dibandingkan dengan desain leher angsa rendah. Nilai pH limbah awal yaitu 4,75 menjadi 7,84, kadar COD 608 mg/L menjadi 16 mg/L, nilai NH_3 dari nilai 0,15 mg/L menjadi 0,33 mg/L, nilai Fe dari 7,6 mg/L menjadi 0,1 mg/L serta nilai Cr dari 0,6 mg/L menjadi 0,5 mg/L sesuai dengan baku mutu.

Kata kunci : IPAL, Arang Aktif, Koagulan, Limbah Cair

Abstract

Laboratory waste is domestic waste that is mostly produced from various activities in the laboratory. In the Laboratory of Quality Wastewater is the result of practicum activities, research and sample testing from companies. This is done continuously collected in a container and has not been processed optimally before being discharged into the environment. This certainly endangers the safety of the environment. Therefore, conducted research on the manufacture of IPAL equipment that optimally performs waste treatment. Researchers compared the tool model, as well as the workflow and mechanism of the IPAL tool to find the most effective prototype used on a laboratory scale. In this study, the differences in the results of wastewater treatment from two types of IPAL designs, namely the high goose neck IPAL design and the low goose neck IPAL design, with variations in the position of the coagulant and activated charcoal placement, as well as the length of contact

time. This test is qualitative, focusing on the most optimal value of each test. The effectiveness of improving parameter values occurs optimally in the high goose neck design, where there is a very contrast improvement compared to the low goose neck design. The pH value of the initial waste is 4.75 to 7.84, the COD content is 608 mg/L to 16 mg/L, the NH₃ value is from 0.15 mg/L to 0.33 mg/L, the Fe value is from 7.6 mg/L to 0.1 mg/L and Cr value from 0,6 mg/L to 0,5 mg/L according to the quality standard.

Keywords: IPAL, Activated Charcoal, Coagulant, Liquid Waste

I. PENDAHULUAN

Berbagai kegiatan riset ilmiah, eksperimen, pengujian ataupun pelatihan ilmiah telah dilakukan di Laboratorium uji kualitas air. Kegiatan tersebut mulai dari persiapan sampai dengan kegiatan pengujian. Alur kegiatan pengujian di laboratorium membutuhkan bahan-bahan kimia utama dan pendukung. Jenis bahan kimia utama yang umum digunakan antara lain bahan kimia bersifat asam, basa, serta bahan kimia organik dan anorganik (Raimon, 2011). Keseluruhan bahan kimia yang telah terpakai tersebut pada akhirnya akan menjadi bahan tidak terpakai yang berbahaya, atau lebih dikenal sebagai limbah.

Limbah cair di Laboratorium Kualitas Air merupakan hasil kegiatan praktikum, penelitian maupun pengujian sampel dari perusahaan. Karena kegiatan praktikum dan pengujian berjalan secara berkelanjutan, sehingga pada beberapa wadah penampungan limbah terisi sampai penuh. Bila hal ini tidak segera diatasi, maka tentunya berpotensi menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu pengelola laboratorium harus mencari solusi penanggulangan limbah cair laboratorium dengan metode sederhana, murah dan cepat.

Kami sangat berharap ada metode yang praktis, ekonomis dan cepat serta berkelanjutan yang dapat diterapkan sehingga permasalahan limbah di laboratorium dapat teratasi dengan baik. Kami berharap dapat merancang alat IPAL yang efektif menyelesaikan masalah limbah cair laboratorium.

Beberapa langkah operasi pengolahan air limbah dapat berpengaruh besar terhadap kualitas effluent. Operasi pengendapan utama terjadi pada circular clarifier, sehingga

didapatkan endapan limbah bertambah dengan semakin dalamnya kolam endapan. Berikutnya adalah formasi penempatan arang aktif dengan koagulan, apakah penempatan arang aktif mendahului koagulan atau sebaliknya akan memberi pengaruh terhadap kualitas hasil olahan IPAL.

Berdasarkan uraian itu telah dilakukan penelitian uji efektifitas model dan mekanisme kerja alat Instalasi Pengolahan Air Limbah laboratorium menggunakan arang aktif dan koagulan (*Aluminium Sulfat*) di laboratorium kualitas air Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan, dan didapatkan desain serta alur kerja Instalasi Pengolahan Air Limbah cair laboratorium yang tepat dan dapat mempercepat proses pengolahan limbah secara optimal.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat (4) bulan yaitu Juli sampai Oktober, bertempat di Laboratorium Kualitas Air FPIK UBT

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu spektrofotometer Visible, timbangan analitik, COD Reaktor, pH meter, seperangkat alat titrasi, beaker glass, pipet tetes, pipet volume. Adapun bahan yang digunakan yaitu Limbah cair, arang aktif, koagulan, bahan-bahan kimia yang digunakan dalam parameter uji COD, NH₃, Fe dan Cr.

2.3 Cara Kerja

2.3.3 Persiapan Penelitian

Membuat desain Instalasi Pengolahan Air Limbah laboratorium, merakit alat dan simulasi. Kemudian mengambil limbah cair laboratorium.

2.3.4 Pelaksanaan Penelitian

Rancangan penelitian dilakukan dengan prapenelitian dan penelitian. Prapenelitian adalah dengan membuat alat Instalasi Pengolahan Air Limbah, selanjutnya meletakkan arang aktif dan koagulan sesuai dengan desain yang telah dirancang. Berikutnya dilakukan pengumpulan bahan limbah cair pada wadah penampungan drum 100 Liter, dilakukan pengujian awal parameter *pH*, *COD*, *NH₃* dan *Fe* dan *Cr*. Kemudian limbah cair dimasukkan kedalam corong inlet sebanyak 7 liter, didiamkan selama 30 menit sambil diaerasi. Selanjutnya kran corong dibuka dan limbah mengalir masuk ke tabung inlet yang berisi koagulan dan/atau arang aktif. Setiap 1 jam kran tabung inlet di buka, limbah mengalir melalui pipa leher angsa menuju tabung outlet yang berisi arang aktif dan/atau koagulan. Pada bagian ujung tabung outlet juga terdapat kran dan wadah untuk menyimpan hasil olahan limbah. Untuk setiap kali pengolahan (1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam) akan selalu dilakukan pengujian parameter *pH*, *COD*, *NH₃*, *Fe* dan *Cr*.

2.3.5 Pengumpulan Data dan Analisis Data

2.3.5.1 Pengumpulan Data

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menemukan desain IPAL yang dapat mengolah limbah cair secara optimal, oleh karena itu selain kualitas hasil akhir cairan limbah, durasi waktu yang diperlukan sampai akhir pengolahan juga termasuk diperhitungkan sesuai dengan masing masing rancangan desain. Oleh karena itu, data parameter limbah sebelum dan sesudah pengolahan, serta durasi waktu yang diperlukan merupakan data primer yang harus dikumpulkan. Hasil penyaringan dan kualitas air yang dikeluarkan IPAL melalui pipa Outlet akan diukur dan dibandingkan dengan data hasil pengukuran sebelum perlakuan. Sedangkan durasi waktu yang terbaik adalah waktu pengolahan limbah yang paling singkat dengan hasil akhir tetap berada pada baku mutu lingkungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Laboratorium

Pada penelitian ini dibuat alat instalasi pengolahan air limbah yang menggunakan dua tabung penyaringan yaitu tabung Inlet dan tabung Outlet. Untuk menghubungkan kedua tabung penyaring tersebut digunakan pipa yang berbentuk leher angsa. Adapun salah satu fokus dari penelitian ini adalah menguji efektifitas pipa leher angsa di dalam menetralkan limbah cair. Oleh karena itu di dalam penelitian ini dibuat dua desain alat, yaitu, IPAL dengan pipa leher angsa yang tinggi dan IPAL dengan leher angsa yang rendah. Kemudian melakukan pengamatan terhadap lamanya waktu yang diperlukan untuk menetralkan limbah cair. Selain itu pada proses pengolahan limbahnya dilakukan variasi posisi penempatan arang aktif dan koagulan *Aluminium Sulfat (Al₂(SO₄)₃)*, yaitu posisi Arang dan koagulan dipertukarkan pada tabung inlet dan tabung outlet. Adapun bentuk desain alat yang dibuat sebagai berikut:



A. Desain IPAL leher angsa tinggi

B. Desain IPAL leher angsa rendah

Gambar 1. Desain Alat Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian awal, diketahui bahwa limbah cair dari laboratorium uji kualitas air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan sangat berbahaya karena mengandung logam berat dan bahan berbahaya lainnya dengan nilai melampaui baku mutu lingkungan berdasarkan Permen LH No. 5 Tahun 2014. Berikut perbandingan kadar awal limbah dengan sesudah pengolahan menggunakan desain IPAL leher angsa.

Tabel 1. Perbandingan kadar awal limbah dengan sesudah pengolahan menggunakan desain IPAL

Baku Mutu Air Limbah Permen LH No. 5 Tahun 2014

Keterangan :

A1 = Desain IPAL Leher Angsa Tinggi Koagulan-Arang A2 = Desain IPAL Leher Angsa Tinggi Arang-Koagulan

B1 = Desain IPAL Leher Angsa Rendah Koagulan-Arang B2 = Desain IPAL Leher Angsa Rendah Arang-Koagula

Desain	Parameter	Satuan	Data Awal	Data Akhir	Baku Mutu
A1	pH	-	4,75	7,84	6,0 – 9,0
B1				5	
A2				4,29	
B2				3,50	
A1	COD	mg/L	608	16	100
B1				256	
A2				96	
B2				400	
A1	NH ₃	mg/L	0,15	0,33	5
B1				0,04	
A2				0,06	
B2				0,03	
A1	Fe	mg/L	7,5	0,1	5
B1				0,5	
A2				0,5	
B2				0,5	
A1	Cr	mg/L	0,6	0,5	0,5
B1				0,7	
A2				0,5	
B2				0,8	

Dari tabel diatas terlihat bahwa capaian hasil yang diperoleh sangat bervariasi, dan sangat dipengaruhi oleh faktor berikut :

1. Desain Alat IPAL

Desain alat IPAL yang digunakan di dalam penelitian ini ada dua bentuk yaitu pipa penghubung berbentuk leher angsa yang berukuran rendah dan pipa penghubung berbentuk leher angsa yang berukuran tinggi. bahwa ukuran pipa leher angsa tidak berpengaruh terhadap kecepatan pengolahan limbah cair. Sebaliknya ukuran tinggi leher angsa berpengaruh terhadap kualitas pengolahan limbah cair. Hal ini terjadi karena ditemukan sejumlah material bahan pencemar terjebak di bagian bawah pipa leher angsa yang tinggi. Material pencemar yang sudah terpisah dari bahan cairan mengendap berbentuk koloid dan flokulan, sehingga dengan adanya gaya gravitasi menyebabkan sebagian besar koloid tersebut tidak berhasil mencapai puncak pipa penghubung.

Berbeda halnya dengan pipa leher angsa pendek, masih terdapat sejumlah koloid yang dapat mengalir melewati leher angsa masuk ke tabung outlet sampai keluar di wadah penampungan. Namun demikian hasil ini hanya dapat ditemukan pada perlakuan penempatan *aluminium sulfat* mendahului arang aktif.

IPAL model leher angsa sesungguhnya memanfaatkan peranan gaya gravitasi, dengan memanfaatkan peranan dari gaya gravitasi menyebabkan partikel suspensi dan koloid semakin mudah terpisah dari cairan karena barier lengkungan pipa serta ketinggian pipa vertikal yang harus dilalui untuk mencapai tabung outlet. Resultan kuat medan gravitasi merupakan besaran vektor, sehingga suatu benda di pengaruhi oleh gaya gravitasi beberapa benda lain. Sehingga besarnya kuat medan gravitasi yang dialami benda tersebut merupakan resultan vektor kuat medan gravitasi yang bekerja pada benda itu (Said, 2015).

2. Penempatan posisi Koagulan dan arang aktif

Dalam penelitian ini, proses pengolahan limbah cair menggunakan dua bahan tambahan, yaitu *aluminium sulfat* sebagai koagulan dan Arang aktif sebagai *aseptor*. Kedua bahan ini memiliki sifat dan cara kerja yang berbeda di dalam melakukan penjernihan air. Koagulan sifatnya melakukan pengikatan antara partikel-partikel halus karena adanya perbedaan muatan permukaan antara sesama partikel. Ikatan tersebut disebut ikatan *vanderwalls*. Jadi ikatan tersebut terbentuk karena tegangan permukaan antara partikel. Walaupun sifatnya lemah, namun ikatan ini tidak terbatas, sehingga sejumlah partikel yang berikatan dapat membentuk koloid. Selanjutnya sejumlah koloid dapat saja membentuk flokulan yang mempermudah terjadinya proses pengendapan dan sangat mudah terjebak dengan gaya gravitasi bumi. Sedangkan arang aktif adalah partikel yang memiliki sangat banyak pori, yakni dapat memiliki daya ikat 300 kali dari ukuran partikelnya. Dasar keterikatannya juga bersumber dari perbedaan muatan, dan partikel yang lain dapat berikatan hanya bila dapat mengisi ruang pori dari partikel arang. (Said, 2015)

Berdasarkan perbedaan cara kerja kedua bahan tambahan inilah yang menyebabkan, sehingga pada hasil penelitian ini apabila meletakkan koagulan (di tabung inlet) mendahului arang aktif (ditabung outlet) akan memberikan hasil yang optimal, dimana sebagian besar partikel pencemar telah terikat lebih dahulu oleh *aluminium sulfat*, sehingga arang aktif hanya membersihkan sebagian partikel pencemar yang terlepas dari ikatan atau belum sempat terikat. Sebaliknya bila arang aktif (ditabung inlet) yang mendahului koagulan (ditabung outlet), maka ikatan antara arang aktif dengan partikel pencemar terjadinya agak lambat dibandingkan dengan kecepatan aliran air.

