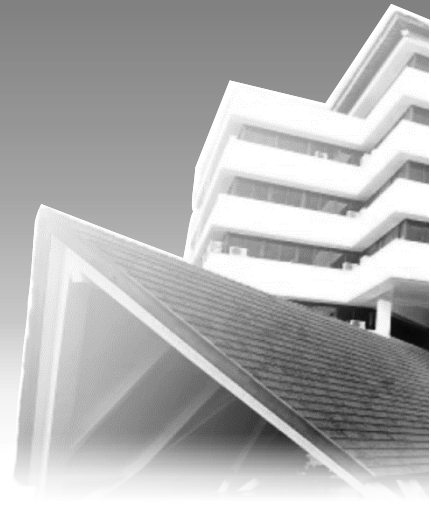




Prosiding

Seminar Nasional Fisika Makassar 2019

Aktualisasi Fisika Dalam Era Revolusi Industri Ke-5

5 Oktober 2019

Universitas Hasanuddin

Makassar, Indonesia



**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin**

Makassar • Indonesia

ISBN : 978-602-52468-7-6

Diterbitkan : 5 Februari 2020

Prosiding

Seminar Nasional Fisika Makassar 2019

Aktualisasi Fisika dalam Era Revolusi Industri Ke-5

Universitas Hasanuddin, Makassar, 5 Oktober 2019

Reviewer

Prof. Dr. rer-nat. Wira Bahari Nurdin (*Universitas Hasanuddin*)

Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si. (*Universitas Hasanuddin*)

Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc. (*Universitas Hasanuddin*)

Dr. Akhiruddin Maddu, M.Si. (*Institut Pertanian Bogor*)

Hendry Izaac Elim, S.Si., M.Si., Ph.D. (*Universitas Pattimura*)

Dr. Darmawati Darwis, M.Si. (*Universitas Tadulako*)

Dr. Sri Suryani, DEA (*Universitas Hasanuddin*)

Drs. Sulistioso Giat S., M.T. (*Badan Tenaga Nuklir Nasional*)

Editor

Drs. Bansawang BJ, M.Si. (*Universitas Hasanuddin*)

Eko Juarlin, S.Si., M.Si. (*Universitas Hasanuddin*)

Nur Hasanah, S.Si., M.Si. (*Universitas Hasanuddin*)

Layout

M N Gazali Yunus, S.Si.

Cover Design

Nurkhaliq Futhra Maulana

Pelindung:

Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si.

Pengarah:

Prof. Dr. Moh. Ivan Azis, M.Sc.

Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si.

Dr. Andi Ilham Latunra, M.Si.

Penanggung Jawab:

Dr. Arifin, M.T.

Dr. Muhammad Arsyad, M.T. (*Ketua HFI Cabang Makassar*)

Ketua:

Drs. Bansawang BJ, M.Si.

Sekretaris:

Nur Hasanah, S.Si., M.Si.

Bendahara:

Eko Juarlin, S.Si., M.Si.

Kesekretariatan:

Bannu, S.Si., M.Si.

Muhammad Amzar, S.Si., M.Sc.

Sultan, S.Si., M.Si.

Muhammad Nur Gazali Yunus, S.Si.

Nurkhaliq Futhra Maulana

La Farras

Sie Reviewer:

Prof. Dr. rer-nat. Wira Bahari Nurdin

Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.

Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc.

Dr. Sri Suryani, DEA

Sie Akomodasi:

Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.

Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.

Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc.

Sie Konsumsi:

Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.

Dr. Sri Dewi Astuty Ilyas, S.Si., M.Si.

Dra. Bidayatul Armynah, M.T.

Sie Umum:

Andi Asviana Amin, S.E.

Haerana, A.Md.

Syukur Polanunu, S.T.

Ady

Muhammad Ali

Ahmad Muhtam Yusran Himie, S.T.

Susunan Panitia Seminar Nasional Fisika Makassar 2019 Berdasarkan Surat Penugasan Dekan
Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin No. 2741/UN4.11/KP.05.00/2019

Diterbitkan oleh

Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin

Science Building Lt. 3 FMIPA UNHAS

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar 90245

Data Publikasi Tersimpan di Katalog Perpustakaan Nasional Republik Indonesia

Rekaman data publikasi prosiding ini tersedia di katalog ISBN Perpustakaan Nasional Republik Indonesia

AKTUALISASI FISIKA DALAM ERA REVOLUSI INDUSTRI KE-5

Prosiding Seminar Nasional Fisika Makassar 2019

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang

Copyright © 2019 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

ISBN: 978-602-52468-7-6

Dicetak di Makassar.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga kegiatan Seminar Nasional Fisika (SNF) 2019 ini dapat terlaksana dengan baik.

Kegiatan SNF 2019 yang diselenggarakan oleh Departemen Fisika FMIPA Unhas ini mengambil tema *Aktualisasi Fisika Dalam Era Revolusi Industri ke-5*. Tema ini dipilih dalam rangka persiapan diri menyongsong era revolusi industri ke-5 di masa depan. Meskipun bagi kita di Indonesia era revolusi industri ke-4 masih berlangsung namun karena negara maju sudah menuju revolusi industri ke-5, maka perlu membicarakannya sejak awal sehingga kelak dapat berkontribusi dalam era revolusi industri tersebut. Melalui SNF ini diharapkan dapat menjadi media silaturahmi bagi para peneliti dan akademisi dalam rangka bertukar informasi dan peningkatan wawasan keilmuan serta kerjasama penelitian antar perguruan tinggi dan lembaga riset.

Sejauh ini Departemen Fisika FMIPA Unhas telah menggelar sejumlah seminar Nasional dan Internasional secara reguler, termasuk SNF tahun ini (SNF Makassar 2019). Pelaksanaan kegiatan ini mendapat dukungan mulai pimpinan Departemen, Fakultas dan Universitas. Oleh karena itu panitia menghaturkan terima kasih setinggi-tingginya kepada:

1. Dr. H. Arifin, M.T. (Ketua Departemen Fisika Unhas)
2. Dr. Eng. Amiruddin, M.Si. (Dekan FMIPA Unhas)
3. Prof. Dr. Dwia Ariestina Pulubuhu, M.A. (Rektor Universitas Hasanuddin)

atas dukungan baik secara moril maupun materil sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik.

Panitia juga berterimakasih kepada para *keynote speaker* atas kesediaannya membagi ilmu dan pengalaman di bidang keahlian masing-masing:

1. Dra. Premana W. Premadi, Ph.D. (ITB)
2. Drs. Sulistioso Giat S., M.T. (BATAN)
3. Hendry Izaac Elim, S.Si., M.Si., Ph.D. (Unpatti)
4. Dr. Darmawati Darwis, M.Si. (Untad)
5. Dr. Khaeruddin, M.Pd. (UNM)
6. Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc. (Unhas)

Terima kasih yang sama dihaturkan pula kepada seluruh pemakalah dan para peserta serta seluruh panitia yang telah bekerja keras demi terlaksananya kegiatan ini.

Semoga SNF Makassar 2019 memberi kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di tanah air.

Ketua Panitia SNF Makassar 2019
Drs. Bansawang BJ, M.Si.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii

Plenary Session

Multitasking Physics Contributions to the Interactions between Indonesia Society 5.0 and Industry 5.0	1
<i>Hendry Izaac Elim</i>	

Parallel Session

Ruang A

Metode Kriging untuk Prediksi Komunikasi Radio HF (<i>High Frequency</i>) Menggunakan Data ALE (<i>Automatic Link Establishment</i>) di Atas Indonesia	8
<i>Faruk Afero</i>	
Penentuan Tingkat Serapan Spesifik dalam Jaringan Menggunakan Metode Beda Hingga Domain Waktu	14
<i>Eko Juarlin</i>	
Sistem Dinamik Kosmologi Model Skalar-Tensor	19
<i>Azwar Sutiono, Bansawang BJ</i>	
Energi Gelap dengan Model Medan Skalar Gauss-Bonnet	25
<i>Bansawang BJ, M N Gazali Yunus, Azwar Sutiono, Tasrief Surungan</i>	
Metode Monte Carlo pada Simulasi Distribusi Interaksi Foton dalam Medium Karbon dan Kalsium	35
<i>Nermianti Pali, Eko Juarlin, Sri Suryani</i>	
Simulasi Monte Carlo pada Distribusi Interaksi Foton dengan Domain Tak-hingga	42
<i>Andi Febrina Alam, Eko Juarlin, Sri Suryani</i>	
Simulasi Distribusi Interaksi Foton pada Medium Karbon Dua Sumber Menggunakan Metode Monte Carlo	47
<i>Aslina, Eko Juarlin, Sri Suryani</i>	
Simulasi Peluruhan Deret Uranium-238 dengan Metode Aljabar Matriks	54
<i>Ardi Armawan Syah, Eko Juarlin, Nur Hasanah</i>	

Simulasi Distribusi Laju Dosis Serap pada Terapi Kanker Serviks Menggunakan Metode HDR Berdasarkan TG-43U1 dengan Variasi Geometri Selubung Sumber	59
<i>Yulianti Parung, Eko Juarlin, Wira Bahari Nurdin, Nur Hasanah</i>	
Penerapan Metode Beda Hingga pada Dinamika Tali	63
<i>Dedy Munardy, Eko Juarlin, Nur Hasanah</i>	
Simulasi Sebaran Energi dalam Ruang Dua Dimensi Menggunakan Potensial Lennard-Jones	69
<i>Fidelis S. Nyllan, Eko Juarlin, Nur Hasanah</i>	
Analisis Transmittansi Beberapa Sumber Sinyal Menggunakan Metode <i>Finite Difference Time Domain</i> (FDTD) 1 Dimensi	73
<i>Nurkhalid Futhra Maulana, Eko Juarlin</i>	
Dimensi Ekstra Besar Tak-hingga Imajiner: Studi Pendekatan Sistem Dinamis <i>Bulk AdS</i> dalam Kosmologi <i>Braneworld</i>	78
<i>M N Gazali Yunus, Bansawang BJ, Azwar Sutiono, Tasrief Surungan</i>	
Ruang B	
Analisa Tingkat Kebisingan Lalu-lintas di SD Mangkura Makassar	86
<i>Nurlaela Rauf, Safrullah, Aron Wiliyam S M, Wandu Janwar</i>	
Analisis Ikatan Kimia dan Sifat Absorpsi Material Komposit <i>Magnetit</i> (Fe_3O_4), <i>Barium Carbonate</i> (BaCO_3) dan Semen terhadap Sinar-X	92
<i>Hariani, Dahlang Tahir, Sri Suryani</i>	
Sintesis <i>Carbon Dots</i> (CDs) Berbasis Kulit Pisang dengan Metode <i>Microwave</i> sebagai Fotokatalis Degradasi Metilen Biru	97
<i>Ali Imran, Rahma Anugrahwidya, Nurul Awaliyah M., Dahlang Tahir</i>	
Potensi Campuran Minyak Biji Pangi (<i>Pangium edule reinw</i>) dan Biji Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i>) sebagai Bahan Baku Energi Alternatif	102
<i>Febriani Datte Taruk Lobo, Nurlaela Rauf, Paulus Lobo Gareso</i>	
Uji Karakteristik Campuran Minyak Biji Kapuk (<i>Ceiba pentandra</i>) dan Minyak Biji Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i>) sebagai Bahan Baku Biodiesel	108
<i>Suarni, Nurlaela Rauf, Paulus Lobo Gareso</i>	
Pengaruh Komposisi Membran AgCl dan Pasta Grafit Terhadap Kinerja Elektroda Selektif Ion Klorida Tipe Kawat Terlapis	114
<i>Hardianti, Nurlaela Rauf, Sri Suryani</i>	
Pengaruh Lama Penyinaran terhadap Ketahanan Lem UV sebagai <i>Spacer</i> DSSC Tipe <i>Sandwich</i>	119
<i>Sri Indarwati, Shobih, Bualkar Abdullah</i>	

Pengaruh Komposisi Pasta Karbon <i>Counter Electrode</i> terhadap Performa <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC) Tipe Monolitik	125
<i>Ainul Wakiah, Natalita Maulani Nursam, Bidayatul Armynah, Shobih</i>	
Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Campuran MAI dan PbI ₂ terhadap Kinerja Sel Surya Berbasis <i>Perovskite</i>	130
<i>Ukhty Shafira Auliya Khairul Putrida, Erlyta Septa Rosa, Arifin</i>	
Uji XRF dan XRD pada Bahan Mineral Batuan sebagai Sumber Material Perisai Radiasi (SiO ₂ , PbO, Fe ₂ O ₃)	136
<i>Muhammad Iryadin, Nurlaela Rauf, Dahlang Tahir</i>	
Pengaruh Penambahan Etanol Ampas Tebu (<i>Saccharum officinarum</i>) pada Minyak Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i>) sebagai Bahan Baku Biodiesel	139
<i>Resky Alfira J, Nurlaela Rauf, Paulus Lobo Gareso</i>	
Ruang C	
Pelatihan Rancang Buat LED <i>Running Text</i> Berbasis Mikrokontroler Arduino	143
<i>Arifin, Ida Laila, Muhammad Amzar, Bualkar Abdullah, Syamsir Dewang, Dahlang Tahir</i>	
Penyediaan Air Mineral Alkali Berbasis <i>Solar Cell</i> kepada Pengusaha Kecil Depot Air Minum Aisyah RO di Kecamatan Watang Sawitto Kabupaten Pinrang	150
<i>Bidayatul Armynah, Nurlaela Rauf, Bualkar Abdullah, Wildy Reski Aprianto, Syahir Mahmud</i>	
Perancangan Sistem Peringatan Dini Gempabumi Menggunakan Sensor ADXL345	156
<i>Dewi Rohani Musa, Yana Taryana, Arifin</i>	
Implementasi Sensor Piezoelektrik Untuk Deteksi Gempabumi Berbasis Arduino Uno Menggunakan Modul GSM	161
<i>Serlini R, Yana Taryana, Gandi Sugandi, Arifin</i>	
Penambahan Lapisan <i>Blocking Layer</i> Menggunakan Partikel TiO ₂ pada <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> Tipe Monolitik	167
<i>Zulhayyir, Natalita Maulani Nursam, Putri Nur Anggraini, Arifin</i>	
Pengaruh <i>Delay</i> pada Instrumen Sensor Detak Jantung Berbasis Serat Optik dan Mikrokontroler	173
<i>Mirawati, Arifin, Muhammad Yunus, Syamsir Dewang</i>	
Pengaruh Lekukan Serat Optik Konfigurasi Spiral terhadap Perubahan Tegangan Keluaran Sensor Tekanan Darah	177
<i>Wahdaniar, Arifin, Bualkar Abdullah, Muhammad Yunus</i>	
Analisis Destilasi Air Payau Berbasis Tenaga Surya	182
<i>Bidayatul Armynah, Aristiriany Eka Savitri, Sri Suryani, Syahir Mahmud</i>	