Demikian halnya bila posisi arang aktif yang bercampur dengan limbah lebih awal, maka yang terjadi adalah pori arang aktif akan segera tertutup oleh banyaknya partikel limbah. Hal ini tentu menyebabkan arang aktif

lebih cepat menjadi jenuh, sama halnya dengan bahan koloid, partikel yang sudah berikatan dengan arang aktif akan menambah biomassa dari partikel yang sudah berikatan, namun sisa partikel limbah yang masih terlarut didalam bahan cairan telah memiliki konsentrasi yang lebih rendah. Hal ini menyebabkan komposisi antara partikel pencemar dengan koagulan aluminium sulfat sudah tidak seimbang, dimana bahan koagulan menjadi lebih banyak. Bila koagulan lebih banyak dari bahan tercemar menyebabkan kerja bahan koagulan tidak efektif, sehingga daya ikatnya kurang maksimal, selain itu aluminium sulfat akan membentuk ikatan lain yang justru merusak kualitas air, antara lain adalah menyebabkan terjadinya penurunan nilai *pH* air, sehingga menjadi berada di bawah nilai baku mutu (Kristijarti, 2013)

3. Waktu Kontak

Dalam penelitian ini pengamatan dilakukan mulai dari pengujian parameter awal dari limbah sebelum dilakukan pengolahan menggunakan alat IPAL, kemudian 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam setelah perlakuan. Dari hasil pengolahan data yang dikumpulkan ditemukan adanya hubungan yang kuat dari waktu kontak. Bahwa untuk jam pertama dan kedua, kita ketahui bahwa proses partikel pencemar memerlukan beberapa waktu agar dapat terikat dengan baik, ternyata penjernihan limbah ini terjadi pada jam ke tiga dan optimal pada jam ke lima. Dari data hasil pengukuran terlihat bahwa efektifitas perbaikan nilai parameter terjadi lebih optimal pada desain leher angsa tinggi, dimana terjadi perbaikan yang sangat kontras dibandingkan dengan desain leher angsa rendah. Kita melihat bahwa nilai *pH* dari limbah awal yaitu 4,75 menjadi 7,84, kadar *COD* 608 mg/L menjadi 16 mg/L, *Fe* dari nilai limbah awal 7,6 mg/L menjadi 0,1 mg/L, nilai *NH₃* dari nilai 0,15 mg/L menjadi 0,33 mg/L, *Cr* dari nilai 0,6 mg/L menjadi 0,5 mg/L sesuai dengan baku mutu Permen LH No. 5 Tahun 2014.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa alat instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan desain IPAL leher angsa tinggi lebih efektif dari pada desain IPAL leher angsa pendek, dengan posisi penempatan koagulan pada tabung inlet dan arang aktif pada tabung outlet. Sedangkan waktu kontak terbaik adalah 5 jam. Sehingga diyakini alat ini dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah cair di laboratorium kualitas air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan.

4.2 Saran

Disarankan ada penelitian lanjutan yang dapat mengukur parameter yang belum diuji, sehingga dapat diketahui bahwa semua parameter yang dipersyaratkan untuk limbah dapat dibuang ke lingkungan sudah memenuhi dan sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terimakasih kepada Bapak Direktur Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia dan Bapak Koordinator Kompetensi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2016, 7 Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri, https://ilmugeografi.com/ilmu_sosial/sistem_pengolahan_limbah_cair, diunduh pada tanggal 9 Desember 2017, pukul 08.45 Wib

Anonim, 2020, Indonesia Enviro and Energy Center, 10 Cara Penanganan Limbah Cair, <https://environment-indonesia.com/articles/10-cara-penanganan-limbah-cair/>, di akses 23 April 2021, 14, 20 Wita

Anonim, 2017, Instalasi Pengolahan Air Limbah,

https://id.wikipedia.org/wiki/instalasi_pengolahan_air_limbah, diunduh tanggal 30 Desember 2017, pukul 13.00 Wib.

- Anonimous, Kamis 16 Januari, 2019, *Koagulasi dan Flokulasi dalam Pengolahan Limbah*. <http://www.saka.co.id/news-detail/koagulasi-dan-flokulasi-dalam-pengolahan-limbah> diakses 2 Maret 2021, 10, 15 Wita.
- Harsanti, 2011, Arang Aktif Meningkatkan Kualitas Lingkungan, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati, Jawa Tengah, edisi Maret, No. 3400, 2011, <https://www.litbang.pertanian.go.id/download/99/file/Arang-Aktif-Meningkatkan-K.pdf>, diakses, 15 Maret 2021, 11, 17 Wita
- Kristijarti, A. Prima, Ign Suharto, Marieanna, 2013, Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu XLembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan
- Nurhayati, Indah., Sugito., Ayu Pertiwi., 2018, Pengolahan limbah cair laboratorium dengan adsorpsi dan pretreatment netralisasi dan koagulasi., 10, 125-138.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Raimon., 2011, Pengolahan air limbah laboratorium terpadu dengan system kontinyu., 22, 18-27. <http://ejournal.kemenperin.go.id/dpi/article/view/543>, diakses 12 Februari, 2021
- Said H. Nuraini, Apa Pengertian dan Cara Kerja Gravitasi, <https://h.saidnuraeni.blogspot.co.id/2015/02/apa-pengertian-cara-kerja-14.html>, diunduh tanggal 10 April 2021, pukul 14.22 Wib.

Pemanfaatan Zeolit NaA Dari Kaolin Sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) Pada Limbah Cair di Laboratorium Kimia

Ulul Khairi Zuryati*¹, Ruru Honiar², Fahrurazi³

^{1,2,3}Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Mataram

E-mail: *ululkhair@unram.ac.id, roe_doang@yahoo.com, rozy_383@yahoo.co.id

Abstrak

Kandungan besi (Fe) berlebihan di dalam air dapat menyebabkan korosi dan dalam jumlah yang tinggi bersifat sebagai racun bagi tubuh. Salah satu teknik pengolahan limbah cair laboratorium adalah menggunakan metode adsorpsi. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit NaA yang disintesis menggunakan kaolin. Zeolit yang diperoleh dianalisis dengan FTIR untuk menentukan gugus fungsinya. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan sintesis zeolit NaA ditandai dengan pita serapan yang muncul pada rentang bilangan gelombang 558–546 cm^{-1} sebagai indikasi telah terbentuknya cincin ganda (double ring) yang merupakan ciri khas struktur kristal zeolit Na. pH optimum adsorpsi ion Fe (II), Fe(III) maupun campuran dalam limbah laboratorium adalah 3. Kapasitas adsorpsi maksimum zeolit NaA pada ion Fe(II), Fe(III) dan limbah cair laboratorium masing-masing sebesar 16.00, 18.33, dan 6.50 mg/g menggunakan massa adsorben 0.1 gram. Sedangkan waktu kesetimbangan adsorpsi untuk limbah Fe(II), Fe(II), dan limbah deposit laboratorium masing-masing adalah 30, 20, dan 10 menit.

Kata kunci: limbah cair laboratorium, penurunan kadar, logam Fe, zeolit NaA, adsorpsi

Abstract

Excessive iron (Fe) content in water can cause corrosion and in high amounts is toxic to the body. One of the laboratory wastewater treatment techniques is using the adsorption method. The adsorbent used in this study was zeolite NaA which was synthesized using kaolin. The zeolite obtained was analyzed by FTIR to determine the functional group. The results showed that the success of NaA zeolite synthesis was indicated by the absorption band that appeared in the wave number range of 558–546 cm^{-1} as an indication of the formation of a double ring which is a characteristic of the crystal structure of Na zeolite. The optimum pH for adsorption of Fe(II), Fe(III) ions and laboratory wastewater is 3. The maximum adsorption capacity of NaA zeolite on Fe(II), Fe(III) ions and laboratory wastewater are 16.00, 18.33, and 6.50 mg/g using 0.1 gram adsorbent. The adsorption equilibrium time for Fe(II), Fe(II), and laboratory wastewater were 30, 20, and 10 minutes, respectively.

Keywords: liquid laboratory waste, heavy metal removing, iron (Fe), zeolite NaA, adsorption

PENDAHULUAN

Salah satu jenis limbah laboratorium adalah limbah anorganik yang mengandung logam berat, di antaranya besi (Fe). Bagi manusia kelebihan zat besi (Fe) dapat menimbulkan

keracunan dimana terjadi muntah, diare, kerusakan usus, penuaan dini, sirosis, radang sendi, hingga kematian mendadak (Oktasari 2017).

Berbagai metode dikembangkan untuk

menurunkan kadar logam berat dalam limbah cair (Ketsela dkk. 2020). Teknik adsorpsi lebih disukai karena mudah, murah, dan efektif (Lobo-Recio dkk. 2021). Logam berat dalam limbah cair yang berupa kation dapat diserap dipermukaan adsorben sehingga konsentrasinya dalam larutan akan menurun. Salah satu adsorben dalam bentuk material berpori yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah adalah zeolit NaA (Basaldella dkk. 2007; Jiang dkk. 2016; Zhang dkk. 2017).

Zeolit NaA ($\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$) adalah senyawa aluminosilikat berpori dengan berbagai sifat yang sangat baik, seperti tidak beracun, porositas tinggi, stabilitas termal yang baik, kemampuan pertukaran ion yang tinggi, saringan molekuler fungsional, dan ramah lingkungan (Su dkk. 2016). Beberapa peneliti telah memanfaatkan zeolit-A untuk sebagai adsorben logam berat seperti seperti Cu, Fe, Cd, bahkan limbah radioaktif Co-60 (Ali dkk. 2015; Mustafa dan Zaiter 2011; Selim dkk. 2017).

Kaolin dapat digunakan sebagai material utama untuk sintesis zeolit karena mengandung kaolinit [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$] sebagai sumber SiO_2 dan Al_2O_3 dengan rasio Si/Al mendekati 1. Rasio Si/Al dari kaolin ini sesuai dengan rasio Si/Al yang dibutuhkan pada sintesis zeolit A (Gougazeh dan Buhl 2014). Umumnya zeolit NaA dari kaolin disintesis melalui metode hidrotermal pada suhu rendah yang diawali dengan pembuatan larutan alkalin atau NaOH dalam konsentrasi tertentu. Kemudian larutan alkalin ditambahkan secara perlahan ke dalam kaolin yang sudah diaktivasi menjadi metakaolin. Proses berikutnya adalah kristalisasi pada suhu yang rendah dengan waktu tertentu untuk memperoleh kristal zeolit (Zuryati et al. 2020).

Selama ini limbah cair di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Mataram belum ditangani secara khusus karena pengolahan limbah laboratorium membutuhkan sistem yang cukup rumit dan biaya yang tinggi. Oleh sebab itu diperlukan metode alternatif penanganan limbah melalui metode adsorpsi yang terbukti cukup murah dan efektif serta ramah lingkungan. Pada penelitian ini zeolit NaA disintesis terlebih dahulu dan kemudian diuji menggunakan larutan limbah artifisial yang mengandung logam Fe dan limbah hasil deposit laboratorium menggunakan beberapa

parameter uji yang meliputi parameter pH, massa adsorben, dan waktu kontak.

METODE DAN BAHAN

2.1 Bahan dan Alat

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kaolin Bangka, NaOH (Merck p.a), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Merck. p.a), $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Merck, p.a), kertas pH universal (Merck), Kertas Saring Whatman No.42, dan akuades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas, *hotplate magnetic stirrer*, botol reagen poli propilen (PP), tanur, oven, neraca analitik, termometer, penyaring vakum, shaker, *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectrum Two* Perkin Elmer dan *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* Perkin Elmer.

2.2 Sintesis Zeolit NaA

Tahap awal dimulai dengan metakaolinisasi kaolin melalui kalsinasi pada suhu 650°C selama 2 jam. Sementara itu dilakukan pembuatan larutan NaOH 3M. Sintesis dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH 3M pada metakaolin dengan rasio solid/liquid 1.0 g/25 mL sambil dilakukan pengadukan selama 30 menit dalam botol reagen PP. Setelah itu campuran dikristalisasi pada suhu 100°C selama 24 jam. Hasil sintesis disaring dengan menggunakan penyaring Buchner. Padatan yang diperoleh dicuci dengan akuades sampai pH netral kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 12 jam.