DMF/GBL sebagai Aditif dalam Metode <i>Two-Step Spin-Coating</i> untuk Peningkatan Efisiensi pada Sel Surya <i>Perovskite</i>	187
<i>Moch Dharul Fhaizol NS, Erlyta Septa Rosa, Arifin, Shobih</i>	
Simulasi Distribusi Potensial Listrik pada Dua Pelat Kapasitor Menggunakan Solusi Persamaan Poisson dengan Metode Beda Hingga	195
<i>Ayuni Kartika, Eko Juarlin, Wira Bahari Nurdin, Nur Hasanah</i>	
Penentuan Distribusi Laju Dosis Serap untuk Simulasi Terapi Kanker Nasofaring Menggunakan Metode <i>High Dose Rate (HDR) Brachytherapy</i> dengan Variasi Geometri Letak Sumber	200
<i>Ave Kurnia Sari, Eko Juarlin, Wira Bahari Nurdin, Nur Hasanah</i>	
Implementasi Modul <i>Wifi TF-S6UW0</i> untuk Memperbarui Informasi Jadwal Mata Kuliah pada Perangkat <i>Running Text</i> Berbasis Android	204
<i>Ida Laila, Arifin</i>	
Ruang D	
Pengaruh Iklim Mikro pada Diversitas Kupu-kupu	211
<i>Astrid Sri Wahyuni Sumah, Sri Suryani</i>	
Karakterisasi dan Pengujian Senyawa Klorofil Ekstrak Daun Pepaya sebagai Antifungi dan Agen Fotosensitizer Terhadap Sel <i>Candida albicans</i>	221
<i>Sri Dewi Astuty</i>	
Pola Sebaran Emisi Debu dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto	230
<i>Sri Suryani, Irma Ningsih</i>	
Analisis <i>Entrance Skin Dose (ESD)</i> pada Pemeriksaan Kanker Paru dengan Menggunakan Pesawat <i>CT-Scan</i>	233
<i>Anwar Latif, Sri Suryani, Bualkar Abdullah</i>	
Studi Komparatif Kualitas Berkas Radiasi Sinar-X 6 MV Pesawat Pemercepat Linier Medik Mono Energi dan Multi Energi	237
<i>Muh Ruslan, Bualkar Abdullah, Syamsir Dewang</i>	
Studi Uji Kesesuaian Pesawat CT Scan <i>Dual Slice</i> dan CT Scan <i>Multi Slice</i>	242
<i>Abdul Rahayuddin, Bualkar Abdullah, Dahlang Tahir, Asnaeni Ansar</i>	
Analisis Pengaruh <i>Field of View (FoV)</i> terhadap Uji Kesesuaian Linearitas dan Keseragaman CT Number pada Pesawat CT Scan Menggunakan <i>Phantom Gammex</i>	246
<i>Nurhidayah Allung, Syamsir Dewang, Bualkar Abdullah</i>	
Pengaruh Penggunaan Grid Fokus dan Linier terhadap Kualitas Citra Radiasi Sinar-X	250
<i>Aprizal Ridsma, Wira Bahari Nurdin, Bannu</i>	

Uji Kesesuaian Linearitas CT <i>Number</i> dan Keseragaman <i>Noise</i> Citra CT Scan Menggunakan <i>Phantom American College of Radiology (ACR)</i>	253
<i>Dwi Rahastri, Bualkar Abdullah, Syamsir Dewang, Mulyadin</i>	
Analisis Hubungan Antara Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan Dosis Radiasi dan Faktor Eksposi	262
<i>Nurdiana, Sri Suryani, Bannu</i>	
Kendali Mutu pada Peralatan <i>Thermoluminescence Dosimetry (TLD) Golden Card</i>	266
<i>Isnayanti, Syamsir Dewang, Bannu</i>	
Indeks	269

Analisis Tingkat Kebisingan Lalu-lintas di SD Mangkura Makassar

Nurlaela Rauf*, Safrullah, Aron Wiliyam S M, Wandu Janwar

Departemen Fisika, FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, Indonesia

Abstrak

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Kota Makassar, Sulawesi Selatan, sangat signifikan dalam satu dekade terakhir, naik hingga 5 persen. Melihat peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Makassar sebagai kota metropolitan dan kenyamanan lingkungan maka perlu dilakukan penelitian. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tingkat kebisingan lalu-lintas pada SD Mangkura jalan Botolempangan, Makassar. Pengukuran tingkat kebisingan menggunakan *Sound Level Meter* dalam skala dB (desibel) dan dipadukan dengan menghitung volume kendaraan bermesin yang meliputi motor, mobil, bus, truk yang lewat saat pengambilan data. Pengambilan data dilakukan pada hari kerja dan dibandingkan dengan hari libur. Hasil survei menunjukkan jumlah kendaraan roda dua yang mendominasi kendaraan yang melewati Jalan Botolempangan sepanjang hari. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menimbulkan peningkatan tingkat kebisingan. Tingkat kebisingan yang terukur dibandingkan dengan standar baku mutu tingkat kebisingan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no.48/MENLH/11/1996. Diperoleh hasil bahwa tingkat kebisingan lebih dari 55 dB untuk kawasan sekolah sehingga perlu penanganan.

Kata Kunci: *sound level meter, tingkat kebisingan lalu-lintas, volume kendaraan.*

1. PENDAHULUAN

Makassar sebagai kota metropolitan dengan ruas jalan raya yang relatif tidak bertambah sementara jumlah kendaraan bertambah sekitar 5% setiap tahunnya. Pada tahun 2016 jumlah kendaraan di Makassar 1.425.150 unit, dan menjadi 1.563.608 unit pada tahun 2018. "Pertumbuhan kendaraan yang telah terregistrasi di database Polda Sulsel mencapai 3.761.421 unit, yang tiap tahunnya meningkat hingga 6 persen" jelas Paur STNK Dirlantas Polda Sulsel, IPTU Ade Firmansyah saat ditemui CELEBESMEDIA.ID, Kamis (22/11/2018). Hal ini tentu memberi masalah baru berupa peningkatan tingkat kebisingan di jalan raya¹.

Kebisingan yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor berasal dari beberapa sumber, yaitu mesin, transmisi, rem, klakson, knalpot, dan gesekan roda dengan jalan. Kebisingan akibat gesekan roda dengan jalan tergantung pada beberapa faktor yaitu jenis ban, kecepatan kendaraan, kondisi permukaan jalan, dan kemiringan jalan. Kecepatan kendaraan mempengaruhi kebisingan yang dimunculkan akibat gesekan ban kendaraan dengan jalan. Semakin cepat lajunya, semakin tinggi tingkat kebisingan yang dihasilkan².

Tingkat kebisingan diatur oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 48 tahun 1996. Di kawasan sekolah atau sejenisnya, tingkat kebisingan yang diizinkan 55 dB. Hal ini yang menarik untuk diteliti agar dapat diantisipasi dampaknya pada lingkungan dan kesehatan. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Widi Suroto (2010), Muriara Akhdesia (2015), Rohayu Arifin (2015), Zulkarnain (2016), Syaiful dan Zainal Abidin (2017)³⁻⁷.

2. BAHAN DAN METODE

Pengambilan data lapangan pada jalan raya utama yaitu Jalan Botolempangan pada jam 6.30 – 18.30. Pemilihan lokasi pengambilan data berdasarkan hasil survei awal berlokasi depan sekolah (Sekolah Dasar Negeri Mangkura). Pengukuran tingkat kebisingan menggunakan *Sound Level Meter* dan dipadukan dengan menghitung volume kendaraan bermesin yang lewat saat pengambilan data. Pengambilan data dilakukan pada hari kerja dan dibandingkan dengan hari libur.

Kebisingan akibat lalu lintas dapat ditentukan secara empiris dengan persamaan *Basic Noise Level* (BNL) digunakan persamaan⁸:

$$L_{10} = 42,2 + 10 \log Q \quad (1)$$

Keterangan :

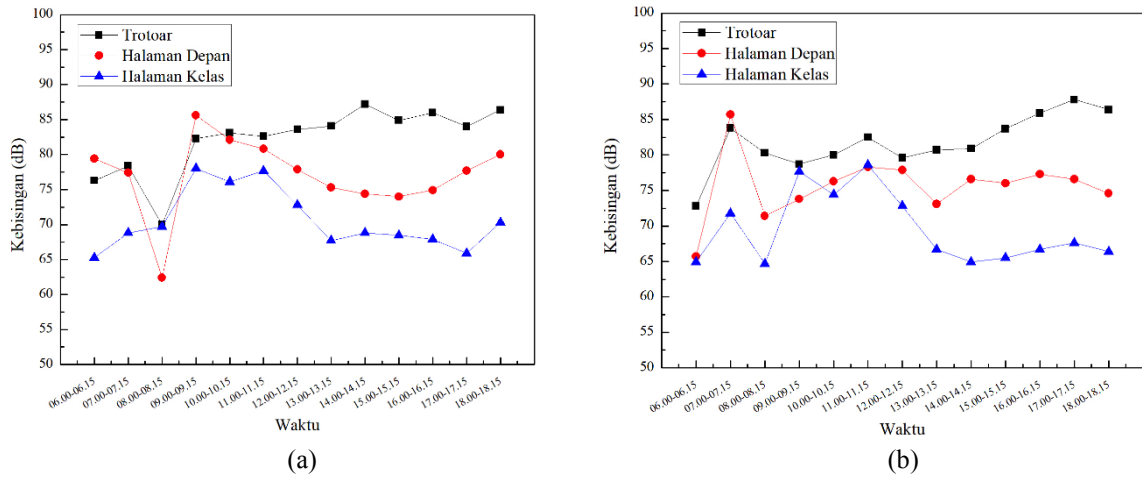
L_{10} = tingkat kebisingan dasar untuk tiap 1 jam (dB),

Q = arus lalu lintas (kendaraan/jam).

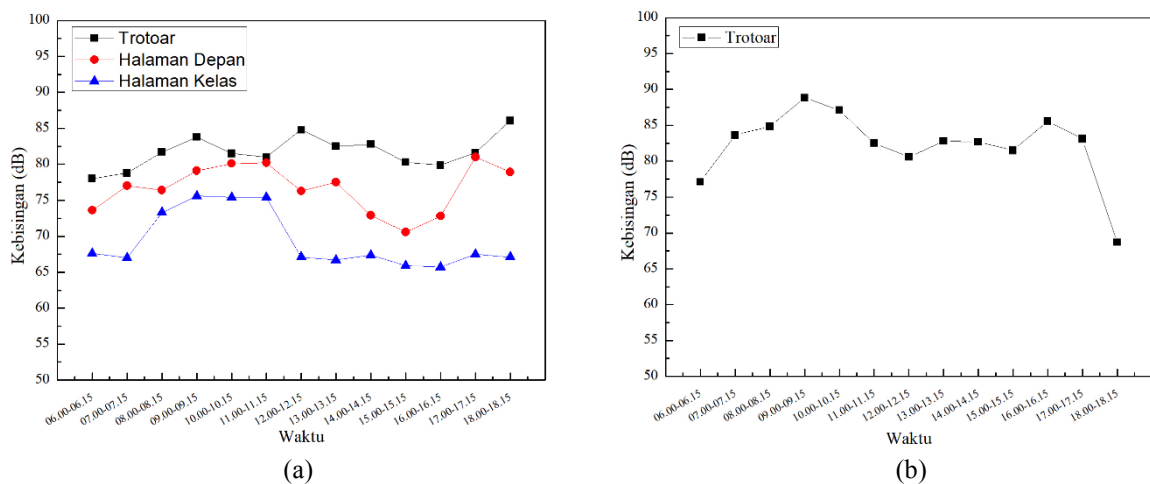
*E-mail: n-rauf@fmipa.unhas.ac.id

3. HASIL DAN BAHASAN

Lokasi pengambilan data tingkat kebisingan menggunakan *Sound Lever Meter* dilakukan di trotoar, halaman parkir sekolah dan halaman dalam sekolah. Pengukuran dilakukan pada hari Rabu (19 Juni 2019) dan Kamis (20 Juni 2019) mewakili hari kerja dengan hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan hari Sabtu (22 Juni 2019) dan hari Minggu (23 Juni 2019) mewakili hari libur dengan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



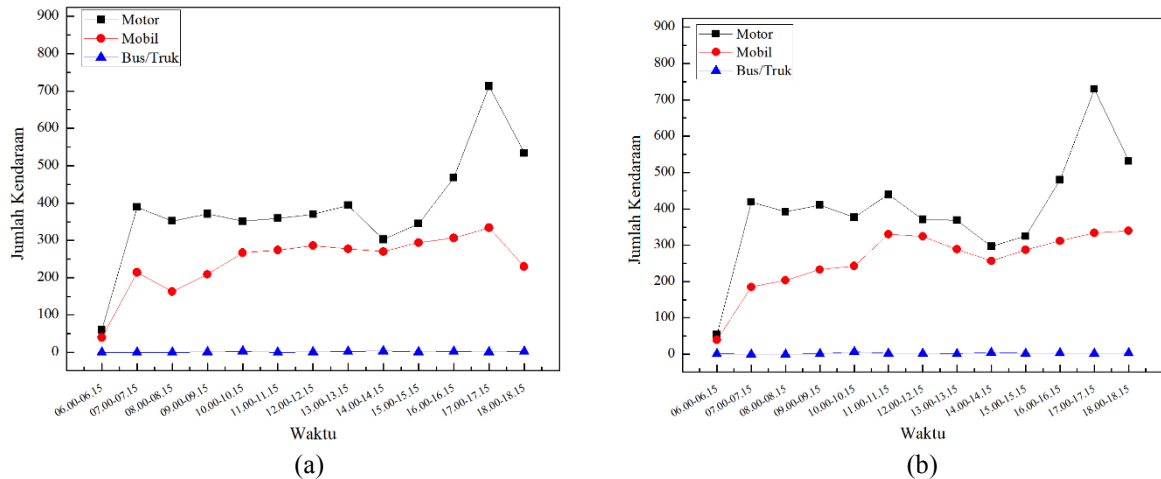
Gambar 1. Tingkat kebisingan pada hari Rabu (a) dan pada hari Kamis (b).



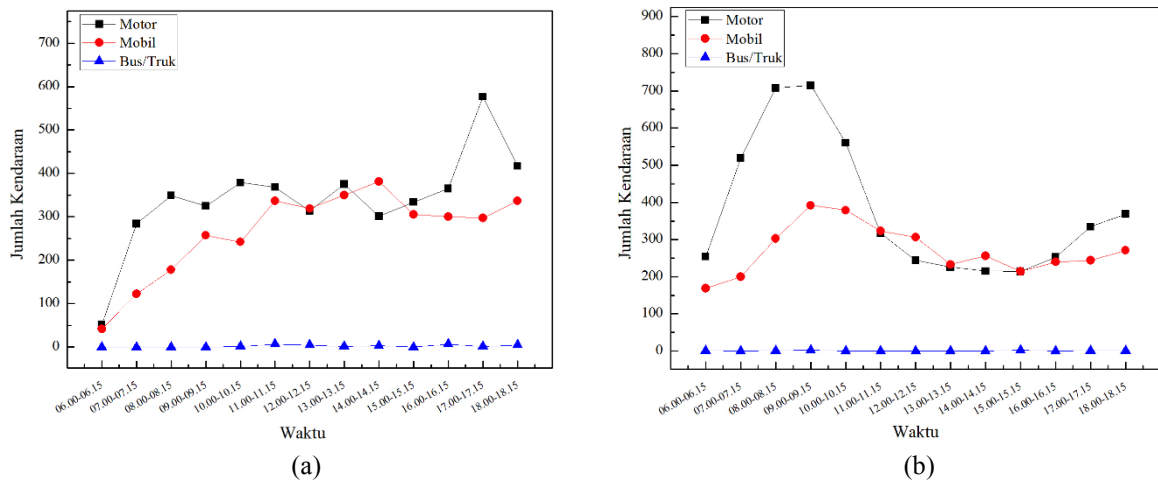
Gambar 2. Tingkat kebisingan pada hari Sabtu (a) dan hari Minggu (b).