Material yang diperoleh dari tahapan sintesis dikarakterisasi menggunakan teknik spektrofotometer *Fourier Transform Infrared (FTIR)*. Sedangkan rendemen hasil sintesis dihitung dari persentase metakaolin dan zeolit NaA dibandingkan dengan massa kaolin yang digunakan dalam pembuatan zeolit NaA. Rendemen metakaolin ditetapkan melalui rumus

$$\eta_M = \left(\frac{m_M}{m_K} \right) \times 100\%$$

dan rendemen zeolite NaA dihitung sebagai

$$\eta_{ZA} = \left(\frac{m_{ZA}}{m_K} \right) \times 100\%$$

η_M adalah efisiensi metakaolin, η_{ZA} adalah

efisiensi sintesis zeolite NaA, m_K , m_M , dan m_{ZA} masing-masing adalah massa kaolin, metakaolin dan zeolit NaA dalam satuan gram.

2.3 Preparasi Larutan Limbah Fe

Larutan limbah artifisial divariasikan menjadi dua jenis yaitu yang mengandung ion Fe(II) dan Fe(III). Larutan stok Fe(II) dibuat dari padatan $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, dan larutan stok Fe(III) dibuat dari padatan $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ dengan konsentrasi masing-masing 1000 ppm. Selanjutnya larutan kerja Fe dengan konsentrasi sesuai kebutuhan diencerkan dari larutan stok Fe. Adapun limbah cair laboratorium langsung diuji penurunan kadar logam besinya tanpa dilakukan pengenceran, penyaringan, maupun penyesuaian pH larutan.

2.4. Proses Adsorpsi

Uji adsorpsi logam Fe pada limbah laboratorium dilakukan dengan metode *batch* dengan variasi pH, jenis limbah, massa adsorben dan waktu kontak. Limbah yang digunakan adalah limbah yang dideposit dari laboratorium kimia FMIPA Unram dan limbah artifisial yaitu larutan $FeSO_4$ dan $Fe(NO_3)_3$ sebagai pembanding.

Untuk pengujian ini, zeolit NaA dikeringkan pada suhu $110^\circ C$ selama 1 jam kemudian didinginkan pada suhu kamar di dalam desikator. Setelah itu ditimbang kembali untuk mengetahui berat yang tepat dan dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 25 mL limbah cair. Campuran diaduk 125 rpm pada suhu kamar. Variasi penambahan adsorben adalah sejumlah 0.025; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,3 g, sedangkan variasi waktu kontak dilakukan selama 5, 10, 15, 20, 25, 30, dan 60 menit setelah itu disaring. Padatan yang diperoleh dikeringkan dengan oven pada suhu $100^\circ C$ selama 12 jam kemudian dikarakterisasi dengan FTIR. Sedangkan filtrat yang diperoleh diukur dengan menggunakan instrument *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk mengetahui kadar residual logam Fe dalam limbah cair laboratorium sebelum dan setelah proses adsorpsi.

2.4.1 pH Optimum Adsorpsi

Penentuan pH optimum dilakukan dengan menimbang adsorben sebanyak 0.1 gram, kemudian ditambah dengan larutan limbah sintesis 25 ml. pH campuran selanjutnya diatur pada variasi pH 1,3,5 dan,7 kemudian

diadsorpsi selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan 125 rpm. Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan HCl atau NaOH 1 M. Setelah adsorpsi dilakukan penyaringan, kemudian filtrat yang diperoleh diukur konsentrasi logam Fe tersisa menggunakan instrumen AAS. Persentase data hasil adsorpsi tertinggi ditetapkan sebagai pH optimum.

2.4.2 Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi pada setiap jenis limbah, yaitu larutan Fe(II), Fe(III), dan limbah deposit laboratorium diukur dengan memvariasikan massa adsorben 0.025; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,3 g. Adsorpsi diukur pada pH optimum dengan volume limbah cair 25 mL. Konsentrasi larutan adsorbat dibuat tetap dan waktu kontak adalah 30 menit pada suhu kamar. Persamaan adsorpsi selama proses penyerapan dihitung berdasarkan persamaan kapasitas adsorpsi sebagai berikut:

$$qt = \left(\frac{C_0 - C_t}{m} \right) \times V$$

qt adalah kapasitas adsorpsi (mg/g) pada waktu t (menit), C_0 adalah konsentrasi awal adsorbat (mg/L), C_t adalah konsentrasi adsorbat (mg/L) pada waktu t (menit), m merupakan masa adsorben (g), dan V adalah volume adsorbat (L). Penentuan kapasitas adsorpsi pada melalui eksperimen.

2.4.3 Waktu Kesetimbangan

Penentuan waktu kesetimbangan adsorpsi ditentukan melalui uji adsorpsi dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20, 25, 30, dan 60 menit pada masing-masing jenis limbah cair laboratorium. Variabel yang lain dibuat tetap yakni pengukuran pada suhu kamar, pH optimum, massa adsorben 0.1 g, waktu kontak 30 menit, volume 25 mL dan konsentrasi larutan 100 ppm. Hasil uji kemudian dimasukkan ke dalam grafik waktu berbanding konsentrasi limbah cair.

HASIL DAN DISKUSI

3.1 Sintesis Zeolit NaA

Kaolin dikalsinasi pada suhu $650^\circ C$ selama 2 jam untuk membentuk metakaolin yang berstruktur amorf. Bentuk amorf ini akan meningkatkan reaktivitas material sebagai prekursor dalam sintesis zeolit. Setelah kalsinasi, metakaolin yang diperoleh diproses

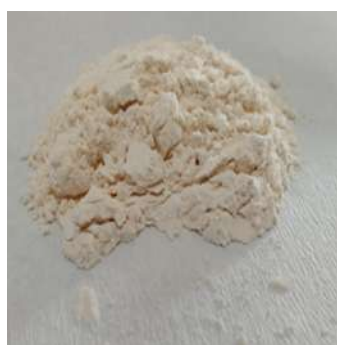
lebih lanjut menjadi zeolit NaA. Padatan adsorben yang diperoleh berwarna putih krem (Gambar 1a) dengan rendemen sintesis di Tabel 1.

Tabel 1 Rendemen Sintesis Zeolit NaA

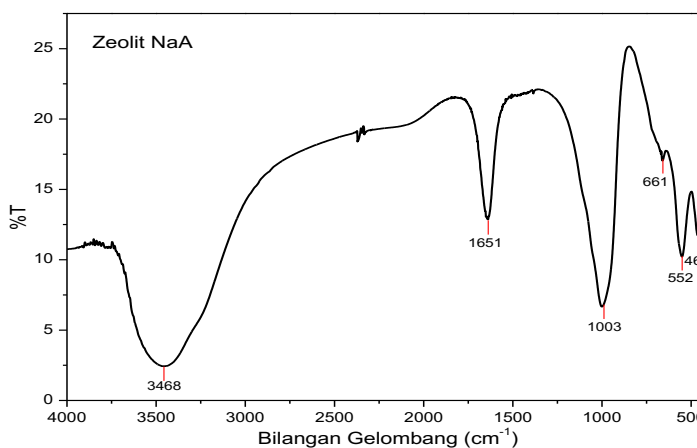
Material	Massa (g)	Efisiensi (%)
Kaolin	20,00	-
Metakaolin	17.37	86.86
Zeolit NaA	23.52	117.61

Keberhasilan sintesis adsorben diidentifikasi menggunakan spektrum FTIR pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} yang ditampilkan pada Gambar 1b. Spektrum inframerah zeolit NaA yang telah dihasilkan menunjukkan

adanya serapan kuat pada bilangan gelombang 1003 cm^{-1} yang merupakan karakteristik vibrasi ulur asimetrik internal O-Si-O atau O-Al-O dalam kerangka bangun primer tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 . Selain itu muncul pita serapan pada bilangan gelombang 661 cm^{-1} akibat vibrasi ulur simetrik O-Si-O atau O-Al-O dalam kerangka bangun primer tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 dan pita serapan pada rentang bilangan gelombang 463 cm^{-1} akibat dari vibrasi tekuk Si-O atau Al-O. Adapun serapan karakteristik metakaolin yang pada bilangan gelombang 1071 dan 798 cm^{-1} tidak ditemukan, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua metakaolin telah bereaksi dalam sintesis.



(a)



(b)

Gambar 1 (a) Padatan zeolit NaA dan (b) Spektrum FTIR zeolit NaA

Terbentuknya zeolit NaA ditandai dengan perbedaan intensitas yang jelas pada pita serapan yang muncul pada rentang bilangan gelombang 558– 546 cm^{-1} . Serapan tersebut sebagai indikasi telah terbentuknya cincin ganda (*double ring*) sebagai ciri khas struktur kristal zeolit NaA .

3.2 Penentuan pH Optimum Adsorpsi

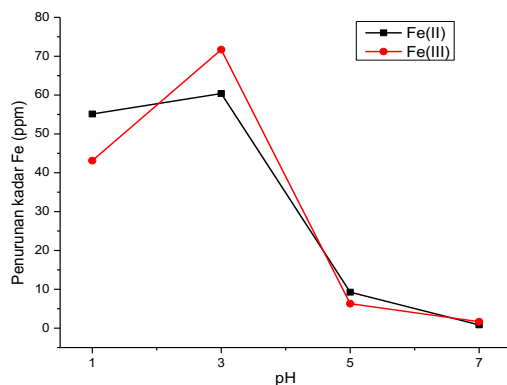
Salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi logam berat adalah pH larutan. Penentuan pH optimum proses adsorpsi limbah logam Fe pada penelitian ini dilakukan pada rentang pH 1-7 pada kedua jenis limbah artifisial yaitu larutan FeSO_4 dan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. Konsentrasi Fe pada limbah sebelum dan setelah proses adsorpsi ditampilkan pada Tabel 2.

Data sebelum adsorpsi menunjukkan bahwa sepada pH rendah atau keasaman yang tinggi kedua jenis ion Fe(II) maupun Fe(III) memiliki kelarutan yang tinggi. Bertambahnya pH menurunkan kelarutan ion Fe(II) dan Fe(III).

Tabel 2 Konsentrasi Logam Fe pada Limbah Artifisial Sebelum dan Setelah Adsorpsi

pH	Konsentrasi Larutan Pada Proses Adsorpsi (ppm)			
	Fe(II)		Fe(III)	
	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
1	125.30	70.18	122.00	78.88
3	114.00	53.61	120.60	48.91
5	10.31	1.06	7.51	1.21
7	1.59	0.75	2.20	0.54

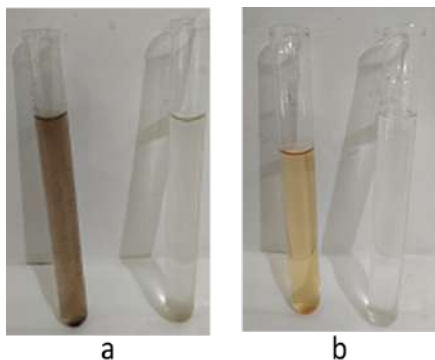
Pada pH di atas 3 mulai terjadi presipitasi membentuk Fe(OH)_2 dan Fe(OH)_3 yang ditandai dengan adanya warna kuning pada larutan, karena terjadi interaksi ion dengan OH^- dari larutan. Oleh karena itu diperoleh kelarutan awal sangat rendah yaitu 10.31 ppm pada Fe(II) dan 7.51 ppm pada Fe(III) di pH 5. Pada pH 7 kelarutan Fe(II) dan Fe(III) semakin menurun menjadi 1.59 dan 2.20 ppm.



Gambar 2 Grafik hasil adsorpsi logam Fe dengan variasi pH

3.3 Kapasitas Adsorpsi

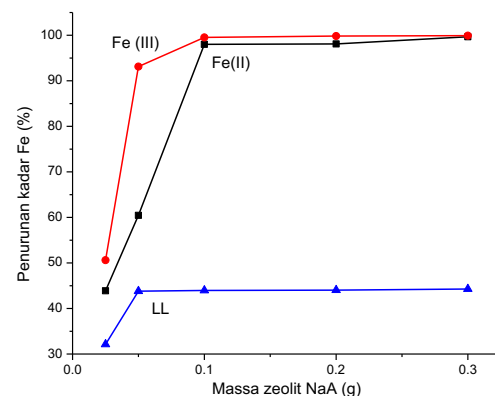
Setelah proses adsorpsi pada larutan limbah cair deposit laboratorium (LL) maupun limbah cair artifisial diperoleh warna larutan yang lebih bening (Gambar 4a dan 4b).



Gambar 3 Larutan sebelum dan setelah adsorpsi pada kondisi optimum (a)LL dan (b) FeSO_4

Larutan setelah adsorpsi LL terlihat lebih berwarna kekuningan, sedangkan larutan setelah adsorpsi limbah artifisial berwarna lebih bersih dan bening. Hal ini terjadi karena LL bersifat kompleks dimana kandungan limbah tidak hanya terdiri dari logam Fe namun juga terdapat logam berat lainnya dan juga senyawa organik.

Pada limbah artifisial Fe(II) dan Fe(III) penambahan massa adsorben akan meningkatkan jumlah logam Fe yang teradsorpsi ditandai dengan naiknya grafik penurunan kadar Fe. Adsorpsi di atas massa 0.1 g menunjukkan sangat sedikit penurunan kadar logam Fe karena hampir semua logam Fe telah terserap ke dalam adsorben. Hal ini menandakan bahwa untuk kadar logam Fe(II) awal 63.51 ppm dan Fe(III) awal 73.68 ppm dapat diserap dengan efisiensi adsorpsi 97.96 dan 99.34% oleh 0.1 g zeolit NaA.