Data pengukuran pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan tingkat kebisingan pada halaman depan sekolah lebih rendah dari trotoar jalan. Ini berarti pemasangan pagar pada halaman sekolah mampu meredam sebagian tingkat kebisingan dari jalan raya. Sedangkan tingkat kebisingan pada halaman kelas didapatkan lebih rendah dari halaman depan sekolah, namun sudah melampaui batas ambang yang disyaratkan buat lingkungan sekolah, yaitu 55 dB berdasarkan Kep.MENLH No. KEP-48/MENLH/11/1996. Penurunan tingkat kebisingan terjadi setelah jam 13.00. Khusus pada hari Minggu, pengukuran hanya dilakukan pada trotoar jalan karena sekolah sedang libur dan tertutup.

Pencacahan/ perhitungan jumlah kendaraan yang melewati jalan raya (Jalan Botolempangan) depan sekolah SD Mangkura dilakukan pada waktu yang bersamaan dengan pengukuran tingkat kebisingan yaitu pada hari kerja (Rabu dan Kamis) serta hari libur (Sabtu dan Minggu). Hasil pencacahan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Jumlah kendaraan yang melewati pada hari Rabu (a) dan hari Kamis (b).



Gambar 4. Jumlah kendaraan yang melewati pada hari Sabtu (a) dan hari Minggu (b).

Kendaraan roda dua dominan melewati Jalan Botolempangan, dan mencapai puncaknya pada sore hari, waktu pulang kerja. Beberapa perkantoran berada di sekitar jalan Botolempangan. Untuk hari Minggu, didapatkan jumlah kendaraan yang tinggi pada pagi hari (jam 7.00 – 10.00) saat terjadi penutupan Jalan Sudirman, untuk kegiatan olah raga. Jalan Botolempangan paralel dengan Jalan Sudirman, sehingga ada pengalihan kendaraan yang berdampak pada jumlah kendaraan yang tercacah.

Perhitungan volume kendaraan (Q) yang melintas dihitung menggunakan faktor satuan mobil penumpang (SMP) dari masing-masing jenis kendaraan bermotor (Dirjen Bina Marga, 1997)⁹. Untuk jalan perkotaan faktor kendaraan berat (bus, truk) adalah 1,30 dan kendaraan ringan (mobil pribadi, sedan, angkutan kota) adalah 1,00 serta sepeda motor dengan faktor pengali 0,40. Pencacahan atau survei jumlah kendaraan yang melintas dilakukan selama 15 menit. Penentuan secara empiris dilakukan dengan menggunakan persamaan *Basic Noise Level* (BNL). Adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 – 4.

Data tingkat kebisingan berdasarkan *Basic Noise Level* yang didapatkan dari perhitungan volume kendaraan yang lewat yang ditunjukkan pada Tabel 1 – 4, memberi hasil yang lebih rendah dari hasil pengukuran langsung menggunakan *Sound Level Meter*. Ini berarti ada faktor lain yang turut mempengaruhi tingkat kebisingan yang diukur. Kemungkinan ini berasal dari kondisi jalan, kecepatan kendaraan, dan/ atau perilaku pengendara⁸. Hasil pengukuran langsung menggunakan alat *Sound Level Meter* maupun secara perhitungan melalui volume kendaraan yang lewat, didapatkan tingkat kebisingan yang telah melebihi nilai baku tingkat kebisingan yang diizinkan untuk lingkungan sekolah, yaitu sebesar 55 dB. Oleh karena itu, diperlukan penanganan terhadap kasus ini.

Upaya yang perlu dilakukan untuk mereduksi tingkat kebisingan pada lingkungan SD Negeri Mangkura Makassar antara lain: (a) Memasang rambu lalu-lintas untuk mengurangi kecepatan kendaraan saat melewati sekolah. (b) Menambah tinggi pagar sekolah dengan tembok masif sebagai penahan kebisingan yang berasal

dari jalan raya. (c) Menanan pohon pada halaman sekolah untuk menyerap kebisingan dan sekaligus mengurangi polusi udara.

Tabel 1. Volume kendaraan dan BNL pada hari Rabu.

Jam	Jumlah kendaraan/jam			Volume kendaraan (smp/jam)	<i>Basic Noise Level</i> (dB)
	Motor	Mobil	Bus/Truk		
06.00	244	160	0	257.6	66.3
07.00	1556	856	0	1478.4	73.9
08.00	1408	652	0	1215.2	73.0
09.00	1484	836	4	1434.8	73.8
10.00	1404	1068	12	1645.2	74.4
11.00	1436	1096	0	1670.4	74.4
12.00	1480	1144	4	1741.2	74.6
13.00	1576	1108	8	1748.8	74.6
14.00	1212	1080	16	1585.6	74.2
15.00	1380	1176	4	1733.2	74.6
16.00	1872	1224	8	1983.2	75.2
17.00	2852	1336	4	2482.0	76.1
18.00	2136	920	8	1784.8	74.7

Tabel 2. Volume kendaraan dan BNL pada hari Kamis.

Jam	Jumlah kendaraan/jam			Volume kendaraan (smp/jam)	<i>Basic Noise Level</i> (dB)
	Motor	Mobil	Bus/Truk		
06.00	216	160	4	251.6	66.2
07.00	1676	740	0	1410.4	73.7
08.00	1568	816	0	1443.2	73.8
09.00	1644	932	4	1594.8	74.2
10.00	1508	972	28	1611.6	74.3
11.00	1760	1320	8	2034.4	75.3
12.00	1484	1296	8	1900.0	75.0
13.00	1476	1156	4	1751.6	74.6
14.00	1188	1028	20	1529.2	74.0
15.00	1300	1148	8	1678.4	74.4
16.00	1920	1248	12	2031.6	75.3
17.00	2920	1336	8	2514.4	76.2
18.00	2128	1360	12	2226.8	75.7

Tabel 3. Volume kendaraan dan BNL pada hari Sabtu.

Jam	Jumlah kendaraan/jam			Volume kendaraan (smp/jam)	<i>Basic Noise Level</i> (dB)
	Motor	Mobil	Bus/Truk		
06.00	208	164	0	247.2	66.1
07.00	1136	488	0	942.4	71.9
08.00	1396	712	0	1270.4	73.2
09.00	1300	1028	0	1548.0	74.1
10.00	1516	968	4	1579.6	74.2
11.00	1472	1348	24	1968.0	75.1
12.00	1252	1276	16	1797.6	74.7
13.00	1500	1400	4	2005.2	75.2
14.00	1204	1524	12	2021.2	75.3
15.00	1336	1220	0	1754.4	74.6
16.00	1460	1200	24	1815.2	74.8
17.00	2308	1188	4	2116.4	75.5
18.00	1668	1348	16	2036.0	75.3

Tabel 4. Volume kendaraan dan BNL pada hari Minggu.

Jam	Jumlah kendaraan/jam			Volume kendaraan (smp/jam)	<i>Basic Noise Level</i> (dB)
	Motor	Mobil	Bus/Truk		
06.00	1016	676	4	1087.6	72.6
07.00	2076	800	0	1630.4	74.3
08.00	2832	1212	4	2350.0	75.9
09.00	2860	1568	8	2722.4	76.5
10.00	2240	1516	0	2412.0	76.0
11.00	1268	1292	0	1799.2	74.8
12.00	976	1224	0	1614.4	74.3
13.00	904	932	0	1293.6	73.3
14.00	860	1024	0	1368.0	73.6
15.00	856	856	8	1208.8	73.0
16.00	1012	960	0	1364.8	73.6
17.00	1340	976	4	1517.2	74.0
18.00	1476	1084	4	1679.6	74.5

4. KESIMPULAN

Jumlah kendaraan roda dua yang mendominasi kendaraan yang melewati Jalan Botolempangan sepanjang hari, pada hari kerja maupun hari libur. Peningkatan jumlah kendaraan di Jalan Botolempangan menimbulkan peningkatan tingkat kebisingan di lingkungan SD Negeri Mangkura Makassar. Tingkat kebisingan yang terukur sudah berada lebih dari nilai baku yang diizinkan untuk kawasan sekolah, yaitu 55 dB, sehingga perlu adanya penanganan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih atas dukungan dan bantuan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Hasanuddin Nomor 1866/UN4.21/PL.00.00/2019 sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asyharuddin Arbab (2018, 22 Nopember). *Hingga Oktober 2018, Jumlah Kendaraan di Makassar Capai 1.563.608 Unit*. Dikutip 20 April 2019 dari CELEBESMEDIA.ID: <http://celebesmedia.id> > [celebes](#) > [artikel](#) > 1024221118
2. Mediastika, Christina E. 2005. *Akustika Bangunan*. Erlangga, Jakarta, Indonesia.
3. Widi Suroto. 2010. Dampak Kebisingan Lalu Lintas Terhadap Permukiman Kota (Kasus Kota Surakarta), *Journal of Rural and Development*, Volume 1, pp. 55-62.
4. Muriara Akhdesia. 2015. Pengukuran Tingkat Kebisingan Di Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang Sebelum Di Bangun Bebas Hambatan (Highway), *JOM FMIPA*, Volume 2, No. 1, pp. 144-153.
5. Rohayu Arifin, Mohmadisa Hashim, Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah, Nasir Nayan, Yazid Saleh. 2015. Tahap kebisingan trafik dan kesannya terhadap persekitaran pengajaran-pembelajaran sekolah di pusat bandar Kuala Terengganu, *GEOGRAFIA Online™ Malaysian Journal of Society and Space*, 11 issue 4, pp. 10-23.
6. Zulkarnain, B. 2016. Evaluasi Tingkat Kebisingan Dan Frekuensi Getaran Jalan Raya Pada SMAN 01 Makassar, *Skripsi*, Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
7. Syaiful dan Zainal Abidin. 2017. *Pengaruh Volume Lalu Lintas Terhadap Kebisingan Yang Ditimbulkan Kendaraan Bermotor*. Prosiding Simposium II – UNIID 2017, Palembang, 19-20 September 2017, pp. 229-234. e-ISBN: 978-979-587-734-9
8. Hidayati, Nurul. 2007. Pengaruh Arus Lalu Lintas Terhadap Kebisingan (Studi Kasus Beberapa Zona Pendidikan di Surakarta). *Dinamika Teknik Sipil*, Vol. 7, No. 1, pp. 45-54.
9. Ditjen Bina Marga. 1997. MKJI, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

Potensi Campuran Minyak Biji Pangi (*Pangium edule reinw*) dan Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) sebagai Bahan Baku Energi Alternatif

Febriani Datte Taruk Lobo*, Nurlaela Rauf, Paulus Lobo Gareso
Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin, Makassar 90245

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi campuran minyak biji pangi dan biji kemiri sebagai bahan baku energi alternatif. Sampel dijemur dan dihaluskan kemudian diekstrak menggunakan metode sokletasi pada suhu 185°C dengan variasi waktu (2, 3, 4, 5 dan 6 jam) menggunakan larutan n-heksana 800 ml, dilanjutkan dengan proses destilasi untuk memisahkan minyak dengan larutan, kemudian dilakukan proses *degumming* untuk menghilangkan larutan yang masih tersisa di dalam minyak. Minyak yang dihasilkan akan dilakukan perhitungan nilai rendemen, kemudian minyak biji pangi dan biji kemiri dicampur dengan variasi 1, 1:3, 1:1, 3:1 dan 1 (minyak pangi + minyak kemiri) untuk menghitung nilai densitas, viskositas dan uji gugus fungsi. Diperoleh rendemen minyak tertinggi dari hasil ekstraksi yaitu minyak pangi sebesar 54,17% dan minyak kemiri sebesar 74,4%. Nilai densitas tertinggi 889,15 Kg/m³ (sampel E) dan nilai viskositas tertinggi 5,26 mm²/s (sampel E). Terdapat beberapa gugus fungsi yang sama dalam sampel A, B, C, D, dan E yaitu C-H (alkana), C=O (alkena), C-O (ester) dan gugus fungsi yang berbeda terdapat pada sampel A, B dan C yaitu O-H (fenol) dengan nilai transmisi yang berbeda.

Kata Kunci: Destilasi, Kemiri, Pangi, Sokletasi.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu tulang punggung perekonomian dunia¹. Indonesia adalah negara yang memiliki jumlah penduduk dan pertumbuhan konsumsi energi yang cukup tinggi yaitu sekitar 7% pertahun². Banyaknya penduduk menyebabkan kebutuhan energi dari tahun ketahun semakin meningkat, sehingga melakukan impor minyak untuk memenuhi kebutuhan energi setiap harinya². Kenaikan harga minyak memberi dampak yang sangat besar pada bidang perekonomian³. Untuk mengatasi kebutuhan sumber daya bahan bakar fosil, yang semakin menurun yaitu dengan memanfaatkan sumber daya alam⁴. Dimana Indonesia merupakan negara tropis memiliki berbagai jenis tanaman yang dapat dikembangkan sebagai sumber bahan baku alternatif seperti tanaman Pangi (*Pangium edule reinw*) dan tanaman kemiri (*Aleurites moluccana*) yang menghasilkan minyak dari daging biji buahnya dengan cara diekstrak⁵. Alat sokletasi merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengekstrak bahan yang mengandung minyak/lemak dengan menggunakan larutan seperti petroleum eter, n-heksana dan etanol yang dapat mengikat lemak yang ada dalam bahan.

Tanaman pangi (*Pangium edule reinw*) dapat tumbuh secara liar, dipelihara di pinggir sungai, di daerah bertanah kering dan tanah liat⁶. Daging biji pangi mengandung minyak/lemak yang tinggi dua kali lipat kandungan protein maupun karbohidrat⁵. Biji pangi dapat digunakan sebagai penyedap rasa (kluwek) pada masakan berwarna coklat kehitaman⁶.

Tanaman Kemiri (*Aleurites moluccana*) banyak tumbuh di Indonesia yang sering digunakan sebagai bumbu masakan, sebagai bahan cat dalam bidang industri, kosmetik, pernis dan obat-obatan. Biji kemiri memiliki kadar lemak yang sangat tinggi yaitu sekitar 35% - 80% minyak⁷.

Farida Hanu Hamzah dkk 2018, mengekstrak biji pangi dengan petroleum eter pada skala laboratorium untuk menghasilkan minyak biji pangi dan uji karakteristik yaitu densitas 888 kg/m³, kadar air 0,0253%, kadar asam lemak bebas 2.53%, kadar lemak 51,465% dan berwarna kuning⁴. Ferek Estrada 2015, mengekstrak biji kemiri dengan metode pengepresan menghasilkan nilai densitas 924,5 kg/m³, 1.2881 %FFA, rendemen minyak 42,4106 %⁸.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mencari bahan baku atau sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku energi alternatif untuk mengatasi bahan bakar fosil yang semakin berkurang menggunakan metode ekstraksi sokletasi.

*E-mail: febrianidattetaruklobo05@gmail.com

2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji pangi dan biji kemiri 150 gram yang sudah dihaluskan kemudian dibungkus menggunakan kertas saring. Selanjutnya diekstraksi menggunakan metode sokhletasi dengan variasi waktu yaitu 2, 3, 4, 5 dan 6 jam menggunakan 800 ml larutan n-heksana setiap ekstraksi. Kemudian dilakukan destilasi untuk memisahkan larutan dari dalam minyak hasil ekstraksi selanjutnya di *degumming* menggunakan oven dengan suhu 75°C selama 7 jam untuk menguapkan larutan yang masih ada dalam minyak hasil destilasi.

2.1 Rendemen minyak

Rendemen minyak bertujuan untuk mengetahui banyaknya minyak dari hasil ekstraksi, dihitung dengan membandingkan massa awal bahan yang diekstraksi dengan massa minyak yang dihasilkan kemudian dikalikan dengan 100%. Untuk penentuan rendemen minyak dapat dihitung menggunakan persamaan ⁸:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa minyak}}{\text{Massa awal bahan}} 100\% \quad (1)$$

Selanjutnya kedua jenis minyak hasil ekstraksi divariasikan untuk menghitung nilai densitas, viskositas dan uji gugus fungsi. Presentase masing-masing minyak dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi sampel.

Sampel	Komposisi (%)	
	Minyak kemiri	Minyak pangi
A	100	
B	75	25
C	50	50
D	25	75
E		100

2.2 Densitas

Pengujian densitas digunakan untuk mengukur massa jenis dari minyak menggunakan piknometer. Menurut SNI 04-182-2006 standar massa jenis untuk bahan bakar berkisar 850-890 kg/m³ ⁹.

2.3 Viskositas

Pengujian viskositas digunakan untuk mengetahui kekentalan pada minyak menggunakan viskometer Ostwald. Menurut SNI 04-182-2006 standar viskositas untuk bahan bakar berkisar 2,3-6,0 mm²/s pada suhu 30°C ⁹.

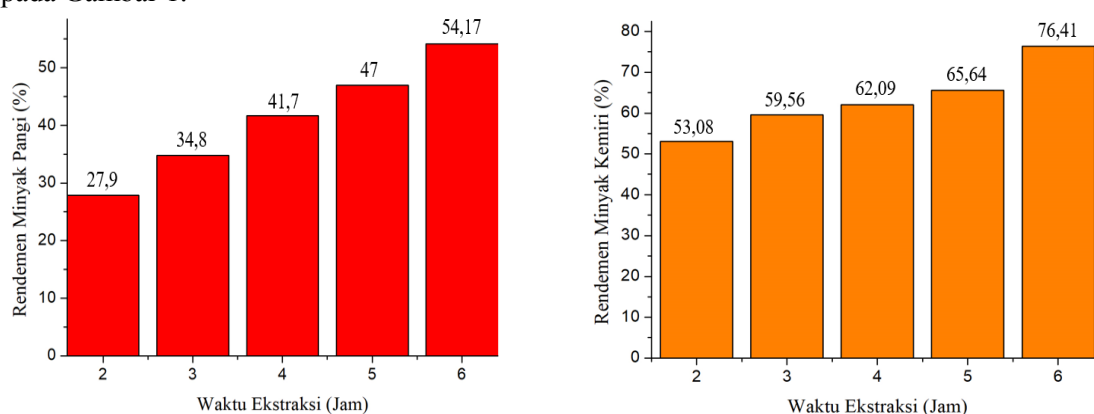
2.4 Karakterisasi FTIR (Fourier Transform Infra Red)

(Fourier Transform Infra Red) FTIR digunakan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi yang terdapat dalam suatu material dengan analisis dilihat pada bilangan gelombang 4500-500 cm⁻¹ ¹⁰.

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Rendemen Minyak

Hasil dari penelitian didapatkan data rendemen minyak untuk dua bahan dan berbagai waktu ekstraksi, dapat dilihat pada Gambar 1.

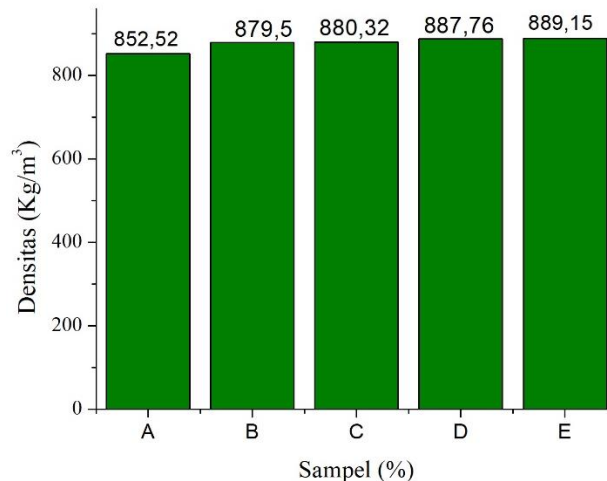


Gambar 1. Hubungan antara waktu reaksi rendemen minyak.

Gambar 1 menunjukkan bahwa rendemen minyak biji kemiri lebih tinggi dari rendemen minyak biji pangi yaitu minyak biji kemiri tertinggi di waktu 6 jam adalah 74,41% dan biji pangi 54,17%, waktu 5 jam minyak kemiri 65,64% minyak pangi 47%, waktu 4 jam minyak kemiri 62,09 % minyak pangi 41,7%, waktu 3 jam minyak kemiri 59,56% minyak pangi 34,8%, dan waktu 2 jam minyak kemiri 53,08% minyak pangi 27,9%. Semakin lama waktu yang digunakan untuk ekstraksi maka semakin tinggi rendemen minyak yang dihasilkan.

3.2 Densitas

Hasil dari penelitian didapatkan nilai densitas untuk berbagai komposisi sampel dapat dilihat pada Gambar 2.

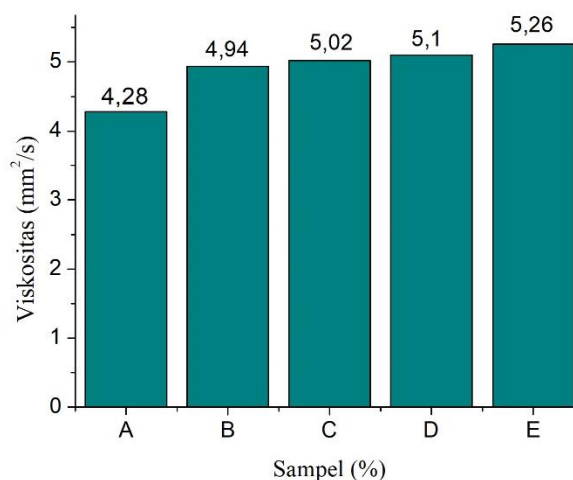


Gambar 2. Pengaruh pencampuran minyak terhadap densitas.

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai densitas dari semua variasi sampel memenuhi standar SNI 04-7182-2006 dimana nilai densitas tertinggi terdapat pada sampel E sebesar 889,15 kg/m³ (minyak pangi 100%) dan terendah berada pada sampel A sebesar 852,52 kg/m³ (minyak kemiri 100%). Nilai densitas tertinggi pada pencampuran minyak yaitu sampel D sebesar 887,76 kg/m³ (minyak kemiri 25% + minyak pangi 75%) dan nilai terendah yaitu sampel B sebesar 879,5 kg/m³ (minyak kemiri 75% + minyak pangi 25%). Pengaruh pencampuran minyak biji pangi terhadap biji kemiri sangat mempengaruhi nilai densitas, bertambahnya minyak biji pangi yang dicampurkan terhadap minyak kemiri maka nilai densitas semakin tinggi.

3.3 Viskositas

Hasil dari penelitian didapatkan nilai viskositas untuk berbagai komposisi sampel dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.

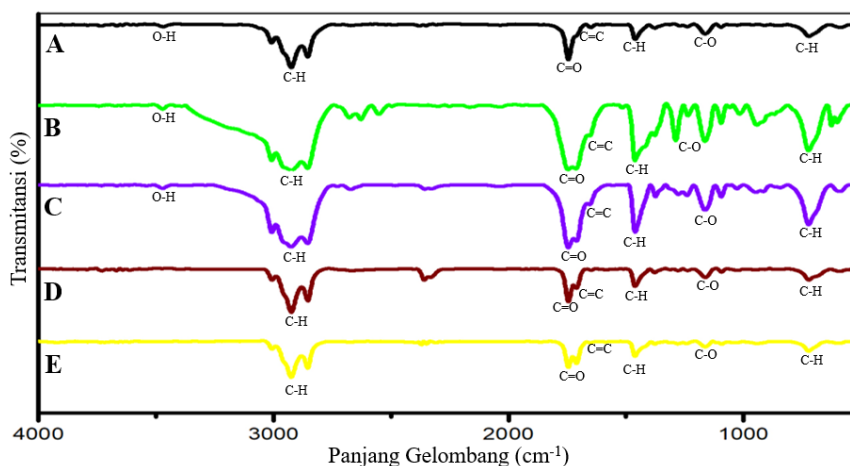


Gambar 3. Pengaruh pencampuran minyak terhadap viskositas.

Gambar 3 menunjukkan nilai viskositas dari semua variasi sampel memenuhi standar SNI 04-7182-2006. Nilai viskositas tertinggi diperoleh pada sampel E sebesar 5,26 mm²/s (minyak pangi 100%), terendah diperoleh pada sampel A sebesar 4,28 mm²/s (minyak kemiri 100%). Nilai viskositas tertinggi pada pencampuran adalah

sampel D sebesar 5,1 mm²/s (minyak kemiri 25% + minyak pangi 75%) dan nilai viskositas terendah pada pencampuran adalah sampel B sebesar 4,94 mm²/s (minyak kemiri 75% + minyak pangi 25%). Penambahan minyak biji pangi terhadap minyak biji kemiri sangat mempengaruhi nilai viskositas, semakin banyak minyak biji pangi dicampurkan terhadap minyak biji kemiri, semakin tinggi pula nilai viskositasnya. Tingginya nilai viskositas suatu cairan, dikarenakan cairan yang diuji memiliki sifat yang kental sehingga sukar untuk mengalir.

3.4 Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)



Gambar 4. Grafik karakterisasi FTIR minyak biji pangi, biji kemiri dan campuran minyak biji pangi dan biji kemiri.

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada minyak biji kemiri 100% (A) mengandung gugus fungsi O-H ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (3496.94 cm⁻¹), kemudian diikuti muncunya serapan tajam pada bilangan gelombang (2926.01 cm⁻¹, 2854.65 cm⁻¹) untuk gugus fungsi C-H (alkana). Serapan tajam pada bilangan gelombang (1745.58 cm⁻¹) dengan gugus fungsi C=O (ester) dan diikuti muncunya serapan pada panjang gelombang (1649.14 cm⁻¹) dengan gugus fungsi C=C (alkena). Serapan ikatan C-H (alkana) ditunjukkan pada bilangan gelombang (1460.11 cm⁻¹, 1377.17 cm⁻¹), kemudian diikuti muncunya serapan pada bilangan gelombang (1238.30 cm⁻¹, 1163.08 cm⁻¹, 1095.57 cm⁻¹) untuk gugus fungsi C-O (ester). Serapan ikatan C-H (alkena) ditunjukkan pada bilangan gelombang (910.40 cm⁻¹, 721.38 cm⁻¹).

Campuran minyak biji kemiri 75% dan minyak biji pangi 25% (B) mengandung gugus fungsi O-H (fenol) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (3471.87 cm⁻¹), kemudian diikuti muncunya gugus fungsi C-H (alkana) dengan serapan pada bilangan gelombang (2924.09 cm⁻¹, 2854.65 cm⁻¹). Serapan pada bilangan gelombang (1747.51 cm⁻¹, 1712.79 cm⁻¹) dengan gugus fungsi C=O (ester), dan diikuti dengan muncunya gugus fungsi C = C (alkena) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (1654.92 cm⁻¹). Selanjutnya diikuti oleh muncunya gugus fungsi C-H (alkana), yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (1462.04 cm⁻¹, 1377.17 cm⁻¹). Selanjutnya diikuti muncunya gugus fungsi C-O (ester) ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (1288.45 cm⁻¹, 1236.37 cm⁻¹, 1163.08 cm⁻¹, 1095.57 cm⁻¹, 1058.92 cm⁻¹) dan gugus fungsi C - H (alkena) ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (943.19 cm⁻¹, 869.9 cm⁻¹, 723.31 cm⁻¹).

Campuran minyak biji pangi 50% dan minyak biji kemiri 50% (C) mengandung gugus fungsi O-H (fenol) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (3471.87 cm⁻¹), kemudian diikuti muncunya gugus fungsi C-H (alkana) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (2924.09 cm⁻¹, 2854.65 cm⁻¹), kemudian diikuti muncunya gugus fungsi C=O (ester) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (1745.58 cm⁻¹, 1710.86 cm⁻¹), kemudian diikuti muncunya gugus fungsi C-H (alkana) yang ditunjukkan oleh serapan (1460.11 cm⁻¹, 1375.25 cm⁻¹), dan diikuti oleh serapan pada bilangan gelombang (1276.88 cm⁻¹, 1240.23 cm⁻¹, 1163.08 cm⁻¹, 1093.64 cm⁻¹) dengan gugus fungsi C-O (ester) selanjutnya diikuti gugus fungsi C-H (alkena) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (947.05 cm⁻¹, 916.19 cm⁻¹, 842.89 cm⁻¹, 723.31 cm⁻¹).

Campuran minyak biji kemiri 25% dan minyak biji pangi 75% (D) mengandung gugus fungsi C-H (alkana) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (2924.09 cm⁻¹, 2854.65 cm⁻¹). Serapan tajam pada bilangan gelombang (1745.58 cm⁻¹, 1710.86 cm⁻¹) dengan gugus fungsi C=O (ester), selanjutnya diikuti oleh

serapan pada bilangan gelombang (1647.21 cm^{-1}) dengan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ (alkena). Serapan ikatan pada bilangan gelombang (1460.11 cm^{-1} , 1377.17 cm^{-1}) dengan gugus fungsi $\text{C}-\text{H}$ (alkana). Serapan ikatan pada bilangan gelombang (1276.88 cm^{-1} , 1238.30 cm^{-1} , 1163.08 cm^{-1} , 1093.64 cm^{-1}) dengan gugus fungsi $\text{C}-\text{O}$ (ester), kemudian diikuti serapan pada bilangan gelombang (910.40 cm^{-1} , 731.38 cm^{-1}) dengan gugus fungsi $\text{C}-\text{H}$ (alkena).

Minyak biji pangi 100% (E) diperoleh gugus fungsi seperti $\text{C}-\text{H}$ (alkana) yang ditunjukkan oleh serapan pada gelombang (2926.01 cm^{-1} , 2854.65 cm^{-1}) kemudian diikuti juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang (1745.58 cm^{-1} , dan 1710.86 cm^{-1}) dengan gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ (ester), selanjutnya diikuti munculnya gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ (alkena) yang ditunjukkan oleh serapan pada gelombang (1649.14 cm^{-1}), kemudian diikuti juga serapan pada bilangan gelombang 1462.04 cm^{-1} dengan gugus fungsi $\text{C}-\text{H}$ (alkana), kemudian diikuti juga munculnya gugus fungsi $\text{C}-\text{O}$ (ester) dan $\text{C}-\text{H}$ (alkena) yang ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang (1163.08 cm^{-1} , 1093.64 cm^{-1} dan 941.26 cm^{-1} , 723.31 cm^{-1})

Hasil analisis gugus fungsi pada minyak biji kemiri, minyak biji pangi dan pencampuran minyak biji kemiri dan minyak biji pangi mengalami perubahan nilai transmisi pada setiap sampel. Terdapat gugus fungsi yang berbeda yaitu $\text{O}-\text{H}$ (fenol) dengan intensitas berubah-ubah dan terkadang melebar pada sampel P (minyak kemiri 100%), Q (minyak kemiri 75% + minyak pangi 25%) dan R (minyak kemiri 50% + minyak pangi 50%)

4. KESIMPULAN

Hasil uji karakteristik diperoleh nilai rendemen untuk minyak pangi 27,9-54,17% sedangkan minyak kemiri 53,08-76,4 %. Dengan demikian kandungan minyak dari biji kemiri lebih tinggi dibandingkan minyak biji pangi. Nilai densitas berkisar $852,52\text{--}889,15\text{ kg/m}^3$ dengan nilai tertinggi yaitu sampel E sebesar $889,15\text{ kg/m}^3$ (minyak pangi 100%) dan nilai tertinggi setelah pencampuran yaitu sampel D sebesar $887,76\text{ kg/m}^3$ (minyak kemiri 25% + minyak pangi 75%). Nilai uji viskositas berkisar $4,28\text{--}5,25\text{ mm}^2/\text{s}$ dimana nilai tertinggi yaitu sampel E sebesar $5,26\text{ mm}^2/\text{s}$ (minyak pangi 100%) dan nilai tertinggi setelah pencampuran yaitu sampel D sebesar $5,1\text{ mm}^2/\text{s}$ (minyak kemiri 25% + minyak pangi 75%). Dengan demikian hasil analisa densitas dan viskositas menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan telah memenuhi SNI 04-7182-2006 yang ditetapkan.