Gambar 4 Grafik penurunan kadar Fe dengan variasi massa adsorben

Dengan demikian diperoleh kapasitas adsorpsi zeolite NaA pada Fe(II) adalah 16.00 mg/g, sedangkan pada Fe(III) sebesar 18.33 mg/g. Muatan positif yang lebih banyak pada Fe(III) menjadikan elektron lebih tertarik ke inti atom sehingga ukuran jari-jari ion menjadi lebih kecil. Ukuran partikel ion yang lebih kecil ini memungkinkan difusi ke dalam pori adsorben lebih baik disbanding dengan Fe(II) sehingga kapasitas adsorpsi meningkat.

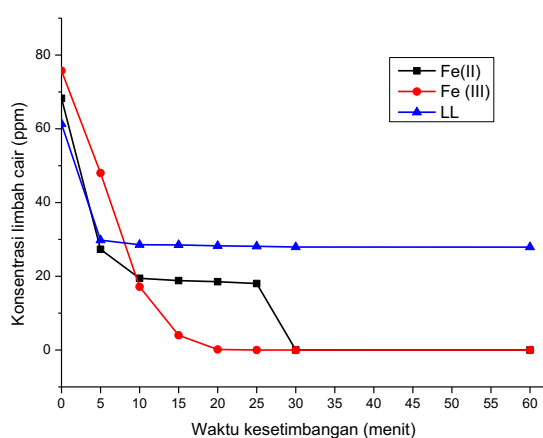
Pada limbah cair deposit laboratorium (LL), kapasitas adsorpsi hanya sebesar 6.50 mg/g dengan efisiensi 43.96% pada massa adsorben 0.5 g. Penambahan massa adsorben lebih lanjut tidak memperlihatkan naiknya jumlah logam Fe yang terserap. Hal ini disebabkan karena LL bersifat kompleks sehingga kotoran maupun adsorbat logam lain bersaing dalam difusi ke situs aktif dan pori adsorben. Selain itu diduga terjadi kerusakan struktur adsorben oleh bahan organik dalam limbah cair sehingga adsorpsi tidak berlangsung secara optimal walaupun dilakukan penambahan massa.

Tabel 3 Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Parameter	Jenis Limbah Cair Laboratorium		
	Fe(II)	Fe(III)	LL
Konsentrasi Awal (ppm)	63.51	73.68	59.16
Konsentrasi Akhir (ppm)	1.29	0.34	33.15
Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	16.00	18.33	6.50
Efisiensi Adsorpsi (%)	97.96	99.34	43.96

3.4 Waktu Kesetimbangan

Waktu kesetimbangan adsorpsi ditampilkan pada Gambar 5. Antara ketiga jenis limbah yaitu limbah artifisial Fe(II), Fe(III), dan LL terlihat perbedaan pola waktu kesetimbangan.



Gambar 5 Grafik waktu kesetimbangan adsorpsi

Pada Fe(II) di menit awal sampai menit ke-10 terjadi pengurangan konsentrasi yang cukup signifikan. Kemudian antara menit ke-10-25 penambahan jumlah Fe yang teradsorpsi sangat kecil. Penurunan konsentrasi berikutnya terjadi di menit ke 25-30 kemudian sampai menit 60 hampir tidak ada penyerapan Fe karena jumlah logam Fe dalam limbah sudah mendekati nol. Sedangkan untuk logam Fe(III) pola waktu kesetimbangan terlihat tajam di menit awal sampai menit 10, kemudian grafik melandai di menit berikutnya sampai ke menit 20. Setelah menit 20 grafik mendatar menunjukkan telah terjadi kesetimbangan adsorpsi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa waktu kesetimbangan limbah cair artifisial adalah 30 menit untuk Fe(II) dan 20 untuk Fe(III). Limbah cair LL menunjukkan waktu kesetimbangan adsorpsi yang sangat cepat yaitu pada waktu menit ke-10. Setelah itu sangat sedikit penurunan konsentrasi logam Fe yang terukur. Fenomena ini menandakan penyerapan LL dengan komposisi yang

kompleks sangat cepat membuat adsorben menjadi jenuh sehingga tidak dapat lagi menyerap logam dalam limbah.

KESIMPULAN

Zeolit NaA berbahan baku kaolin sebagai alternatif adsorben logam berat dalam limbah cair laboratorium telah berhasil disintesis dalam skala laboratorium dengan efisiensi 117.61%. Proses adsorpsi logam Fe dalam limbah cair laboratorium dipengaruhi oleh pH, jenis limbah, massa adsorben dan waktu kontak. Adsorpsi logam Fe(II) maupun Fe(III) dapat berlangsung optimum pada pH 3. Adsorben yang digunakan sangat baik digunakan pada limbah cair artifisial dengan nilai kapasitas adsorpsi masing-masing 16.00 mg/g pada Fe(II) dan 18.33 mg/g pada Fe(III). Sedangkan pada limbah deposit laboratorium (LL) diperoleh kapasitas adsorpsi logam Fe yang lebih rendah yaitu 6.50 mg/g/ dengan persentase penurunan kadar sebesar 43.96%. Hal ini disebabkan karena pada LL terdapat adsorbat lain yang bersaing untuk dapat berikatan pada situs aktif dan berdifusi pada pori zeolit. Dari ketiga jenis limbah terjadi perbedaan waktu kesetimbangan yaitu 30 menit pada Fe(II), 20 menit pada Fe (III), dan hanya 10 menit pada LL.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El Maksod, Islam Hamdy, Elham A. Elzharany, Samia A. Kosa, and Eman Z. Hegazy. 2016. "Simulation Program for Zeolite A and X with an Active Carbon Composite as an Effective Adsorbent for Organic and Inorganic Pollutants." *Microporous and Mesoporous Materials* 224:89–94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.11.020>.
- Ali, Ibraheem O. et al. 2015. "Controllable Synthesis of NaP Zeolite and Its Application in Calcium Adsorption." *Science China Materials* 58(8): 621–33.
- Arifiyana, Djamilah, and Vika Ayu Devianti. 2020. "Biosorpsi Logam Besi (Fe) Dalam Media Limbah Cair Artifisial Menggunakan Adsorben Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata)." *Jurnal Kimia Riset* 5(1): 1.
- Basaldella, Elena I., Patricia G. Vázquez, Fabio Iucolano, and Domenico Caputo. 2007. "Chromium Removal

- from Water Using LTA Zeolites: Effect of PH.” *Journal of Colloid and Interface Science* 313(2): 574–78.
- Gougazeh, Mousa, and J. Ch Buhl. 2014. “Synthesis and Characterization of Zeolite A by Hydrothermal Transformation of Natural Jordanian Kaolin.” *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences* 15(1): 35–42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaubas.2013.03.007>.
- Jiang, Zhouqing et al. 2016. “Synthesis of Pure NaA Zeolites from Coal Fly Ashes for Ammonium Removal from Aqueous Solutions.” *Clean Technologies and Environmental Policy* 18(3): 629–37.
- Ketsela, Getasew, Zenaw Animen, and Alemu Talema. 2020. “Adsorption of Lead (II), Cobalt (II) and Iron (II) From Aqueous Solution by Activated Carbon Prepared From White Lupine (GIBITO) HUSK.” *Journal of Thermodynamics and Catalysis* 11(2): 1–8.
- Lobo-Recio, María Ángeles et al. 2021. “Highly Efficient Removal of Aluminum, Iron, and Manganese Ions Using Linde Type-A Zeolite Obtained from Hazardous Waste.” *Chemosphere* 267: 128919.
- Loiola, A. R., J. C.R.A. Andrade, J. M. Sasaki, and L. R.D. da Silva. 2012. “Structural Analysis of Zeolite NaA Synthesized by a Cost-Effective Hydrothermal Method Using Kaolin and Its Use as Water Softener.” *Journal of Colloid and Interface Science* 367(1):34–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2010.11.026>
- Mustafa, Yasmien A., and Maysoon J. Zaiter. 2011. “Treatment of Radioactive Liquid Waste (Co-60) by Sorption on Zeolite Na-A Prepared from Iraqi Kaolin.” *Journal of Hazardous Materials* 196: 228–33.
- Oktasari. 2017. “Adsorpsi Ion Logam Fe Dalam Limbah Air Asam Tambang Sintetis Menggunakan Metode Batch.” <http://repository.um-palembang.ac.id/id/eprint/2516>.
- Prokof'Ev, V. Yu, N. E. Gordina, and A. M. Efremov. 2013. “Synthesis of Type A Zeolite from Mechanoactivated Metakaolin Mixtures.” *Journal of Materials Science* 48(18): 6276–85.
- Selim, Mohamed M. et al. 2017. “Preparation and Characterization of Na-A Zeolite from Aluminum Scrub and Commercial Sodium Silicate for the Removal of Cd²⁺ from Water.” *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences* 24: 19–25.
- Su, Shuangqing, Hongwen Ma, and Xiuyun Chuan. 2016. “Hydrothermal Synthesis of Zeolite A from K-Feldspar and Its Crystallization Mechanism.” *Advanced Powder Technology* 27(1): 139–44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apt.2015.11.011>.
- Zhang, X., G. Sun, and R. Yang. 2017. “Synthesis of Zeolite NaA at Low Temperatures: Characterization, Cobalt Exchange and Enhanced Catalytic Activity of Styrene Epoxidation.” *Petroleum Chemistry* 57(12): 1093–98.
- Zuryati, Ulul Khairi et al. 2020. “Efficient and Sustainable Synthesis of Zeolite NaA from Bangka Kaolin: A Study of Reused Filtrate as Partial Nutrients for the next Synthesis.” *AIP Conference Proceedings* 2197.

Pengembangan Kinerja *Muffle Furnace* Berbasis *Internet of Things (IoT)* di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis

Yeni Indrawati¹, Ramdani², Nofriati³

¹Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis Fakultas Teknik Universitas Riau,
²Laboratorium Dasar Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau, ³Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau

Email: yeni.indrawati@staff.unri.ac.id, ramdani@staff.unri.ac.id

Abstrak

Pengembangan kinerja muffle furnace berbasis IoT dilakukan untuk efisiensi waktu dan tenaga dalam pengoperasian serta pengawasan. Kebaruan penelitian ini yaitu pengoperasian muffle furnace merk thermolyne dari jarak jauh menggunakan smartphone android. Penelitian dilakukan karena terbatasnya waktu bagi PLP dalam pengoperasian dan pengawasan dengan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan merancang alat pengendali muffle furnace dengan implementasi IoT agar bisa mengendalikan pengoperasiannya dari jarak jauh menggunakan smartphone android. Penelitian menggunakan metode eksperimen dan analisa data secara deskriptif. Dilakukan perancangan software dan hardware menggunakan PLC dan HMI sebagai monitor dan kendali, pemograman dan simulasi dengan tampilan menu layout pada panel kendali dan smartphone android. Hardware dirakit dalam panel kendali dengan tombol setting touch screen. Pemasangan sensor thermokopel untuk menghubungkan dengan muffle furnace, menginstall aplikasi cloud pada smartphone android berfungsi sebagai pengendali jarak jauh. Dilakukan uji coba suhu 300°C, 400°C, 500°C, dan 600°C, diamati suhu sensor thermokopel dan panel kendali bergerak sama, pengendalian jarak jauh menggunakan smartphone android dilakukan meliputi on/off, pengaturan suhu, waktu dan alarm jika suhu operasional tidak sesuai pengaturan. Dari pengamatan, pengoperasian muffle furnace bisa dilakukan dan sesuai dengan pengaturan yang diinginkan baik secara manual maupun jarak jauh menggunakan smartphone android dan bisa diaplikasikan untuk kegiatan dilaboratorium.

Kata Kunci: *muffle furnace, IoT, PLC, HMI, laboratorium*

Abstract

The development of muffle furnace IoT-based performance is done for time and energy efficiency in operation and supervision. The novelty of this research is thermolyne muffle furnace operation from afar by using android smartphone. The research was done due to the limited time for PLP in operating and supervising in a long time. This research is purposed to design a muffle furnace controller with IoT implementation in order to control muffle furnace operation from afar by using android smartphone. This research used experiment and analytical data methods in descriptive. Software and hardware are planned by using PLC and HMI as monitor and control, programming and simulation with menu layout display on control panel and android smartphone. Hardware assembly in a control panel with touch screen setting button. The installation of thermocouple sensor to

connect with muffle furnace, installing cloud application on android smartphone as remote control. Tests were done at temperatures 300°C, 400°C, 500°C, and 600°C observed that the temperature of thermocouple sensor and control panel are moving the same, the remote control using an android smartphone was done including on/off, time and temperature settings and alarm if the operating temperature does not match the original setting. From the observations, muffle furnace operation can be done in accordance with customized settings manually and remotely by using an android smartphone and it can be applied to laboratory activities.