Hasil pengujian menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) pada semua sampel memiliki gugus fungsi yang sama yaitu $\text{C}-\text{H}$ (alkana), $\text{C}=\text{O}$ (ester), $\text{C}=\text{C}$ (alkena), $\text{C}-\text{H}$ (alkena) dan $\text{C}-\text{O}$ (ester) dan gugus fungsi $\text{O}-\text{H}$ (fenol) terdapat pada sampel K100% (A), K75% + P25% (B) dan K50%+P50% (C) dengan nilai transmisi yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih FDTL yang sebesar-besarnya kepada Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc selaku pembimbing utama dan Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc selaku pembimbing pertama.

DAFTAR PUSTAKA

1. O. Kibazohi, R. S. Sangwan. 2011. Vegetable Oil Production Potential From *Jatropha Curcas*, *Croton Megalocarpus*, *Aleurites Moluccana*, *Moringa Oleifera*, And *Pachira Glabra*: Assessment Of Renewable Energy Resources For Bio-Energy Production in Afrika. *Biomass and Bioenergy*, **35**: 1352-1356.
2. E. Syahrial, F. H. Hamzah, A. Ali. 2018. Konsentrasi Katalis CaO Dari Cangkang Telur Ayam Pada Proses Transesterifikasi Biodiesel Minyak Biji Pangi. *Jom FAPERTA*, Vol. **5**, No.1: 44-52.
3. S. Soni, B. N. Tanyela, T. Sudiarti, H. E. Prabowo, N. B. Wahid. 2017. Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (*Ricinus Communis*) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin. *Jurnal Kimia Valensi: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, Vol. **3**, No. 1: 1-10.
4. K. S. Arjun, K. Anand, N. Harilal, M. Aby Kurian. 2016. Preparation of Bio-Diesel from Waste Sunflower Oil. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol. **3**, No. 4.
5. H. H. Farida, N. Hamzah, H. S. Irdoni. 2018. Potency of Picung (*Pangium Edule Reinw*) Endosperm Utilized As A Raw Material In Producingfrying Oil or Biodiesel. *Jurnal Agroindustri*, Vol. **8**, No. 1: 44-52.
6. S. Ramdana, Suhartati. 2015. Pangi (*Pangium edule reinw*) Sebagai Tanaman Serbaguna Dan Sumber Pangan. *Info Teknis EBONI*, Vol. **12**, No. 1: 23-37.
7. N. Munawwarah, I. Taskirawati, B. Baharuddin. 2017. Pemanfaatan Tanaman Pangi (*Pangium Edule Reinw*) pada Lahan Agroforestri Desa Watu Toa Kecamatan Marioriwawo Kabupaten Soppeng. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, Vol. **9**, No. 2: 123-130.
8. Daniel, I. Masmur. 2007. Pembuatan Senyawa Alkanolamida Tetrahidroksi Oktadekanoat Dari Minyak Kemiri Yang Berfungsi Sebagai Surfaktan. *Jurnal Penelitian MIPA*, Vol. **1**, No. 1.

9. Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB). *Biodiesel*. Badan Standardisasi Nasional (BNS), Jakarta, 2006.
10. S. Silviyah, S. Chomsin, Widodo dan Masruroh. 2010. Penggunaan Metode FT-IR (Fourier Transform Infra Red) Untuk Mengidentifikasigugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma. *Jurnal Kimia*, Vol. **4**, No. 1.

Uji Karakteristik Campuran Minyak Biji Kapuk (*Ceiba pentandra*) dan Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) sebagai Bahan Baku Biodiesel

Suarni^{*}, Nurlela Rauf, Paulus Lobo Gareso

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin, Makassar 90245

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang uji karakteristik campuran minyak kapuk dan kemiri yang meliputi: gugus fungsi, rendemen minyak, densitas dan viskositas. Minyak diperoleh dari proses ekstraksi sokhlet menggunakan pelarut N-Heksana dengan variasi waktu selama 2, 2½, 3, 3½, 4, 4½, dan 5 jam untuk biji kapuk, dan untuk biji kemiri diekstraksi dengan variasi waktu 3, 4, 5, 6, dan 7 jam. Minyak yang dihasilkan akan dilakukan perhitungan rendemen, kemudian minyak (kemiri dan kapuk) dikomposisikan dengan variasi rasio minyak 1:0, 3:1, 1:1, 1:3 dan 0:1. Karakterisasi gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C-H, C=C, C=O dan C-O ester yang merupakan karakteristik minyak, gugus O-H alkoholik dari asam lemak bebas. Rendemen minyak kapuk diperoleh 15,96 – 48,63% sedangkan minyak kemiri diperoleh nilai rendemen berkisar antara 70,41 – 79,78%. Pada pengujian karakteristik fisis minyak untuk bahan baku biodiesel, menurut standar yaitu pada suhu 30 °C diperoleh densitas sebesar 852,5 – 873,2 kg/m³, viskositas kinematik sebesar 4,28 – 4,71 mm²/s. Dengan demikian hasil analisa menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan telah memenuhi SNI 04-7182-2006.

Kata Kunci: ekstraksi, FTIR, minyak kapuk, minyak kemiri.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dunia yang pesat menyebabkan kebutuhan akan sumber energi berbagai sektor juga meningkat misalnya, industri, transportasi, pertanian, sektor domestik, dan lain-lain. Saat ini, lebih dari 80% dari permintaan energi dipenuhi oleh bahan bakar fosil¹. Sementara, cadangan energi fosil semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui, yang sangat berpotensi menimbulkan krisis sumber energi fosil pada masa yang akan datang². Penggunaan bahan bakar fosil dalam produksi energi yang berlebihan menyebabkan masalah lingkungan seperti dapat memicu terjadinya pemanasan global. Hasil pembakaran yang tidak sempurna dari minyak bumi sangat berbahaya bagi lapisan ozon yang juga dapat memicu terjadinya hujan asam, sehingga membutuhkan basis energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan³.

Salah satu pengembangan energi alternatif adalah dengan memanfaatkan sektor agraris yang dimiliki oleh Indonesia, sehingga didapatkan energi alternatif berbasis nabati yang bersifat ramah terhadap lingkungan⁴. Biodiesel berpotensi untuk menjadi pengganti bahan bakar konvensional yaitu minyak bumi yang umumnya berasal dari metanolisis/transterifikasi⁵. Selain sumber energi terbarukan, biodiesel juga merupakan alternatif yang layak dengan sejumlah keunggulan dibandingkan petrodiesel (solar), yaitu mengurangi emisi CO₂, SO₂ dan Hidrokarbon. Jika dibandingkan dengan diesel berbasis minyak bumi, biodiesel juga dapat diterapkan langsung atau dicampur dengan diesel pada kendaraan bermesin diesel, hal ini karena sifat fisikokimia yang dimiliki biodiesel sama dengan diesel fosil⁶⁻⁷.

Menurut *American Society for Testing and Material* (ASTM), biodiesel berasal dari bahan baku *lipid*, seperti minyak nabati dan lemak hewani. Jika dibandingkan dengan lemak hewani, minyak nabati yang berasal dari tumbuh-tumbuhan mengandung kadar lemak jenuh yang lebih rendah⁸. Salah satunya adalah pemanfaatan biji kapuk randu yang belum optimal dan biasanya hanya menjadi limbah. Minyak kapuk memiliki asam lemak tidak jenuh sekitar 71,95% yang kurang baik apabila dikembangkan menjadi minyak makan⁹. Komponen minyak biji kemiri terdiri dari susunan asam-asam lemak dalam struktur trigliserida yang dapat direaksikan membentuk produk biodiesel⁴. Dengan asam lemak yang dikandung biji kapuk randu dan biji kemiri, perlu dilakukan penelitian tentang biji tersebut yang berpotensi sebagai bahan bakar alternatif.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Umer rashid (2014) mengekstrak biji kapuk randu dengan sokhletasi menghasilkan *yield* sekitar 22%, viskositas kinematik 6,01 mm²/s (cSt), 868,17 kg/m³ untuk densitas¹⁰. Ninik Indah Hartati (2015) mengekstrak minyak biji kapuk menggunakan ekstraktor berbantuan gelombang mikro dengan memvariasikan lama waktu pemanasan, menghasilkan *yield* terbaik yaitu 33.53% pada lama waktu

^{*} E-mail: suarni.barmang@gmail.com

reaksi 15 menit⁹. Kabral (2016) mengesktrak biji kemiri menggunakan *solvent* heksana menghasilkan *yield* sekitar 42%, 908,5 kg/m³ untuk densitas¹¹. Mahlinda (2017) mengestrak biji kemiri menggunakan bantuan radiasi gelombang ultrasonik dengan memvariasikan rasio metanol, jumlah katalis, waktu reaksi dan temperatur, memperoleh *yield* maksimum 57,85%, densitas 882 kg/m³, dan viskositas 4,68 mm²/s (cSt)¹².

Dalam penelitian ini, biji kapuk randu dan biji kemiri diekstrak menggunakan metode sokhletasi dengan memvariasikan waktu ekstraksi, kemudian dilakukan distilasi. Minyak yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi gugus fungsinya menggunakan *Spektrofotometri Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan juga sifat fisis dari minyak yang meliputi rendemen minyak, densitas, dan viskositas.

2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah minyak biji kapuk dan minyak biji kemiri yang diperoleh dari proses ekstraksi sokhlet dengan variasi waktu selama 2, 2½, 3, 3½, 4, 4½, dan 5 jam untuk minyak biji kapuk randu, sedangkan minyak biji kemiri diekstraksi dengan variasi waktu 3, 4, 5, 6, dan 7 jam. Biji kapuk dan biji kemiri yang digunakan masing-masing 150 gram dengan pelarut N-Heksana sebanyak 800 ml setiap ekstraksi. Selanjutnya minyak hasil ekstraksi didistilasi untuk memisahkan pelarut dengan minyak, kemudian dipanaskan menggunakan oven untuk menguapkan sisa pelarut yang masih tersisa dengan temperatur 75 °C selama 7 jam.

2.1 Rendemen minyak

Perhitungan rendemen bertujuan untuk mengetahui banyaknya minyak yang dihasilkan, dihitung dengan membandingkan minyak keseluruhan yang diperoleh dari proses ekstraksi terhadap massa bahan yang dimasukkan ke dalam alat ekstraksi sokhlet. Rendemen minyak dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Rendemen} = \frac{w_m}{w_s} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: Rendemen = rendemen minyak (%),
 w_m = massa ekstrak minyak (kg), dan
 w_s = massa bahan (kg).

Setelah menghitung rendemen minyak, dilakukan variasi campuran minyak (minyak kemiri+minyak kapuk) untuk pengujian gugus fungsi, densitas, dan viskositas. Persentase perbandingan campuran untuk masing-masing minyak dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi sampel.

Sampel	Komposisi (wt %)	
	Minyak Kemiri	Minyak Kapuk
A	100	-
B	75	25
C	50	50
D	25	75
E	-	100

2.2 Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Karakterisasi gugus fungsi sampel diperoleh melalui analisis menggunakan *Spektrofotometri Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Data hasil karakterisasi FTIR kemudian diolah dalam aplikasi Origin.

2.3 Densitas

Pengujian densitas menggunakan alat piknometer. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui massa jenis dari minyak dengan menghitung selisih massa piknometer isi dikurangi massa piknometer kosong per volume piknometer (10ml). Standar densitas jenis biodiesel berkisar 850 – 890 Kg/m³ menurut SNI 04- 182-2006¹³.

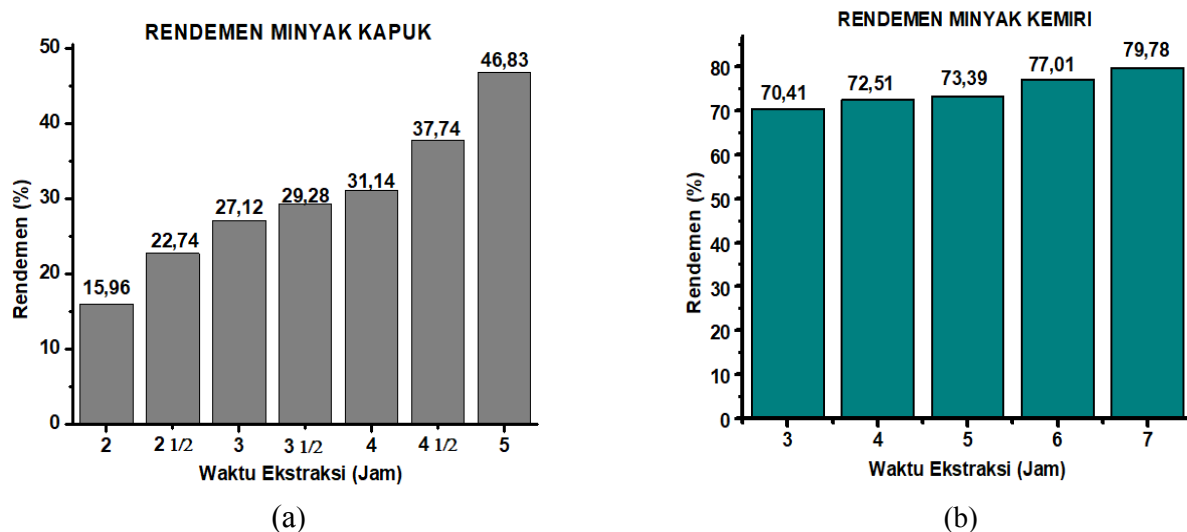
2.4 Viskositas

Untuk mengetahui viskositas (kekentalan) dari minyak, dilakukan pengujian menggunakan viskometer Ostwald. Standar viskositas jenis biodiesel menurut SNI 04- 182-2006¹³ berkisar 2,3 – 6,0 mm²/s.

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Rendemen Minyak

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan data rendemen untuk setiap variasi waktu ekstraksi ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik hubungan antara rendemen minyak terhadap lama ekstraksi. (a) Untuk minyak biji kapuk, dan (b) untuk minyak biji kemiri.

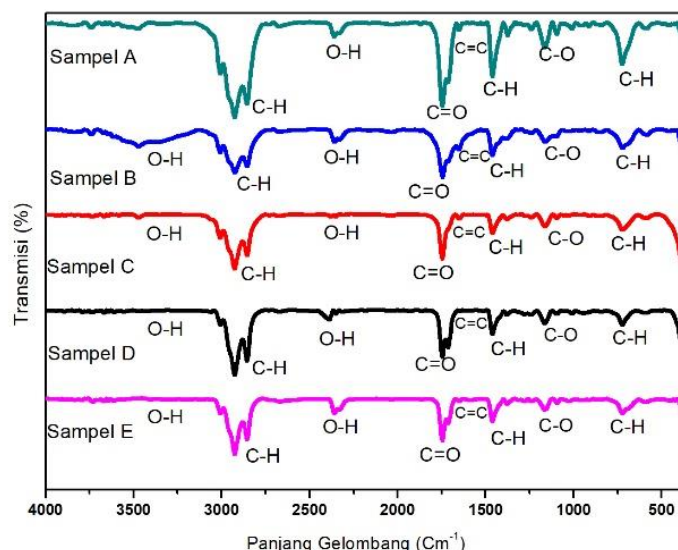
Berdasarkan pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa peningkatan rendemen terjadi seiring dengan peningkatan waktu ekstraksi yang dilakukan. Semakin lama waktu ekstraksi maka kontak yang terjadi antara pelarut dan bahan yang diekstrak juga semakin lama, sehingga rendemen minyak yang diperoleh tinggi¹⁴.

Untuk waktu ekstraksi 3 jam, rendemen minyak biji kapuk diperoleh 27,12%, untuk 4 jam diperoleh 31,14%, dan ekstraksi 5 jam diperoleh sebesar 46,83%. Sedangkan pada minyak biji kemiri, untuk waktu ekstraksi 3 jam, rendemen yang diperoleh sebesar 70,4 %, untuk 4 jam diperoleh 72,51 %, dan ekstraksi 5 jam diperoleh sebesar 73,39%. Sehingga diketahui bahwa kandungan minyak biji kemiri lebih tinggi dibandingkan minyak biji kapuk.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Umer Rashid (2014), biji kapuk yang diekstrak dengan metode sokhletasi kemudian dilanjutkan dengan pemisahan antara minyak dan pelarut dengan proses evaporasi, menghasilkan minyak sekitar 22%¹⁰. Ninik Indah (2015) mengekstrak biji kapuk dengan metode berbantuan mikrowave, bahan 10 gram, dengan perbandingan massa bahan dan volume pelarut adalah 1:15, menghasilkan minyak 33,53%⁹. Kabral (2016) mengekstrak biji kemiri dengan metode sokhletasi kemudian dilanjutkan evaporasi menghasilkan minyak 42%¹¹. Mahlinda (2017) mengekstrak biji kemiri dengan metode berbantuan ultrasonik, bahan sebanyak 10 gram dengan perbandingan massa bahan dan volume pelarut adalah 1:1, menghasilkan minyak 57,85%¹². Dari hasil penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa faktor yang mempengaruhi banyaknya rendemen yang dihasilkan adalah teknik ekstraksi dan perbandingan antara jumlah pelarut dan bahan baku. Jika perbandingan pelarut dengan bahan baku besar maka akan memperbesar pula jumlah senyawa yang terlarut, sehingga rendemen minyak yang dihasilkan meningkat¹⁴.

3.2 Karakterisasi FTIR

Berdasarkan Gambar 3.2 menunjukkan bahwa spektrum (puncak-puncak serapan) yang dimiliki minyak kapuk, minyak kemiri dan minyak campuran tidak terlalu menunjukkan perbedaan signifikan. Spektrum FTIR menunjukkan vibrasi ikatan-ikatan yang terdapat dalam senyawa, dengan puncak serapan yang sesuai dengan frekuensi getaran antara ikatan atom yang membentuknya¹⁵.



Gambar 2. Grafik karakterisasi FTIR minyak biji kemiri, minyak biji kapuk randu dan minyak campuran.

Adapun gugus-gugus fungsi yang terkandung di dalam minyak biji kapuk, minyak biji kemiri, dan minyak campuran dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

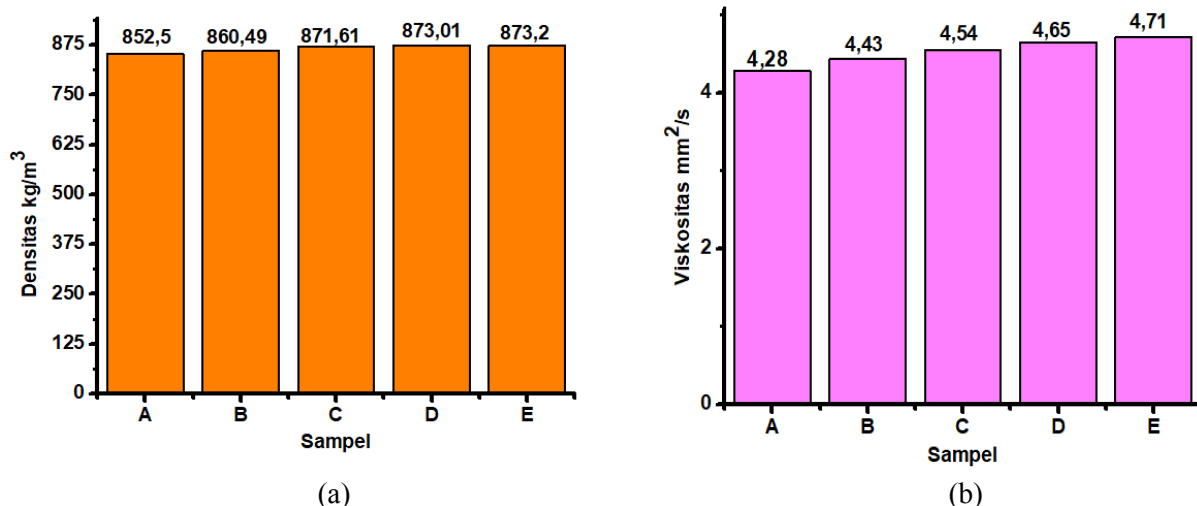
Tabel 2. Gugus fungsi yang terkandung dalam sampel berdasarkan interpretasi karakteristik FTIR.

Sampel	Ikatan	Tipe Senyawa
A	O-H	Alkohol ikatan hydrogen
	C-H	Alkana
	O-H	Ikatan hidrogen asam karboksilat
	C=O	Ester
	C=C	Alkena
	C-H	Alkana
	C-O	Alkohol, Ester, Eter
	C-H	Alkena, aromatik
B	O-H	Alkohol ikatan hydrogen
	C-H	Alkana
	O-H	Ikatan hidrogen asam karboksilat
	C=O	Ester, Asam karboksilat
	C=C	Alkena, aromatik
	C-H	Alkana
	C-O	Alkohol, Eter, Ester
	C-H	Alkena, aromatik
C	O-H	Alkohol ikatan hydrogen
	C-H	Alkana
	O-H	Ikatan hidrogen asam karboksilat
	C=O	Ester, Asam karboksilat
	C=C	Alkena
	C-H	Alkana
	C-O	Alkohol, Eter, ester
	C-H	Alkena, aromatik

D	O-H	Alkohol ikatan hydrogen
	C-H	Alkana
	O-H	Ikatan hidrogen asam karboksilat
	C=O	Ester, Asam karboksilat
	C=C	Alkena
	C-H	Alkana
	C-O	Alkohol, ester, ester
	C-H	Alkena, aromatik
E	C-H	Alkana
	O-H	Ikatan hidrogen asam karboksilat
	C=O	Asam karboksilat, ester
	C=C	Alkena, aromatik
	C-H	Alkana CH ₂ , CH ₃
	C-O	Alkohol, Eter, Ester
	C-H	Alkena, Aromatik

Salah satu sifat umum dari minyak adalah mengandung atom karbon, hidrogen, oksigen, dan terkadang mengandung nitrogen dan fosfor. Berdasarkan interpretasi *Infra-Red* (IR), Tabel 2 menunjukkan bahwa minyak biji kapuk, minyak biji kemiri, dan minyak campuran, memiliki gugus fungsi C-H, C=C, gugus C=O dan C-O ester, yang merupakan karakteristik minyak. Minyak memiliki karakteristik gugus O-H alkoholistik dari asam lemak bebas, adanya gugus O-H alkoholik pada sampel menunjukkan bahwa biodiesel (metil ester) belum terbentuk, metil ester adalah hasil produk transesterifikasi dari trigliserida dan metanol.

3.3 Densitas dan viskositas



Gambar 3. (a) Pengaruh pencampuran rasio minyak terhadap densitas, dan (b) pengaruh pencampuran rasio minyak terhadap viskositas.

Gambar 3a menunjukkan bahwa densitas terendah diperoleh pada minyak biji kemiri (A) yaitu 852,5 kg/m³ dan densitas tertinggi diperoleh pada minyak biji kapuk (E) yaitu 873,2 kg/m³. Sedangkan densitas untuk berbagai variasi komposisi campuran yaitu sampel (B) adalah 860,49 kg/m³, sampel (C) adalah 871,61 kg/m³, dan sampel (D) adalah 873,01 kg/m³. Densitas dari pencampuran minyak menunjukkan bahwa dengan penambahan rasio minyak biji kapuk yang dinaikkan, maka densitas juga meningkat atau dengan penambahan rasio minyak biji kemiri yang dinaikkan, maka densitas menurun. Hal ini dikarenakan minyak biji kemiri yang dihasilkan agak encer dibandingkan minyak biji kapuk.

Gambar 3b menunjukkan bahwa nilai viskositas terendah diperoleh pada minyak biji kemiri (A) sebesar 4,28 mm²/s, dan viskositas tertinggi diperoleh pada minyak biji kapuk (E) sebesar 4,71 mm²/s. Viskositas untuk berbagai variasi komposisi campuran, tidak terlalu menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan yaitu untuk

sampel (B) sebesar 4,43 mm²/s, sampel (C) adalah 4,54 mm²/s, dan sampel (D) adalah 4,65 mm²/s. Hal ini menunjukkan bahwa viskositas berbanding lurus dengan massa jenis (densitas), meningkatnya densitas maka nilai viskositas juga bertambah begitu juga sebaliknya. Peningkatan massa jenis akan menghambat atau memberi beban yang berat pada cairan sehingga menaikkan viskositasnya ¹⁶.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C-H, C=C, gugus C=O dan C-O ester yang merupakan karakteristik minyak. Minyak memiliki karakteristik gugus O-H alkolistik dari asam lemak bebas. Rendemen minyak kapuk tertinggi diperoleh saat ekstraksi selama 5 jam yaitu sebesar 48,63%, sedangkan minyak kemiri diperoleh nilai tertinggi sebesar 79,78% dengan ekstraksi selama 7 jam. Pengujian karakteristik fisis minyak untuk bahan baku biodiesel berdasarkan SNI 04-7182-2006 pada suhu 30 °C yaitu diperoleh densitas sebesar 852,5 – 873,2 kg/m³, dan viskositas kinematik sebesar 4,28 – 4,71 mm²/s. Dengan demikian hasil analisa menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan telah memenuhi SNI 04-7182-2006.

DAFTAR PUSTAKA

1. M. A. Wakil, M. A. Kalam, H. H. Masjjuki, A.E. Atabani, dan I.M. Rizwanul Fattah. 2015. Influence of Biodiesel Blending on Physicochemical Properties and Importance of Mathematical Model for Predicting The Properties of Biodiesel Blend, *Energy Conversion and Management*, Vol. **94**: 51-67.
2. D. L. Cursaru, G. Branoiu, I. Ramadan, dan F. Miculescu. 2014. Degradation of Automotive Materials Upon Exposure to Sunflower Biodiesel, *Industrial Crops and Products*, Vol. **54**: 149-158.
3. V. H. J.M. D. Santos, V. Z. Pestana, J. S. D. Freitas, dan L. F. Rodrigues. 2018. A Preliminary Study on Traceability of Biodiesel Mixtures Based on The Raw Materials Profiles from Brazilian Regions and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), *Vibrational Spectroscopy*, Vol. **99**: 113-123.
4. R. Aziz, Aisyah, A. Ilyas. 2016. Sintesis Metil Ester dari Minyak Biji Kemiri (*Aleurites molluccana*) Menggunakan Metode Ultrasonokimia, *Al-Kimia*, Vol. **4**, No. 1.
5. M. W. Mumtaz, H. Mukhtar, U. A. Dilawer, S. M. Hussain, M. Hussain, dan M. Iqbal. 2016. Biodiesel Production from *Eruca Sativa* Oil Catalyzed by Novozyme-435 and Lipase, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.
6. R. Shan, L. Lu, Y. Shi, H. Yuan, dan J. Shi. 2018. Catalysts From Renewable Resources for Biodiesel Production, *Energy Conversion and Management*, Vol. **178**: 277-289.
7. W. Roschat, T. Siritanon, T. Kaewpuang, B. Yoosuk, dan V. Promarak. 2016. Economical and Green Biodiesel Production Process Using River Snail Shells Derived Heterogeneous Catalyst and Co-Solvent Method. *Bioresource Technology*, Vol. **209**: 343-350.
8. M. R. Avhad, M. Sánchez, A. Bouaid, M. Martínez, J. Aracil, dan J.M. Marchetti. 2018. Modeling Chemical Kinetics of Avocado Oil Ethanolysis Catalyzed by Solid Glycerol-Enriched Calcium Oxide, *Energy Conversion and Management*.
9. N. I. Hartati, R. A. Raesta, N. Sa'diyah dan L. Kurniasari. 2018. Ekstraksi Minyak Biji Kapuk Randu (*Ceiba Pentandra Gaertn*) Menggunakan Ekstraktor Berbantu Gelombang Mikro. *Prosiding SNST ke- 9*, Semarang, 2018.
10. U. Rashid, G. Knothe, R. Yunus, dan R. L. Evangelista. 2014. Kapok Oil Methyl Esters, *Biomassa and Bioenergy*, Vol. **30**: 1-7.
11. M. R. P. Cabral, S. A. L. Santos, J. M. Stropa, R. C. Silva, A.L. C. Claudia, C. S. O. Lincoln, dkk. 2016. Chemical Composition and Thermal Properties of Methyl and Ethyl Esters Prepared from *Aleurites moluccanus* (L.) Willd (Euphorbiaceae) nut oil, *Industrial Crops and Products*, Vol. **85**: 109-116.
12. M. Mahlinda, dan M. Bustha. 2017. Transesterifikasi In Situ Biji Kemiri (*Aleurites moluccana* L) Menggunakan Metanol Daur Ulang dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik, *Agritech*, Vol. **37**, 3: 295-301.
13. Awogbemi, F. Inambao and E.I. Onuh. 2018. Performance and Emissions of Compression Ignition Engines Fuelled with Waste Cooking Oil Methyl Ester, *International Journal of Applied Engineering*, Vol. **13**, No. 11: 9706-9723.
14. E. Melwita, Fatmawati, dan S. Oktaviani. 2014. Ekstraksi Minyak Biji Kapuk Dengan Metode Ekstraksi Soxhlet, *Teknik Kimia*, Vol. **20**, No. 1.
15. A. Y. Oyerinde, dan E. I. Bello. 2016. Use of Fourier Transformation Infrared (FTIR) Spectroscopy for Analysis of Functional Groups In Peanut Oil Biodiesel and Its Blends, *British Journal of Applied Science & Technology*, Vol. **13**, No. 13: 1-14.
16. R. Hartono, F. A. Pitaloka, dan M. M. Karina. 2016. Pembuatan Biodesel Dari Minyak Biji Kepuh (*Sterculia Foetida* L.) Dengan Proses Transesterifikasi, *Alkimia*, Vol. **4**, No. 1.

Pengaruh Komposisi Membran AgCl dan Pasta Grafit Terhadap Kinerja Elektroda Selektif Ion Klorida Tipe Kawat Terlapis

Hardianti*, Nurlaela Rauf, Sri Suryani

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin, Makassar 90245

Abstrak

Elektroda selektif ion klorida adalah instrumen alternatif yang tepat digunakan untuk menganalisis ion klorida dalam larutan atau sampel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum membran AgCl dan pasta grafit dalam elektroda sehingga memperoleh faktor Nernts yang paling mendekati teoritis. ESI klorida dibuat menggunakan kawat platina dan kawat tembaga yang dipateri/solder dengan kawat timah, kemudian dilapisi dengan membran yang terdiri dari AgCl dan pasta grafit pensil dengan 4 perbandingan komposisi masing-masing 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, dan 3 : 1 (gram). Hasil penelitian menunjukkan harga faktor Nernts sebesar 45,92 mV/dekade pada komposisi membran 2 : 1, trayek pengukuran adalah $1 \times 10^{-1} \text{ M} - 1 \times 10^{-5} \text{ M}$, waktu respon elektroda rata-rata adalah 146,3 detik, dan limit deteksi sebesar 2,968 atau setara dengan $1,07 \times 10^{-3} \text{ M}$.