Keywords: *muffle furnace, IoT, PLC, HMI, laboratory*

PENDAHULUAN

Muffle furnace merupakan salah satu alat penting yang digunakan dilaboratorium, dimana pemakaiannya dalam jangka waktu yang relatif lama dengan suhu tinggi. Berfungsi sebagai pemanas dengan akurasi yang terjaga, suhu dan waktu dapat diatur secara otomatis serta dimonitor melalui LCD (Suprastiyo, 2016). Bagian dalamnya berupa ruangan yang bersekat yang dapat dipanaskan hingga suhu tertentu. Dalam hal ini bahan, subjek dan semua produk pembakaran termasuk gas dan abu terisolasi dari bahan bakar. Suhu pengoperasian *muffle furnace* mulai dari 300°C sampai diatas suhu 1000°C. Dilaboratorium biasanya diaplikasikan untuk gravimetrik

(www.solusilaboratorium.mixsite.com, 24 April 2021.08.02). Dalam pengoperasiannya dibutuhkan pengawasan yang ekstra dan terus menerus. Selama ini pengoperasian dan pengawasan *muffle furnace* dilakukan secara manual, dengan bersentuhan langsung terhadap alat. Kegiatan ini tentunya menyita waktu dan tenaga dimasa pandemi dan padatnya jadwal pengawasan yang juga dilakukan secara bersamaan oleh seorang Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP). Menurut Subianto (2016) perkembangan teknologi akhir-akhir ini cukup pesat dalam berbagai aspek kehidupan, sehingga manusia sebagai pengguna harus mampu memanfaatkan teknologi yang berkembang saat ini. Bisa mempermudah pekerjaan dengan proses lebih cepat dan efisiensi dalam hal waktu maupun tenaga. Salah satu teknologi yang berkembang ialah dibidang pengontrolan

dengan sistem kendali jarak jauh (Hartadi dkk, 2020). Sistem kendali jarak jauh saat ini lebih sering menggunakan istilah berbasis *Internet of Things (IoT)* merupakan konsep komputasi tentang objek sehari-hari yang terhubung ke internet dan mampu mengidentifikasi diri ke perangkat lain. Menurut *RFID (Radio Frekuensi Identifikasi)* istilah *IoT* tergolong dalam metode komunikasi, meskipun *IoT* juga dapat mencakup teknologi sensor lainnya, teknologi nirkabel atau kode *QR (Quick Response)*. Secara prinsip, istilah *IoT* terdiri dari dua bagian utama yaitu “internet” yang mengatur konektivitas dan “Things” yang berarti objek atau perangkat. (Baharsyah, 2019). Banyak peralatan listrik yang bisa menggunakan sistem kendali berbasis *IoT*, salah satu nya diterapkan pada *muffle furnace* yang berada di laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau. *Muffle furnace* dengan merk *Thermolyne* seperti terlihat pada Gambar 1, sudah dioperasikan lebih kurang 20 tahun secara manual dan merupakan peralatan sangat penting di laboratorium. Sehingga perlu dilakukan pengembangan terhadap alat ini dengan mengimplementasikan teknologi berbasis *IoT* agar bisa melakukan kendali pengoperasian *muffle furnace* secara manual maupun jarak jauh. Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan pengembangan kinerja *muffle furnace* untuk memudahkan pengoperasian dan pengawasannya. Adapun rincian tujuan penelitian ini adalah merancang alat pengendali suhu yang terkontrol dan dipasang pada *muffle furnace* dengan implementasi *IoT*

pada peralatan laboratorium dan mengendalikan pengoperasian *muffle furnace* dari jarak jauh menggunakan perangkat komputer atau *smartphone android* dengan memanfaatkan koneksi internet.



Gambar 1. Muffle furnace

METODE PENELITIAN

Ditinjau dari penggunaannya, maka penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan dimana tujuan pokoknya adalah meningkatkan kinerja alat, sedangkan ditinjau dari metodenya maka jenis penelitian ini adalah eksperimental karena dilakukan pemasangan alat tambahan dan beberapa kali percobaan dengan memasukkan variabel suhu. adapun riset aksi yang dilakukan berupa perancangan alat, penentuan *layout*, konektifitas, melakukan pengujian, pengambilan data hingga membuat kesimpulan.

Bahan habis pakai

Pada penelitian ini tidak menggunakan bahan.

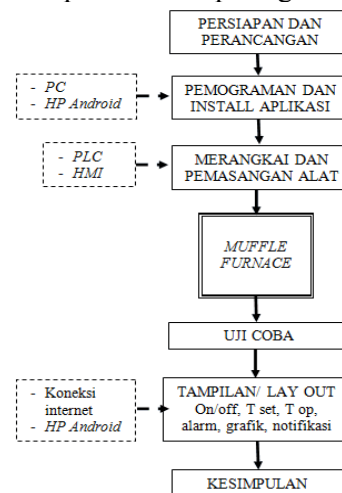
Instrumentasi

Instrumentasi yang digunakan adalah *muffle furnace* merk *thermolyne*, *PLC* (*Programmable Logic Controller*), *HMI* (*Human Machine Interface*), *smartphone android*, koneksi internet dan perangkat penunjang berupa kabel, tespen, *cutter*, gunting dan isolasi.

Metode Pengerjaan

Metode yang digunakan mengacu kepada Subianto (2016) meliputi Persiapan dan perancangan peralatan dengan pemilihan

interface yang sesuai yaitu menggunakan *PLC* dan *HMI* merk Haiwell dengan pemrograman dan menginstal aplikasi. Selanjutnya dilakukan perakitan serta pemasangan. Penentuan *layout* berupa tombol *on/off*, suhu operasional, suhu kontrol, waktu dan notifikasi jika melebihi settingan. Dilakukan uji coba dengan variasi suhu (300°C, 400°C, 500°C dan 600°C) dan waktu 10 menit pada tiap tiap suhu. Rangkaian ini selanjutnya di koneksikan dengan alat utama *muffle furnace* untuk dilakukan uji coba secara manual melalui panel kontrol dan dengan jarak jauh melalui *smartphone android*, dengan alur penelitian seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart metode pengerjaan pengembangan kinerja *muffle furnace* berbasis *IoT*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan pemasangan

A. Perancangan

Pengembangan kinerja *muffle furnace* berbasis *IoT* ini adalah desain baru dengan menambahkan perangkat lain pada *muffle furnace* yang selama ini sudah ada dan beroperasi secara manual. Perancangan meliputi *software* dan *hardware* serta pemilihan menu *layout* pada panel kendali dan *smartphone android*.

B. Pemrograman dan simulasi *software*

Dalam perancangan ini menggunakan *PLC* dan *HMI* sebagai monitor dan kendali. Syufrijal (2017) menyatakan *PLC* merupakan suatu pengendali yang dapat diprogram yang bekerja secara digital berdasarkan logika menurut algoritma yang diprogramkan padanya sehingga dapat mengendalikan

proses. Pemrograman yang dilakukan disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Pemrograman dan simulasi software

C. Perakitan hardware

PLC dan HMI didesain dalam sebuah box/panel kendali seperti terlihat pada gambar 4 yang dilengkapi dengan kunci box/panel, lampu indikator power, kunci run/stop, lampu indikator run/stop. Selain itu yang utama yaitu layar/monitor dan tombol setting (touch screen) yang selanjutnya disebut sebagai panel kendali. Panel kendali ini diletakkan berdekatan dengan alat muffle furnace seperti pada gambar 5.



Gambar 4. Perakitan hardware



Gambar 5. Muffle furnace dan panel kendali

D. Pemasangan sensor termokopel

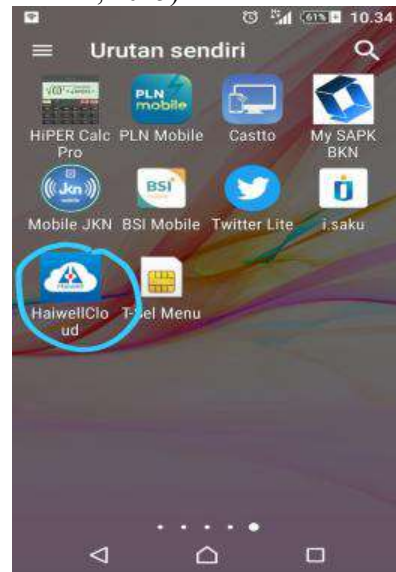
Gambar 6. merupakan pemasangan sensor termokopel dilakukan untuk menghubungkan antara panel kendali dengan muffle furnace.



Gambar 6. Pemasangan sensor termokopel

E. Menginstall aplikasi pada smartphone android

Selain panel kendali, untuk mengendalikan pengoperasian muffle furnace juga dilengkapi dengan smartphone android berfungsi untuk mengendalikan pengoperasian muffle furnace dari jarak jauh yang terhubung dengan koneksi internet. Smartphone android digunakan karena memiliki operating system(OS) yang merupakan kombinasi fitur Personal Computer (PC) (Syahputra, 2018 dan (Adrianto, 2015)

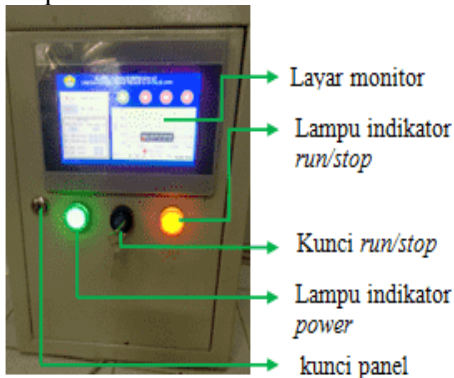


Gambar 7. Aplikasi Cloud pada layar smartphone android

Selain itu menurut Hartadi dkk (2020) android juga telah mengusung teknologi iOS yang dibuat open source dan memiliki banyak custom room sehingga bisa digunakan untuk berbagai aplikasi, salah satunya untuk aplikasi cloud yang digunakan pada perancangan ini seperti terlihat pada gambar 7.

Uji Coba dan Pengamatan

Gambar 8 menampilkan panel kendali yang telah dirakit, dilengkapi dengan alarm suara “tak” disaat suhu mendekati angka yang disetting dan berhenti saat suhu tercapai. Adanya kunci *run/stop* bisa mengontrol pemakaian *muffle furnace*, apabila panel kendali terkunci, maka secara otomatis *muffle furnace* tidak bisa dioperasikan.



Gambar 8. Panel kendali

Selanjutnya dilakukan pemasangan sensor pembacaan termokopel pada *muffle furnace* dan pengaturan suhu melalui layar sentuh (*touch screen*) yang terdapat pada panel kendali. Pada saat pengaturan suhu, terlihat pembacaan sensortermokopel sama dan mengikuti panel kendali seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Settingan panel kendali

Uji coba dilakukan dimulai suhu 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C. Diamati pembacaan pada sensor termokopel yang terdapat pada *muffle furnace* perlahan naik ke suhu yang disetting begitu juga pada panel kendali terjadi pergerakan suhu yang sama disertai dengan perubahan grafik suhu pada monitor panel kendali dan layar *smartphone android* seperti terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pembacaan suhu *muffle furnace* melalui panel kendali dan *smartphone android*

Pembacaan suhu settingan dan suhu operasional pada panel kendali dan *smartphone android* dalam waktu 10 menit pada tiap-tiap suhu tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pembacaan suhu *muffle furnace* dari panel kendali dan *smartphone android*

Suhu settingan (°C)	Pembacaan panel kontrol (°C)	Pembacaan <i>smartphone android</i> (°C)
300	301	301
400	400	400
500	502	502
600	601	601

KESIMPULAN

Dari penelitian ini diambil kesimpulan bahwa Perancangan alat pengendali pengoperasian *muffle furnace* berbasis *IoT* dengan penambahan perangkat panel kendali pada alat dan aplikasi *cloud* pada *smartphone android* dapat di Implementasi di laboratorium sehingga ada efisiensi waktu dan tenaga, yang bisa dioperasikan secara manual dan dari jarak jauh berbasis *IoT* dengan koneksi internet menggunakan *smartphone android* dengan menunjukkan kesamaan hasil pembacaan pada sensor *muffle furnace*.

Disarankan untuk pengembangan lebih lanjut menggunakan jenis termokontroller tipe lain yang mendukung komunikasi serial MODBUS RTU dan perlu dibuatkan program tersendiri, dan untuk mengoptimalkan kinerja alat harus didukung oleh jaringan internet yang baik

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi selaku penyedia dana melalui Program PP-PLP tahun 2021, Direktur Sumber Daya KemdikbudRistek Bpk. Mohammad Sofwan Effendi, Tim Pendamping/Pembimbing Program PP-PLP, Tim Program PP-PLP tahun 2021 dari Sumber Daya KemdikbudRistek yang banyak membantu urusan teknis proposal dan pelaporan, Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis yang telah memberi izin untuk melakukan penelitian, rekan-rekan PLP Universitas Riau, dan semua pihak yang telah membantu dalam melakukan penelitian dan penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, A. Susanto, Aplikasi Pengontrol Jarak Jauh Pada Lampu Rumah Berbasis Android, Prosiding SNATIF ke-2 Tahun 2015 , ISBN978-602-1180-21-1, pp 41-420
- Baharsyah, A.N, Pengertian *Internet of Things*(2013), *Hosting Techno Update*, 26 Agustus 2019
- Hartadi, A.P, Lumenta, A.S.M, Rumanggit, A.M. (2020), Perancangan Sistem Kendali Penerangan dan Peralatan Listrik Melalui Media Nirkabel HC-05 Berbasis Android, Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Sam Ratulangi, Vol.-, No-,pp.-
- Khoirudin, Firman, L.O.M, Optimasi Desain Pada Dinding *Furnace* Dengan Temperatur Kerja 1000°C, Jurnal Kajian Teknik Mesin, Vol. 3, No. 1, pp 1-8, Universitas Pancasila, April 2018
- Subianto, M, Prototipe Sistem Kontrol JarakJauh Beberapa Alat Pendingin Ruang Berbasis Raspberry PI, Jurnal Kinetik, Vol. 1, No. 3, pp 163-172, Universitas Ma Chung (2016).
- Suprastiyo.H, Tjahjanti, P.H, Pembuatan *Electric Furnace* Berbasis Mikrokontroler, Jurnal Rekayasa Energi Manufacturing, Vol.1, No. 2, 2016, ISSN2527-5674.
- Syahputra, Z.A, Aplikasi Kontrol Lampu Berbasis Android, Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi dan

Komputer, Vol.1, No.1, Universitas Kuantan Singingi (2018)

Syufriзал, Aplikasi *PLC* pada *Crane* Berbasis Scada, Jurnal *Autocrazy*, Vol.4, No.2, pp 122-129, Universitas Negri Jakarta (2017)

www.solusilaboratorium.mixsite.com diakses tanggal 24 April 2021, jam 08.02.

Rancang Bangun *Mini Laminar Airflow Cabinet* sebagai Penunjang Kegiatan di Laboratorium yang Membutuhkan Kondisi Aseptik

Yenni Putri Sari^{1)*}, Sajarudin^{2)*}

Laboratorium Perikanan Program Studi Ilmu Kelautan,
Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu
Email: yenniputrisari@unib.ac.id

Abstrak

Penyediaan laminar airflow cabinet di laboratorium sering kali mengalami kendala karena harga alat yang masih mahal, sehingga praktikum dan penelitian yang memerlukan kondisi aseptik atau steril tidak dapat dilakukan secara optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan pembuatan mini laminar airflow (MLAF) cabinet sebagai alat alternatif pengganti laminar airflow cabinet konvensional dengan ukuran yang relatif kecil, mudah dibuat dan biaya murah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat MLAF agar dapat menunjang kegiatan di laboratorium yang membutuhkan kondisi aseptik. Pengujian dalam penelitian ini secara observasi, kuesioner (angket) dan dokumentasi. Analisa data kuesioner menggunakan skala likert. Hasil pengujian menunjukkan bahwa MLAF dapat memberikan ruang kerja yang steril, sedangkan uji coba penggunaan MLAF pada tingkat kebisingan berkisar 88.96%, tingkat keleluasaan pergerakan tangan 82.50%, bagian-bagian MLAF 88.54%, dan tingkat kelayakan MLAF mencapai 88.75% atau kategori layak tanpa revisi. MLAF layak digunakan pada kegiatan laboratorium yang membutuhkan kondisi aseptik.

Kata Kunci: *Mini Laminar Air Flow (MLAF), aseptik*

Abstract

Laminar airflow cabinets have been used extensively in laboratories to provide an environment free from microorganisms with excellent and consistent results. The high cost is one of the factors in providing a laminar airflow cabinet. Therefore an alternative tool replacement of laminar airflow conventional is needed with a similar function. This study aimed to design and make a mini laminar airflow cabinet (MLAF). The experiments were taken by interview and observation data using questionnaires. Analysis of the questioner data used by likert scale. The result showed that mini laminar airflow (MLAF) effectively provided a sterile workplace with the high efficacy of laminar airflow plus HEPA filtration and a high air-change rate. The mean result of the questionnaire value for respondents was up to 82.50% that the efficiency of MLAF was supporting any activity in the laboratory which needed a sterile condition.

Keywords: *Mini Laminar Air Flow (MLAF), aseptik*

PENDAHULUAN

Kondisi aseptik atau steril merupakan suatu kondisi bebas kontaminasi dari mikroorganisme maupun partikel yang melayang bebas di udara. Kondisi steril pada kegiatan di Laboratorium sangat dibutuhkan untuk menunjang kegiatan praktikum, dan penelitian. Secara teknis aseptis

merupakan suatu sistem dalam mempertahankan kondisi sterilitas dan mencegah terjadinya kontaminasi. Ruang kerja yang dapat memberikan kondisi aseptis biasa disebut dengan *laminar air flow cabinet* atau *laminar*. *Laminar* dalam kegiatan praktikum ataupun penelitian akan memberikan

perlindungan kontaminasi pada objek atau produk yang sedang dikerjakan. *Laminar airflow* dapat mengurangi resiko kegagalan akibat kontaminasi dan dapat menjamin keselamatan pengguna saat bekerja (Harjanto & Raharjo, 2017). Banyak kegiatan penelitian ataupun praktikum yang membutuhkan *laminar airflow cabinet* seperti: persiapan media kultur mikroorganisme, inokulasi bakteri, penyediaan bahan yang steril, preparasi dan persiapan ekstraksi gen, serta banyak lagi kegiatan lainnya yang membutuhkan kondisi bebas kontaminan yang berasal dari udara. Menurut Labnusantra (2019), prinsip laminar yaitu mengalirkan udara kedalam ruang kerja melalui dua filter yaitu pre-filter yang berfungsi menyaring udara yang masuk dengan partikel berukuran lebih dari 0,5 mm dan kemudian menuju HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*) untuk mencegah masuknya partikel yang berukuran lebih dari 0,3 mm sehingga menghasilkan udara yang steril di dalam ruang kerja. Pengujian yang perlu dilakukan untuk memastikan MLAF layak digunakan dan dapat menyediakan kondisi yang aseptis, yaitu a) uji aliran udara, b) uji kontaminasi, c) uji radiasi UV, dan d) uji coba penggunaan MLAF.

Penyediaan laminar *airflow cabinet* di laboratorium sering kali mengalami kendala karena harga alat yang masih mahal sehingga praktikum ataupun penelitian yang memerlukan kondisi yang aseptik atau steril tidak dapat dilakukan secara optimal. Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat alat mini laminar *airflow cabinet* (MLAF) sebagai alat alternatif pengganti laminar *airflow cabinet* konvensional dalam kegiatan praktikum dan penelitian yang memerlukan ruang kerja bebas kontaminasi dengan ukuran yang relatif kecil, serta dapat dibuat dengan mudah dan biaya murah.

METODE

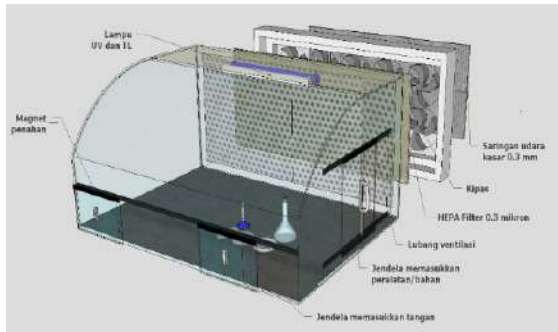
Metode mencakup uraian dan penjelasan sebagai berikut : Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan membuat dan menguji coba. Analisis data yang dilakukan yaitu analisis deskriptif dan kuantitatif yang diambil dari hasil pengisian kuesioner oleh responden. Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisa hasil data yang didapatkan dari uji aliran udara, uji kontaminasi, dan uji radiasi UV. Sedangkan analisis kuantitatif menggunakan uji skala likert dilakukan untuk menganalisa hasil data berdasarkan kuesioner

(Pranatawijaya et al., 2019), hasil data yang diperoleh dari uji coba penggunaan MLAF.

2.1. Pembuatan Rancang Bangun Mini Laminar Airflow (MLAF) Cabinet

Adapun bagian – bagian dari MLAF dapat dilihat pada gambar .1 dan beberapa tahapan dalam pembuatan rancang bangun mini laminar air flow (MLAF) yaitu sebagai berikut:

1. Akrilik transparan dengan ketebalan 4 mm dipotong - potong sesuai dengan ukuran MLAF yang akan dibentuk yaitu 700 x 572 x 350 mm
2. Pembentukan sisi depan MLAF dibuat melengkung dan terdapat dua lubang utilitas ukuran 150 x 100 mm untuk memasukkan tangan atau peralatan yang berukuran kecil dengan dilengkapi penutup yang direkatkan magnet.
3. Pada bagian samping MLAF dilengkapi dengan lubang utilitas ukuran 200 x 150 mm untuk memasukkan bahan atau peralatan yang memiliki ukuran lebih besar
4. Aluminium 0.4 mm ukuran 700 x 572 mm direkatkan pada akrilik bagian bawah sebagai alas kerja MLAF
5. Pada sisi belakang MLAF diberi pori / celah sebelum HEPA untuk melindungi HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) dari percikan bahan cair yang dapat merusak atau mengurangi efektifitas HEPA
6. Sistem penyaring udara diletakkan pada bagian belakang MLAF yang terdiri dari saringan / celah, HEPA dengan pori 0.3 μ m ukuran 345 x 295 x 40 mm sebanyak 2 buah, kipas DC 12V 12 cm sebanyak 10 buah, dan prefilter 50 μ l yang berukuran 300 x 300 mm sebanyak 2 buah.
7. Bagian atas dalam MLAF dipasang lampu TL 9 watt 60 cm yang berfungsi untuk memberikan penerangan saat bekerja dan lampu UV 20 watt ukuran 60 cm berfungsi untuk melakukan sterilisasi sebelum dan setelah MLAF digunakan, serta dilengkapi dengan tutup kain anti UV untuk mencegah lepasnya radiasi UV dari dalam MLAF ke lingkungan saat dilakukan sterilisasi.



Gambar 1. Komponen *mini laminar airflow* (MLAF) cabinet

2.2 Pengujian MLAF

Pengujian MLAF dilakukan untuk memastikan bahwa MLAF tersebut dapat memberikan ruangan yang aseptik selama kegiatan berlangsung. Berikut ini empat pengujian yang dilakukan yaitu uji aliran udara, uji kontaminasi, uji radiasi UV, dan uji coba penggunaan MLAF. (a) uji aliran udara dilakukan dengan cara memasukkan asap didalam dan diluar MLAF, (b) uji kontaminasi dengan menggunakan 10 petridish yang telah berisi media agar disebar di dalam ruang kerja MLAF baik dalam keadaan MLAF mati dan menyala serta pintu MLAF terbuka maupun tertutup. Selanjutnya (c) uji radiasi UV dengan menggunakan UV light meter, pengujian terakhir yaitu (d) uji coba penggunaan MLAF dilakukan dengan melibatkan mahasiswa sebagai responden untuk memberikan penilaian terhadap MLAF yang meliputi beberapa parameter pada kuesioner yang telah di siapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang bangun *mini laminar airflow* (MLAF) merupakan alat alternatif penyelesaian masalah dalam penyediaan *laminar airflow* pada suatu instansi atau lembaga. Menurut Harjanto dan Raharjo (2019) bahwa *laminar airflow* dapat menunjang keberhasilan dalam kegiatan inokulasi yang dilakukan oleh mahasiswa untuk menyelesaikan penelitiannya. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian ini terkait

penggunaan *laminar airflow* dalam praktikum mikrobiologi yang membutuhkan kondisi aseptik pada ruangan kerja, alat dan media dalam menginokulasi mikroorganisme. Setelah melalui perakitan alat dan pengujian pada MLAF maka dihasilkan alat yang mampu menghasilkan kondisi aseptik, terbukti dari hasil pengujian sebagai berikut :

a. Uji aliran udara

Aliran udara di dalam MLAF bergerak satu arah keluar melalui lubang utilitas serta udara dari luar tidak dapat masuk ke dalam ruang kerja, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2. Hal ini menunjukkan bahwa udara yang dihasilkan dari kipas tidak terjadi turbulensi sehingga udara yang dihasilkan keluar melalui lubang utilitas.



Gambar 2. Uji aliran udara

b. Uji Kontaminasi

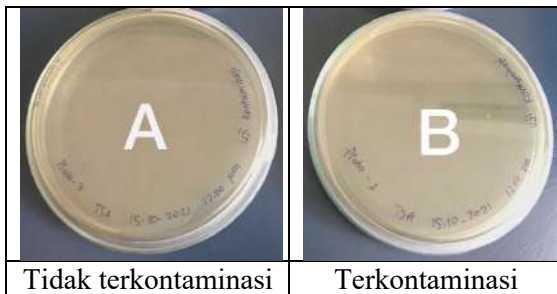
Hasil uji kontaminasi dapat dilihat pada table 1 bahwa didapatkan sebanyak 3 *petridish* terbuka dalam MLAF kondisi mati dengan pintu terbuka, 6 *petridish* terbuka dalam MLAF kondisi mati dengan pintu tertutup terjadi kontaminasi, dan untuk 10 *petridish* terbuka dalam MLAF kondisi hidup dengan pintu terbuka dan tertutup tidak terjadi kontaminasi. Sedangkan untuk kontrol positif 100% *petridish* terkontaminasi dan 0% *petridish* tidak terkontaminasi pada kontrol negatif.