Kata Kunci: AgCl, Analisis Ion Klorida, ESI Klorida, Pasta Grafit Pensil 2B.

1. PENDAHULUAN

Klorida adalah salah satu ion penting bagi tubuh karena merupakan anion yang paling berperan dalam mempertahankan keseimbangan elektrolit¹. Konsentrasi ion klorida merupakan parameter penting dalam bidang yang terkait dengan farmasi, lingkungan, dan makanan. Selain itu, klorida juga berperan dalam biologi dan kedokteran, sebagai elektrolit esensial yang mempertahankan *homeostasis* fisik, sebagai indikator diagnostik pada berbagai kondisi dan penyakit². Oleh karena itu, diperlukan suatu kontrol kualitas untuk menganalisis kadar klorida dalam larutan dan sampel yang mengandung ion klorida.

Metode analisis yang umumnya digunakan adalah gravimetrik, titrimetri, spektrofotometri UV-Vis, dan spektrofotometri absorpsi atom. Namun metode tersebut memiliki beberapa kekurangan diantaranya, membutuhkan waktu yang lama, membutuhkan larutan yang cukup banyak, hasil yang diperoleh sedikit bias, dan alat yang digunakan sangat mahal³.

Elektroda selektif ion klorida (ESI klorida) merupakan instrumen alternatif yang tepat untuk menganalisis ion klorida dalam larutan atau sampel. ESI memiliki beberapa kelebihan diantaranya, instrumen yang murah, sederhana, prosedur analisis yang tidak rumit, waktu analisis yang singkat, serta mudah dalam pengoperasian, pemeliharaan, dan perawatannya¹. Elektroda tipe kawat terlapis adalah tipe ESI yang menggabungkan bahan elektroaktif dengan membran polimer tipis secara langsung yang dilapisi dengan konduktor logam. Substrat yang digunakan berupa logam *inert* seperti kawat platina, perak, tembaga dan grafit⁴.

Analisis didasarkan pada pengukuran arus listrik sebagai fungsi perubahan potensial listrik yang diterapkan pada sel elektrolisis. Sel elektrolisis terdiri atas elektroda indikator/kerja (*working electrode*), elektrode pembanding (*reference electrode*), dan elektrode pendukung (*auxiliary electrode*)⁵. Salah satu hal yang mempengaruhi kinerja ESI adalah komposisi membran yang dibuat pada elektroda kerja. Penentuan kinerja ESI klorida pada penelitian ini menggunakan beberapa faktor diantaranya adalah faktor Nernts, trayek pengukuran, waktu respon, dan limit deteksi.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mV/pH meter orion 720 A, kawat koaksial dan konektor BNC, neraca analitik, elektroda pembanding kalomel jenuh, pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*), solder, *stopwatch*, gelas ukur 10 mL, gelas beker, pipet tetes, *magnetic bar*, dan labu semprot.

2.2 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tip biru sebagai badan elektroda, pasta grafit dan AgCl sebagai konduktor, kawat tembaga dan kawat platina sebagai penghantar listrik, kawat timah, aquades

* E-mail: hardianti87850@gmail.com

sebagai pelarut, *aquabidest* sebagai pembersih, plastik parafilm, serta KCl, Hg, Hg_2Cl_2 untuk pembuatan elektroda pembanding kalomel.

2.3 Prosedur penelitian

2.3.1 Pembuatan Larutan Standar NaCl

Larutan yang digunakan sebagai larutan standar adalah larutan NaCl dengan konsentrasi 1 M dalam keadaan jenuh dan dilakukan pengenceran dari konsentrasi $10^{-1} - 10^{-10}$ M. Larutan NaCl konsentrasi 1 M dibuat dengan melarutkan NaCl sebanyak 5,85 gram dalam 100 mL aquades. Untuk menghasilkan konsentrasi larutan NaCl $10^{-1} - 10^{-10}$ M dilakukan pengenceran dengan mengambil 10 mL larutan NaCl pada konsentrasi awal dan penambahan aquades sebanyak 100 mL pada tiap konsentrasi.

2.3.2 Pembuatan Membran Padat AgCl

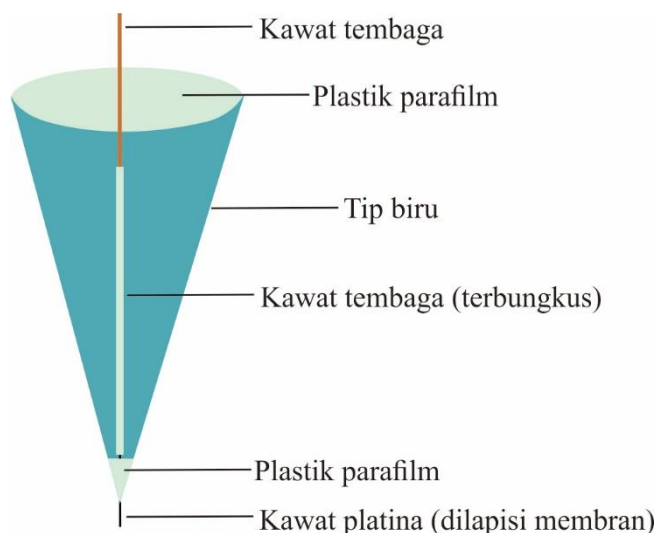
Larutan yang digunakan dalam pembuatan membran padat AgCl adalah dengan mereaksikan larutan AgNO_3 dan larutan NaCl sehingga menghasilkan senyawa AgCl. Senyawa AgCl yang terbentuk dicampur dengan pasta grafit hingga homogen. Selanjutnya dibuat 4 jenis komposisi membran yakni 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, dan 3 : 1 (gram).

2.3.3 Pembuatan Elektroda Pembanding Kalomel Jenuh

Elektroda kalomel jenuh (EKJ) dibuat dengan campuran merkuri (Hg), merkuri klorida (kalomel), dan kalium klorida (KCl). Badan elektroda terdiri dari tabung gelas atau tabung plastik yang mempunyai panjang 2-15 cm, dan berdiameter 0,5-1 cm.

2.3.4 Pembuatan ESI Klorida Tipe Kawat Terlapis

Elektroda tipe kawat berlapis dibuat dengan menggunakan kawat tembaga (Cu) dengan panjang 7 cm dan diameter 1,5 mm yang disambungkan dengan kawat platina (Pt) dengan panjang 2 cm dan diameter 0,4 mm dengan cara dipateri/solder dengan kawat timah. Badan elektroda menggunakan tip biru seperti yang terlihat pada Gambar 1. Masing-masing badan elektroda dililit plastik parafilm sebagai penahan kawat Cu dan Pt. Sebelum dilakukan pengukuran, membran ditempelkan pada ujung tabung lalu dicelupkan ke dalam larutan NaCl 10^{-10} M selama 2 hari.



Gambar 1. Elektroda tipe kawat berlapis

2.3.5 Penentuan Kinerja Elektroda Selektif Ion Klorida (ESI Klorida)

1) Faktor Nernts dan trayek pengukuran

Faktor Nernst dan trayek pengukuran ditentukan dengan mengukur nilai potensial dari 4 elektroda dengan komposisi berbeda pada larutan standar NaCl dimulai pada larutan yang paling encer dengan rentang konsentrasi $10^{-10} - 10^{-1}$ M. Data hasil pengukuran yang diperoleh dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara E (mV) terhadap $-\log [\text{Cl}^-]$. Grafik yang diperoleh berupa garis lurus pada rentang konsentrasi tertentu dengan kemiringan yang merupakan harga faktor Nernst, sedangkan grafik yang berupa garis lurus menunjukkan daerah trayek pengukuran dari ESI klorida.

2) Waktu respon

Waktu respon diperoleh dengan melakukan pengukuran potensial elektroda pada larutan standar NaCl dengan konsentrasi $10^{-10} - 10^{-1}$ M pada selang waktu tertentu hingga diperoleh nilai potensial yang konstan, yang dihitung sejak elektroda mengadakan kontak dengan larutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi optimum membran

Penentuan komposisi optimum membran dilakukan dengan mengukur potensial 4 elektroda pada larutan standar NaCl dengan deret konsentrasi 1×10^{-10} M - 1×10^{-1} M. Perbandingan komposisi membran pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan komposisi membran ESI klorida terhadap nilai faktor Nernt.

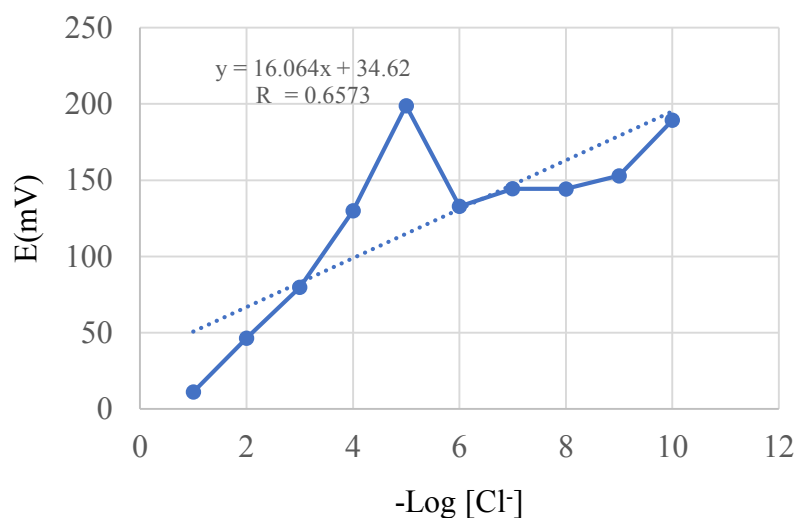
Nomor Membran	Komposisi Membran (gram)		Faktor Nernts	R
	AgCl	Grafit		
1	1	1	16,15	0,9153
2	1	2	28,47	0,93
3	2	1	45,92	0,9743
4	3	1	10,34	0,9216

Berdasarkan pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa komposisi membran sangat berpengaruh terhadap kualitas ESI yang telah dibuat. Penentuan komposisi optimum didasarkan pada faktor Nernts atau kemiringan (*slope*) garis pada grafik hubungan antara potensial dengan $-\log [Cl^-]$, dimana dengan adanya sedikit perubahan perbandingan komposisi akan menghasilkan perbedaan faktor Nernts yang signifikan.

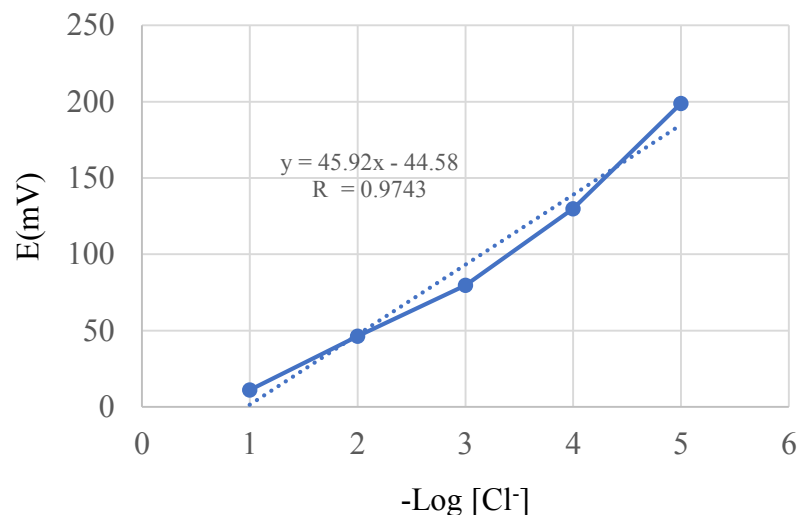
Komposisi optimum membran diperoleh pada membran ke-3 dengan masing-masing perbandingan antara AgCl : grafit adalah 2 : 1 (gram) dengan faktor Nernts sebesar 45,92 mV/dekade dengan koefisien korelasi (R) 0,9743. Elektroda tersebut memiliki kualitas membran paling baik karena nilai faktor Nernts paling mendekati teoritis yaitu 59,1 mV/dekade.

3.2 Faktor Nernts dan trayek pengukuran

Faktor Nernts adalah parameter penting yang pertama ditinjau dalam pembuatan Elektroda Selektif Ion (ESI). Nilai faktor Nernts diperoleh dari kemiringan grafik hubungan antara potensial dengan $-\log [Cl^-]$, sedangkan trayek pengukuran adalah rentang konsentrasi yang menunjukkan garis linear pada grafik. Semakin mendekati nilai faktor Nernts secara teoritis, maka semakin baik kualitas ESI tersebut.



Gambar 2. Grafik potensial elektroda pada konsentrasi larutan $10^{-10} - 10^{-1}$ M.



Gambar 3. Trayek pengukuran pada rentang konsentrasi $10^{-1} - 10^{-5}$ M.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa grafik potensial pada konsentrasi larutan $10^{-10} - 10^{-1}$ M yang mendekati linear adalah pada rentang konsentrasi $10^{-1} - 10^{-5}$ M (trayek pengukuran). Faktor Nernts yang diperoleh pada trayek pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 3 sebesar 45,92 mV/dekade.

3.3 Waktu respon

Waktu respon adalah waktu yang diperlukan ESI klorida untuk memberikan tanggapan potensial yang tetap yang diukur sejak elektroda mengadakan kontak dengan larutan. Semakin cepat elektroda memberikan tanggapan potensial yang tetap, maka makin baik kinerja elektroda tersebut.

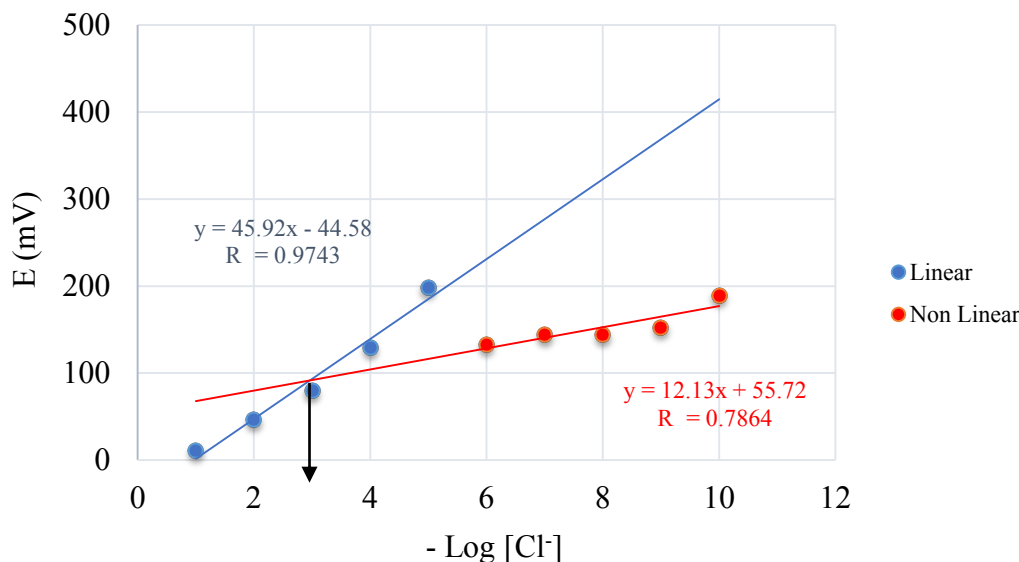
Tabel 2. Waktu respon ESI klorida.