Tabel 1. Uji Kontaminasi pada MLAF

Uraian	% Kontaminasi	Keterangan
<i>Petridish</i> terbuka diluar MLAF (Positif kontrol)	100%	Terkontaminasi
<i>Petridish</i> tertutup diluar MLAF (Negatif kontrol)	0%	Tidak Terkontaminasi
<i>Petridish</i> terbuka dalam MLAF kondisi mati dengan pintu terbuka	30%	Terdapat 3 <i>petridish</i> yang terkontaminasi
<i>Petridish</i> terbuka dalam MLAF kondisi mati dengan pintu tertutup	60%	Terdapat 6 <i>petridish</i> yang terkontaminasi

<i>Petridish</i> terbuka dalam MLAF kondisi menyala dengan pintu terbuka	0%	Tidak Terkontaminasi
<i>Petridish</i> terbuka dalam MLAF kondisi menyala dengan pintu tertutup	0%	Tidak Terkontaminasi

Hasil tersebut menunjukkan efektivitas filter HEPA yang berfungsi menyaring partikel debu serta mikroorganisme yang ada di udara sebelum masuk ke ruang kerja MLAF, sehingga udara yang masuk pada ruang kerja bebas dari mikroorganisme penyebab kontaminasi. Adapun hasil pengujian yang terkontaminasi dan tidak terkontaminasi dapat dilihat pada gambar 3. *Petridish* A merupakan *petridish* yang berada pada MLAF kondisi menyala dengan pintu terbuka dan tertutup, sedangkan *petridish* B berada pada MLAF mati dengan pintu terbuka dan tertutup.



Gambar 3. Pengujian Kontaminasi MLAF pada Media Agar

c. Uji radiasi UV

UV index merupakan angka tanpa satuan yang menjelaskan tingkat berapa besar paparan

sinar UV terhadap kesehatan manusia (BMKG, 2017). Pengujian radiasi UV pada penelitian ini menghasilkan nilai $58 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ atau setiap skala UV index setara 0.0025 Wm^2 radiasi sinar UV.

d. Uji coba penggunaan MLAF

Pengujian kelayakan MLAF melibatkan 32 mahasiswa pada mata praktikum mikrobiologi, kegiatan ini dilakukan dengan menyiapkan media agar, isolasi dan inokulasi bakteri. Semua mahasiswa yang terlibat diberikan pengarahan tentang tata cara penggunaan MLAF secara aseptis dan memberikan kuesioner yang telah disiapkan. Berikut tabel 2. hasil pengujian kelayakan MLAF.



Gambar 4. Uji Coba Penggunaan MLAF

Tabel 2. Uji Coba Penggunaan MLAF

No.	Kriteria	Hasil Uji (%)	Kategori
1	Tingkat kebisingan MLAF	88,96%	Layak dan tanpa revisi
2	Tingkat keleluasaan pergerakan tangan	82,50%	Layak dan tanpa revisi
3.	Bagian -bagian pada MLAF	88,54%	Layak dan tanpa revisi
4.	Tingkat kelayakan MLAF	88,75%	Layak dan tanpa revisi

Berdasarkan data pada diatas untuk kriteria (1) tingkat kebisingan pada MLAF diperoleh 88.96% sangat setuju bahwa suara kipas dan getaran dari kotak saringan udara tidak mengganggu pengguna MLAF pada saat bekerja, hal ini menunjukkan bahwa jarak dan susunan saringan udara MLAF sudah sesuai sehingga tidak menimbulkan suara atau getaran. Pengukuran kebisingan MLAF juga di ukur

menggunakan alat *soundmeter* yang menghasilkan nilai rata-rata 56.1 dB.

Menurut Peraturan Menteri No.13/Men/X/Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) faktor fisika dan kimia di tempat kerja, bahwa NAB kebisingan sebesar 85 dB merupakan nilai yang masih dapat ditoleransi dan tidak menyebabkan gangguan kesehatan bagi pekerja. (2) Untuk tingkat keleluasaan tangan responden menilai 82,50% sangat setuju untuk ukuran lubang

utilitas dan ukuran MLAF tidak menghalangi pengguna melakukan kegiatan inokulasi, memasukkan dan mengeluarkan alat pada MLAF, ini dibuktikan tidak adanya kendala pengguna pada saat bekerja. (3) Uji coba penggunaan bagian-bagian dari MLAF mendapatkan hasil 88.54% sangat setuju bahwa pengguna dapat dengan mudah membuka dan menutup pintu utilitas, cahaya lampu TL dapat memberikan penerangan yang sangat maksimal, lengkungan bagian depan tidak menghalangi penglihatan pengguna. Bagian-bagian dari MLAF dirangkai sederhana mungkin untuk memberikan kenyamanan dan kemudahan pada saat bekerja.

Sedangkan (4) Tingkat kelayakan MLAF memperoleh hasil sebanyak 88.75% sangat setuju bahwa MLAF mudah dioperasikan dan dapat menunjang kegiatan dilaboratorium, terbukti kegiatan menginokulasi mikroorganisme pada MLAF berjalan dengan lancar, lihat pada diagram 1 uji coba penggunaan MLAF.

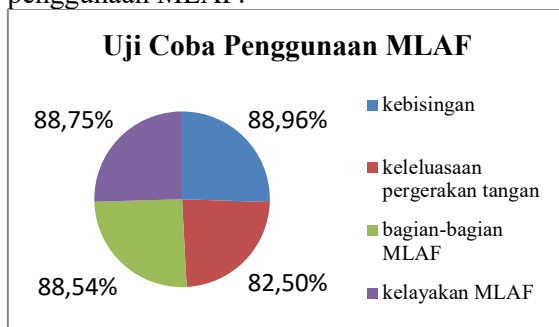


Diagram 1. Uji Coba Penggunaan MLAF

KESIMPULAN

Mini Laminar Airflow (MLAF) Cabinet dapat memberikan ruang kerja yang steril dengan ukuran yang relatif kecil, mudah dibuat dengan harga yang murah. Hal ini dibuktikan dari beberapa hasil pengujian bahwa pada aliran udara di dalam MLAF bergerak satu arah keluar melalui lubang utilitas, untuk uji kontaminasi terdapat 0% *petridish* yang tidak terkontaminasi pada saat MLAF menyala, yang lebih baik daripada MLAF pada kondisi mati sebesar 60% *petridish* terkontaminasi. Nilai radiasi UV diperoleh angka $58 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Sedangkan pada uji coba penggunaan MLAF sebanyak 32 responden memberikan penilaian >82.50% sangat setuju bahwa MLAF layak digunakan pada kegiatan laboratorium yang membutuhkan kondisi aseptik

SARAN

Meskipun MLAF sudah teruji mampu menyediakan kondisi atau ruang kerja yang steril, akan tetapi penempatan MLAF di ruang laboratorium yang cukup luas dan terbuka serta tidak dapat dikendalikan tingkat sterilitasnya dapat berpotensi terjadinya kegagalan praktikum atau penelitian. Oleh sebab itu letakkan MLAF pada ruang khusus yang terbatas untuk mengoperasikan MLAF.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika [BMKG]., 2017. Indeks Sinar Ultraviolet (UV).*Online*.<https://www.bmkg.go.id/cuaca/indeks-uv.bmkg> (akses pada tanggal 22 Oktober 2021)
- Harjanto, S., Raharjo, R., 2017. Peran Laminar Air Flow Cabinet Dalam Uji Mikroorganisme Untuk Menunjang Keselamatan Kerja Mahasiswa Di Laboratorium Mikrobiologi. *Jurnal Metana*. 13, 55-57. <https://doi.org/10.14710/metana.v13i2.18016>
- Harjanto S., Raharjo. (2019). Peran Laminar Air Flow Cabinet Dalam Uji Mikroorganisme Bagi Mahasiswa Tugas Akhir Di Laboratorium Biokimia, *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 1 (1) 2019, 15- 18, e-ISSN: 2654-251X. <https://doi.org/10.14710/jplp.1.1.15-18>
- Labnusanantara., 2019. Pengertian dan Prinsip Kerja Laminar Airflow. *Online*. <https://labnusanantara.co.id/laminar-airflow> (akses pada tanggal 22 Oktober 2021).
- Peraturan Menteri. No.13/Men/X/Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja
- Pranatawijaya, V. H., Widiatry., Priskila, R. dan Putra, P. B. A. A., 2019. Pengembangan Aplikasi Kuis Survey Berbasis Web Menggunakan Skala Likert dan Guttman. *Jurnal Sains dan Informatika*, 5 : 2, 128-137.

Pengembangan Peralatan untuk Pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro

Zenal Aripin¹, Miftakhudin²

¹Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, ²Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Institut Teknologi Bandung,
E-mail : ¹azka3103@gmail.com, ²mifta.magelang@gmail.com

Abstrak

Proses pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro (LTRGM) menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) dengan objek yang disimpan pada alat meja putar. Pengembangan alat dalam pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi untuk memudahkan dalam pengambilan data Radio Frequency (RF) dengan keakuratan dan kepresisian yang lebih tinggi dalam posisi objek rekonstruksi. Sistem yang digunakan dalam pengembangan alat berbasis mikrokontroler menggunakan ATmega 328 dengan mekanik yang mengimplementasikan motor stepper dan meja putar untuk beban objek. Objek rekonstruksi diposisikan pada sudut azimuth dengan perubahan jarak antara objek dan antena yang bisa diatur. Perputaran yang terjadi pada objek rekonstruksi dioptimalkan dengan perubahan sudut sebesar 5° dan 10° dalam 360° atau 1 putaran penuh. Layar LCD dan tombol potensiometer variable sebagai antarmuka pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan alat yang dilakukan dengan pengoptimalan keakuratan dan kepresisian perubahan sudut pada objek dengan beban terberat yang telah terukur pada 15kg.

Kata Kunci: Pengembangan alat, VNA, RF, Pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi, Motor Stepper.

PENDAHULUAN

Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro merupakan tempat mahasiswa dalam melakukan kegiatan praktikum dan penelitian. Peralatan dan bahan merupakan bagian penting dalam melakukan kegiatan tersebut. Oleh karena itu, pengembangan peralatan perlu dilakukan untuk mempermudah dalam kegiatan, mempersingkat waktu pemakaian peralatan sekaligus untuk pemeliharaan peralatan itu sendiri. Salah satu kegiatan penelitian yang dilakukan adalah penelitian Rekonstruksi Citra Tomografi. Pada penelitian ini diperlukan peralatan seperti *Vector Network Analyzer*, rotator, kabel *coaxial*, antena, dan objek yang akan diukur. Faktor utama dalam penelitian ini adalah pada alat *Vector Network Analyzer* (VNA), sehingga pengembangan pada penelitian ini diutamakan pada waktu pemakaian alat dan kepresisian

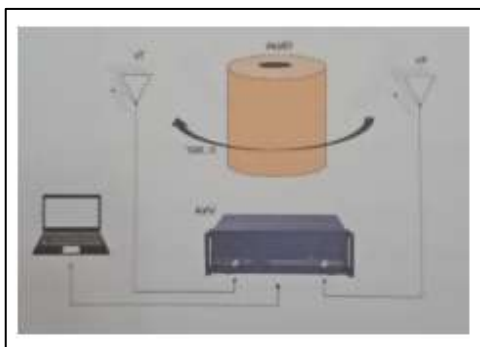
dalam pengukuran. Alat Rotator menjadi bagian yang dikembangkan dalam proses pengukuran untuk mengambil data pada kegiatan penelitian Rekonstruksi Citra Tomografi. Proses pengukuran pada kegiatan penelitian tersebut yaitu objek yang diukur disimpan dibagian rotator yang otomatis berputar dan bergerak pada setiap sudut yang ditentukan. Bagian antena terhubung dengan alat *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk memancarkan dan menerima sinyal *Radio Frequency* (RF). Diantara kedua antena pemancar dan penerima disimpan objek yang akan diukur. Pengukuran antena diperlukan untuk mendapatkan parameter antena seperti pola radiasi, *directivity*, gain, polarisasi, *bandwidth*, *return loss*, *VSWR*, dan impedansi[1]. Pengembangan pada bagian alat rotator ini dilakukan karena pada kegiatan penelitian Rekonstruksi Citra Tomografi ini

masih menggunakan rotator manual. Rotator otomatis yang terintegrasi dengan semua peralatan untuk kegiatan penelitian tersebut. Perancangan sistem dan realisasi meliputi perangkat keras, perangkat lunak, dan konstruksi mekanik. Untuk mengurangi kerumitan sistem kontrol disederhanakan menggunakan mikrokontroler AVR sebagai MCU[2].

METODE

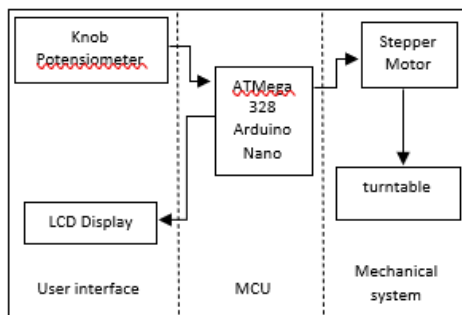
I. Deskripsi Sistem

Konfigurasi pengukuran kegiatan penelitian rekonstruksi citra tomografi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi [9]

Pengembangan alat untuk pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi ini secara keseluruhan terdiri dari mikrokontroler Arduino Nano ATmega 328 sebagai MCU, LCD Display dan knob potensiometer variabel sebagai user interface, motor stepper sebagai pengontrol sistem mekanik yang terdiri dari sistem penggerak motor dan turntable[2]. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Pengguna mengatur Knob Potensiometer untuk merubah besar sudut dan kecepatan motor. LCD Display menampilkan secara langsung

sesuai perubahan yang diatur. Sinyal pulsa dihasilkan dari MCU untuk menggerakkan Stepper Motor yang menggerakkan turntable. Untuk mengontrol sudut objek yang akan diukur, MCU mengirimkan sinyal PWM dengan lebar pulsa tertentu untuk menentukan posisi sudut[3].

II. Desain Sistem Mekanikal dan Elektrikal

1. Desain Mechanical System

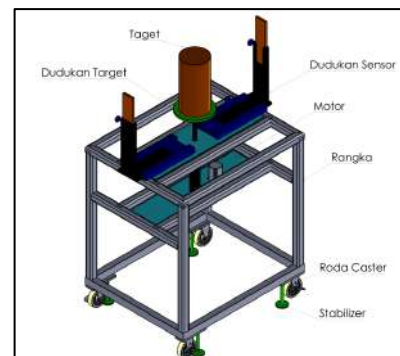
Pengembangan peralatan pada penelitian ini bagian utamanya adalah pada perancangan sistem mekanikal. Penyesuaian kebutuhan untuk kegiatan pengukuran Rekonstruksi Citra Tomografi sangat mempengaruhi pada bagian mekanikal yaitu pada pertimbangan jarak dan ketinggian antenna.

Dengan memperhatikan pertimbangan dan skematik pengukuran, dihasilkan spesifikasi perancangan alat seperti pada Tabel.1.

Parameter	Nilai
Tinggi dudukan objek	1 m
Tinggi dudukan antenna	1,5 m
Jarak antar objek dengan antenna	1,5 m
Perputaran objek atau antenna	5°

Tabel. 1 Spesifikasi Perancangan Alat

Hasil perancangan sistem mekanikal menggunakan aplikasi software sistem dapat dilihat pada Gambar.3.



Gambar 3. Desain Sistem Mekanikal

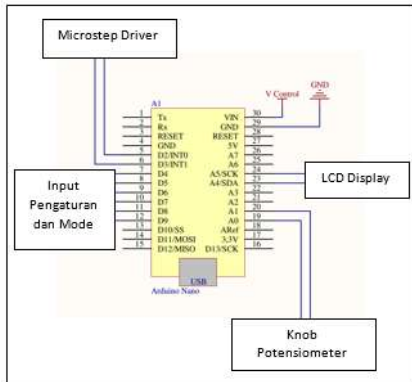
Hasil desain pada Gambar 3. menampilkan objek, antenna, motor, dan turntable sesuai dengan pertimbangan dan spesifikasi perancangan alat.

2. Desain Electrical System

A. Modul Main Controller Unit (MCU)

Desain electrical system pada bagian Main Controller Unit menggunakan arduino nano

dengan mikrokontroler AVR ATmega 328. Beberapa fitur yang berguna sebagai *MCU*, misalnya port I/O dasar untuk antarmuka dengan knob potensiometer, *LCD Display*, dan motor stepper [3][4]. Rangkaian Main Controller Unit (MCU) ditunjukkan pada **Gambar 4**.

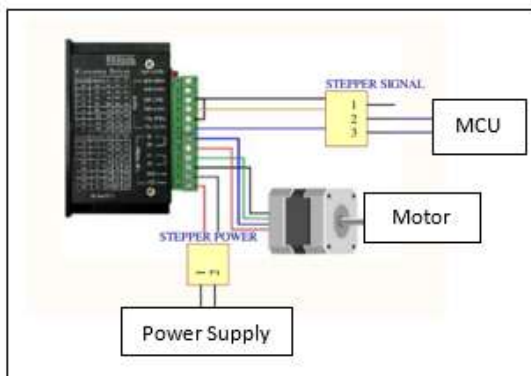


Gambar 4. Model Rangkaian MCU

Pin D4-D9 merupakan inputan dari tombol pengaturan, tombol mode, dan sensor proximity. Pin A0-A1 ke knob potensiometer sebagai referensi kecepatan dan step size. Pin A4-A5 ke LCD Display. Pin D2-D3 ke *Microstep Driver* motor stepper.

B. Modul Motor Stepper

Main Controller Unit menggerakkan motor stepper melalui *Microstep Driver*. Empat pin input *Microstep Driver* (Dir, Dir+5V, Pul, Pul+5V) terhubung ke pin (D2-D3) MCU. Pada pin output *Microstep Driver* (B-, B+, A-, A+) terhubung ke motor stepper. Rangkaian modul motor stepper ditunjukkan pada **Gambar 5**.

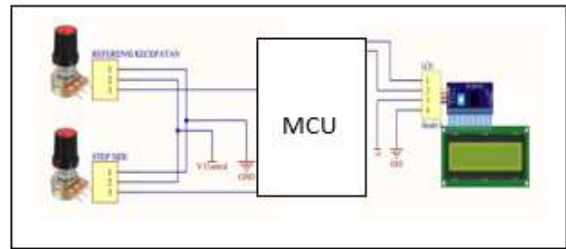


Gambar 5. Rangkaian Modul Motor Stepper

C. Modul Knob Potensiometer dan LCD

Modul antarmuka pengguna menggunakan LCD 16x2 yang memiliki 16 kolom dan 2 baris spasi karakter dan dua knob

potensiometer. Rangkaian modul knob potensiometer dan LCD ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Rangkaian Modul Knob Potensiometer dan LCD

Pada modul antarmuka pengguna seperti pada **Gambar 6**, pin A4-A5 pada MCU terhubung dengan pin LCD Display. Pin A1 dan A0 pada MCU terhubung dengan dua knob potensiometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Realisasi dan Karakterisasi Sistem

A. Realisasi Sistem

Realisasi sistem mekanikal pada bagian rangka terbuat dari baja untuk menahan beban dari objek dengan roda caster dan stabilizer untuk memudahkan mobilisasi dan penempatan. Pada bagian turntable terbuat dari bahan kayu sebagai tempat dudukan objek. Dudukan antenna terbuat dari bahan pertinax dengan konektor SMA dipasangkan pada kedua dudukan antenna tersebut. Sistem mekanikal yang direalisasikan ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Sistem Mekanikal yang direalisasikan

Realisasi sistem elektrikal menggunakan casing terbuat dari bahan logam dan terhubung dengan kabel penghubung sepanjang 3 meter untuk mengontrol motor stepper nema 23. Sistem elektrikal yang direalisasikan ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Sistem Elektrikal yang direalisasikan; bagian dalam (kiri); bagian luar dan casing (kanan)

B. Karakterisasi Sistem

Karakterisasi sistem dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat pada sudut azimuth. Presentasi data eror dihasilkan dari data hasil pengukuran alat ukur sudut bevel protactor skala nonius 5 menit atau nilai sudut pada LCD display dengan data asli. Objek diberikan pada alat degan nilai beban 5kg, 10kg dan 15kg. Perhitungann data eror menggunakan persamaan dibawah ini.

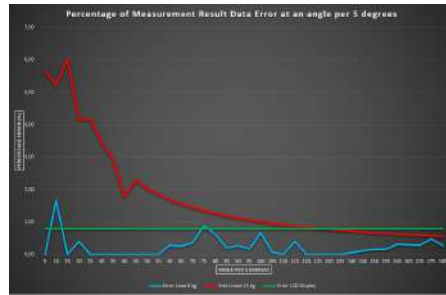
$$\varepsilon\% = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100$$

Keterangan : $\varepsilon\%$ = Persentasi Error
 D1 = Data Hasil
 D2 = Data Asli

Persentasi eror data hasil pengukuran alat yang direalisasikan pada perubahan sudut ditunjukkan pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.



Gambar 9. Persentasi Eror Data Hasil Pengukuran pada sudut per 10 derajat



Gambar 10. Persentasi Eror Data Hasil Pengukuran pada sudut per 5 derajat

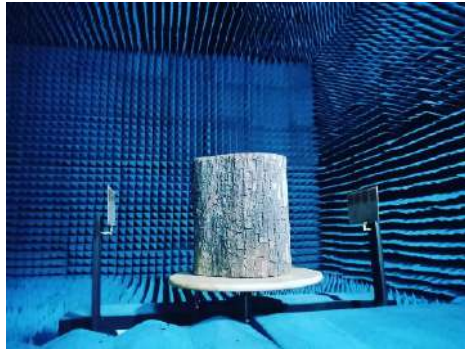
Hasil penelitian berdasarkan pada Gambar 9. menunjukkan bahwa average data persentasi eror terbesar beban tertinggi yang diberikan yaitu pada beban 15 kg. Pada perubahan sudut 5 derajat dengan beban 15kg average persentasi eror sebesar 1,75%, sedangkan pada perubahan 10 derajat dengan beban 15kg sebesar 1,68%.

II. Implementasi

Pengujian implementasi dilakukan untuk mengetahui fungsi pada bagian radio frequency (RF) bekerja dengan baik. Penggunaan antena yang ditempatkan pada sistem mekanikal di bagian dudukan antenna yang sudah terpasang konektor SMA dan terhubung dengan kabel koaxial ke Vector Network Analyzer (VNA). Implementasi ditunjukkan pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**.

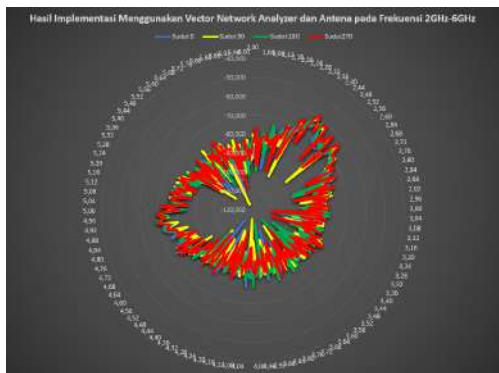


Gambar 11. Implementasi dengan Radio Frequency



Gambar 12. Implementasi dengan (RF) di dalam Anechoic Chamber

Hasil pengujian implementasi didapatkan dengan sistem otomatis pada pengambilan data radio frequency (RF) dari alat VNA yaitu nilai S_{21} Log Magnitude. Perubahan sudut dalam satu putaran penuh (360 derajat) menghasilkan data yang ditunjukkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Hasil data RF dari VNA dengan Antena pada Frekuensi 2GHz-6GHz

KESIMPULAN

Pengembangan peralatan untuk pengukuran rekonstruksi citra tomografi pada kegiatan penelitian menggunakan mikrokontroler Arduino nano ATmega 328 telah berhasil didemonstrasikan. Terbukti memberikan beberapa keuntungan seperti kemudahan dalam pengukuran, efisiensi waktu dalam pengukuran, dan keakuratan pada *average* data persentase eror untuk beban 15kg kurang dari 2% dengan perubahan sudut 5 derajat dan 10 derajat. Implementasi dengan *Radio Frequency* (RF) dari alat *Vector Network Analyzer* sudah berfungsi dengan baik pada pengambilan data secara otomatis dengan nilai S_{21} Log Magnitude.

DAFTAR PUSTAKA

- J. D. Kraus, R. J. Marhefka, *Antennas for All Applications*, 3rd edition, New York: McGraw-Hill, 2002.
- M. A. Wibisono and A. Munir, “*Low Cost Small Antenna Measurement Tool Based on ATmega8535 Microcontroller*,” International Conference on Electronic, Information and Communication (ICEIC), pp. 171-172, Jan-Feb. 2013.
- D. V. Gadre, *Programming and Customizing AVR Microcontrollers*, New York: McGraw-Hill Companies Inc., 2001.
- W. Weihong and X. Liegang, “Design and Implementation of a Control System using AVR Microcontroller,” International Conference on Image analysis and Signal Processing, pp. 320-323, 2009.
- I. A. Wibowo, M. Zarar, K. Al-Amin, and Fazliana, “Control Systems of Turntable and Antenna Positioning Device in an Open Area Test Site”, International Conference on Intelligent and Advnace Systems (ICIAS), pp. 1-4, 2010
- G. C. Onwubolu, *Mechatronics Principles and Application*, Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005
- G. F. Masters S. F. Gregson, “Coordinate System Plotting for Antennas Measurement”, Antenna Measurement Tehcniques Association Conference, 2007.
- Z. Yajun, C. Long, and F. Lingyan, *A Design of Elevator Control System Model*, IEEE International Conference on Neural Networks & Signal Processing, pp. 535-538, 2008
- N. A. Amri, F. Oktafiani, E. Y. Hamid, and A. Munir, “Comparison of image reconstruction on microwave tomography using filtered back projection,” in 27th International Conference on Telecommunications (ICT), Bali, Indonesia, Oct. 2020, pp. 1-4.



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

Direktorat Sumber Daya

**Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi**

2021



Kompleks Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi
Gedung D Lt. 5
Jl. Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta.



(021) 57946104



<https://diktiristek.kemdikbud.go.id/>



ditjen.dikti



Ditjen Diktiristek