No.	- Log [Cl ⁻] (M)	Waktu Respon (detik)
1.	10	151
2.	9	201
3.	8	58
4.	7	51
5.	6	59
6.	5	137
7.	4	98
8.	3	299
9.	2	263
10.	1	146
Rata-rata		146,3

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa waktu respon ESI klorida yang diperoleh adalah 51 hingga 299 detik, sedangkan nilai rata-rata yang diperoleh adalah 146,3 detik. Waktu respon yang paling baik adalah 51 detik pada konsentrasi 10^{-7} M. Waktu respon elektroda akan meningkat seiring besarnya konsentrasi suatu larutan. Namun pada penelitian ini, tidak terjadi demikian. Hal ini dapat disebabkan karena struktur ESI yang menyebabkan kesetimbangan antara permukaan membran dan larutan tidak berlangsung dengan baik, serta melarutnya bahan aktif membran ke dalam larutan, sehingga waktu yang dibutuhkan ESI klorida dalam merespon dan mendeteksi ion klorida tidak sesuai dengan teori.

3.4 Limit deteksi

Limit deteksi merupakan batas konsentrasi minimum dan konsentrasi maksimum yang mampu dideteksi oleh suatu metode pengukuran. Limit deteksi diperoleh dengan membuat garis singgung pada fungsi garis lurus dan garis melengkung kurva antara E (mV) terhadap $-\log [Cl^-]$ yang saling memotong. Semakin kecil limit deteksi, maka semakin baik kualitas ESI tersebut.



Gambar 4. Grafik limit deteksi ESI klorida.

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa hasil perpotongan antara dua persamaan garis linear dan non-linear terhadap sumbu x, diketahui bahwa limit deteksi pada ESI klorida tersebut adalah 2,968 atau setara dengan $1,07 \times 10^{-3}$ M sehingga apabila kurang dari nilai tersebut, maka ESI tidak dapat mendeteksi ion klorida dengan baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa komposisi membran optimum yaitu perbandingan komposisi membran AgCl dan pasta grafit masing-masing sebesar 2 : 1 (gram). Penentuan kinerja ESI klorida diperoleh dengan parameter berupa nilai faktor Nernst sebesar 45,92 mV/dekade, trayek pengukuran 10^{-1} - 10^{-5} M, waktu respon rata-rata adalah 146,3 detik, dan limit deteksi sebesar 2,968 atau setara dengan $1,07 \times 10^{-3}$ M.

DAFTAR PUSTAKA

1. R. Badawi, Ismulawardi, A. Noegraha, dan Subroto. Pemanfaatan grafit Pensil sebagai Elektrode Selektif Ion Bermembran AgCl/Ag₂S untuk Analisa Ion Klorida, Vol. **2**, No. 10: 1-10.
2. H.C. Silva dan M. J. A. Martinez. 2018. Development of a selective chloride sensing platform using a screen-printed platinum electrode. **195**: 771-777.
3. Ismulawardi. 2007. Pembuatan dan Karakterisasi Elektrode Selektif Ion Klorida Tipe Grafit Menggunakan Membran Heterogen AgCl/Ag₂S. *Skripsi*, Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya.
4. Q. Fardiyah, Atikah, dan R. Dwi. 2014. Pemanfaatan Zeolit Teraktivasi sebagai Bahan Aktif Sensor Potensiometri Ion Sulfat, Vol. **7**, No. 2: 81-87.
5. Agustiani W. 2007. Modifikasi Membran Elektrode Selektif Ion Nitrat Tipe Kawat Platina Terlapisi Dengan Polietilena Glikol Sebagai Porogen, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas IPB, Bogor.

Uji XRF dan XRD pada Bahan Mineral Batuan sebagai Sumber Material Perisai Radiasi (SiO_2 , PbO , Fe_2O_3)

Muhammad Iryadin*, Nurlaela Rauf, Dahlang Tahir

Departemen Fisika, FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, Indonesia

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*) pada bahan mineral batuan sebagai sumber material perisai radiasi (SiO_2 , PbO , dan Fe_2O_3). Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kandungan unsur (SiO_2 , PbO , dan Fe_2O_3) di dalam bahan alam (batuan), khususnya sebagai sumber material perisai radiasi. Dalam penelitian ini dilakukan penghalusan terhadap bahan alam (batuan) tersebut dengan mortar dan diayak dengan ukuran 61 *mesh* ~250 *mikron*. Selanjutnya bahan alam (batuan) diuji menggunakan fluoresensi sinar-X (XRF) dan difraksi sinar-X (XRD). Hasil XRF menunjukkan kandungan unsur utama SiO_2 , PbO , dan Fe_2O_3 di dalam bahan alam (batuan). Kandungan SiO_2 berturut-turut untuk sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 adalah 39,74%, 45,91%, dan 57,79%, kandungan PbO sebesar 16,31%, 12,64%, dan 24,34%, terakhir kandungan Fe_2O_3 yaitu 29,79%, 27,48%, dan 10,50%. Hasil XRD juga menunjukkan bahwa unsur SiO_2 adalah unsur yang dominan dalam batuan.

Kata Kunci: material perisai radiasi, SiO_2 , PbO , Fe_2O_3 , bahan alam, XRF, XRD.

1. PENDAHULUAN

Tubuh manusia yang terkena radiasi dapat menyebabkan sel-sel pada tubuh mengalami kerusakan atau perubahan struktur¹. Akselerator dan reaktor nuklir merupakan sumber-sumber penghasil radiasi yang mampu memancarkan partikel-partikel yang bermuatan maupun yang tidak bermuatan, seperti sinar *alpha*, sinar *beta*, sinar *gamma*, dan neutron, serta partikel-partikel lainnya yang menghasilkan interaksi dengan materi yang dilewatinya. Oleh karena itu, dibutuhkan perisai radiasi yang berfungsi sebagai proteksi radiasi².

Prinsip proteksi radiasi yaitu meminimalisir bahaya radiasi, sehingga tingkat radiasinya tidak melebihi dosis yang diizinkan. Faktor-faktor yang berpengaruh yaitu seperti jarak dari sumber radiasi, lamanya waktu eksposi radiasi dan faktor perisai radiasi². Beberapa material seperti SiO_2 , PbO , dan Fe_2O_3 dapat digunakan sebagai perisai radiasi. Timbal (Pb) memiliki kemampuan yang sangat besar sebagai perisai radiasi yang disebabkan oleh pesawat sinar-X di bidang kedokteran. Dari segi biaya, harga bahan timbal sangat mahal dan diperlukan pengerjaan khusus³. Timbal memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia, contohnya timbal digunakan dalam industri kabel, baterai, insektisida, dan bahan pembuat pipa. Timbal dinilai sebagai salah satu bahan penahan radiasi yang paling baik sampai saat ini⁴.

Mineral merupakan senyawa yang terbentuk dari gabungan beberapa atom. Sedangkan batuan terbentuk dari gabungan beberapa mineral⁵. Ada beberapa perusahaan perorangan yang telah melakukan penelitian tentang adanya mineralisasi pada wilayah Dompu yang merupakan bagian dari pulau Sumbawa, sehingga diperoleh informasi bahwa adanya mineral seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), besi (Fe), mangan (Mn), dan emas (Au)⁶. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur mineral SiO_2 , PbO , dan Fe_2O_3 di dalam batuan adalah dengan melakukan uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan uji XRF dan XRD pada batuan sebagai sumber material perisai radiasi (SiO_2 , PbO , dan Fe_2O_3).

2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari bahan alam berupa batuan yang masing-masing diperoleh di daerah Wawo dan Dompu, Nusa Tenggara Barat. Bagian kecil dari setiap sampel disiapkan untuk dihaluskan dengan mortar menjadi serbuk. Serbuk diayak dengan ukuran 61 *mesh* ~250 *mikron*, lalu dilakukan uji XRF dan XRD terhadap serbuk dari masing-masing sampel. Uji XRF dan XRD dilakukan di Laboratorium Science Building, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar. Hasil XRF masing-masing sampel dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan, sedangkan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam sampel.

Dalam penelitian ini, uji XRD dilakukan pada sudut pendek 5° - 60° . Hal ini dimaksudkan sebagai uji awal untuk identifikasi kandungan PbO , SiO_2 , dan Fe_2O_3 di dalam sampel, sebagai bahan material perisai radiasi.

*E-mail: muh.iryadin05@gmail.com

Ukuran kristal dihitung dengan rumus Scherrer yang dianggap sebagai nilai yang representatif⁷. Persamaan Scherrer yang digunakan adalah sebagai berikut⁸:

$$D_s = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Hasil uji XRF

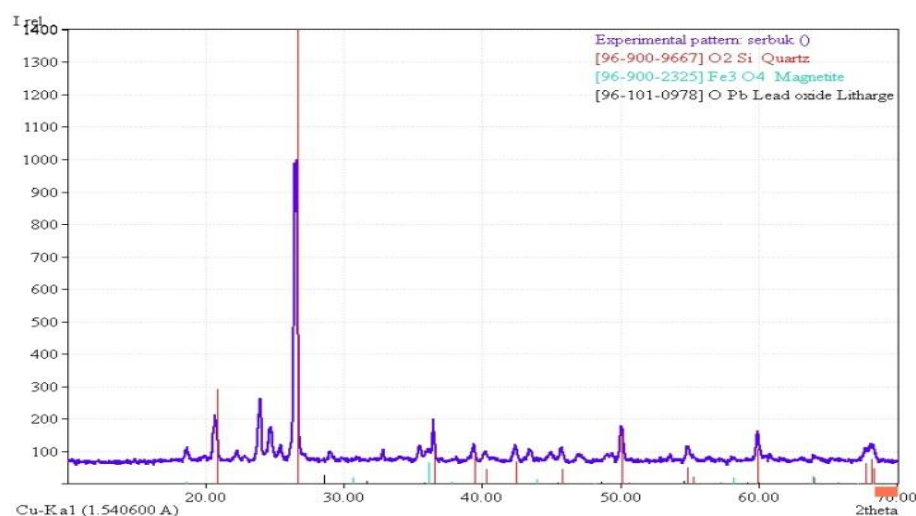
Data yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan XRF untuk ketiga sampel berupa hasil analisis kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisis kualitatif yaitu mengidentifikasi jenis unsur yang terkandung dalam sampel menurut hasil uji XRF. Analisis kuantitatif yaitu mengidentifikasi jumlah unsur yang terkandung dalam sampel berupa konsentrasi unsur sampel yang diuji. Hasil analisis XRF dapat dilihat dalam Tabel 1 yang mengidentifikasi jenis unsur yang terdeteksi oleh sinar-X berupa unsur Si, Fe, Pb, Cu, Zn dan Mn dengan nilai konsentrasi yang dominan dan bervariasi untuk ketiga sampel yang diteliti. Hasil XRF sampel disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil uji XRF sampel batuan.

Unsur	Batuan		Sampel 3	Oksida	Batuan		Sampel 3
	Sampel 1	Sampel 2			Sampel 1	Sampel 2	
Si	18,58	21,46	27,02	SiO ₂	39,74	45,91	57,79
Fe	20,84	19,22	22,60	Fe ₂ O ₃	29,79	27,48	10,50
Pb	15,15	11,74	7,34	PbO	16,31	12,64	24,34
Cu	3,86	4,56	1,46	CuO	4,83	5,71	1,49
Zn	3,15	2,71	1,43	ZnO	3,93	3,38	1,78
Mn	1,88	1,85	-	MnO	2,43	2,39	-
K	0,899	0,605	0,315	K ₂ O	1,08	0,729	0,380
Px	0,422	0,44	-	P ₂ O ₅	0,422	1,00	-
Ca	0,416	0,321	1,46	CaO	0,582	0,450	2,04

Dari hasil uji XRF pada Tabel 1, sampel 1 memiliki kandungan SiO₂ 39,74%, Fe₂O₃ 29,79%, dan PbO 16,31% dan sampel 2 memiliki kandungan SiO₂ 45,91%, Fe₂O₃ 27,48%, dan PbO 12,64%. Sedangkan sampel 3 memiliki kandungan SiO₂ 57,79%, Fe₂O₃ 10,50%, dan PbO 24,34%.

3.2 Hasil uji XRD



Gambar 1. Difraktogram sinar-X batuan Dompu.

Dari hasil analisis XRD pada Gambar 1, diketahui bahwa mineral yang terkandung pada batuan Dompu yaitu SiO_2 , Fe_2O_3 , PbO . Mineral yang terkandung pada batuan yang ditandai bar warna merah adalah unsur SiO_2 berdasarkan JCPDS nomor 96-900-9667, bar warna hijau adalah unsur Fe_3O_4 berdasarkan JCPDS nomor 96-900-2325, dan bar warna hitam adalah unsur PbO berdasarkan JCPDS nomor 96-101-0978.

Sudut 2θ sekitar 26° adalah puncak senyawa SiO_2 , sudut 2θ sekitar 37° adalah puncak senyawa Fe_2O_3 , dan sudut 2θ sekitar 29° adalah puncak senyawa PbO . Hasil perhitungan ukuran kristal dari unsur senyawa yang terkandung di dalam sampel ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan dengan menggunakan rumus Scherrer.

No.	Sudut (2θ)	FWHM (β)	D_s (nm)
1	26.4446	0.3424	28.32
2	23.8433	0.3042	27.83
3	20.6243	0.3605	25.71
Rata-rata			27.28

Tabel 2 menunjukkan ukuran kristal dari unsur senyawa SiO_2 pada sudut pendek 2θ berkisar $20^\circ - 26^\circ$ dengan ukuran kristal rata-ratanya adalah 27,28 nm.

4. KESIMPULAN

Hasil uji XRF batuan menunjukan konsentrasi dari unsur SiO_2 , Fe_2O_3 , dan PbO pada sampel 1 berturut-turut adalah 39,74%, 29,79%, dan 16,31%, pada sampel 2 berturut-turut adalah 45,91%, 27,48%, 12,64%, sedangkan pada sampel 3 berturut-turut adalah 57,79%, 10,50%, dan 24,34%. Konsentrasi rata-rata kandungan unsur yang dominan di dalam sampel batuan adalah unsur SiO_2 . Sedangkan hasil XRD menunjukan bahwa unsur mineral yang terkandung dalam batuan didominasi oleh unsur SiO_2 yang ditandai bar warna merah berdasarkan JCPDS nomor 96-900-9667, dengan ukuran kristal rata-ratanya adalah 27,28 nm.

DAFTAR PUSTAKA

1. T. Susanti. 2015. *Komposit Poliester Timbal Sebagai Material Proteksi Radiasi Untuk Pengganti Kaca Timbal*. Program Studi Fisika, Universitas Negeri Semarang.
2. E. Safitri. 2006. *Beton Sebagai Perisai Radiasi*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
3. S. Sumarni, I. Satyarno, dkk. 2007. Penggunaan Pasir Besi dan Barit Sebagai Agregat Beton Berat Untuk Perisai Radiasi Sinar Gamma. Fakultas KIP-Program Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret.
4. Cowd, M. A. 1991. *Kimia Polimer*. Edisi terjemahan oleh Drs. Harry Firman, M.Pd., Penerbit ITB, Bandung, Indonesia.
5. A. F. Anugerah, Badaruddin, dkk. 2018. Identifikasi Sebaran Bijih Besi Menggunakan Metode Geolistrik Hambatan Jenis 2D di Desa Laemanta Kecamatan Kasimbar, *Jurnal Fisika*, FMIPA Universitas Tadulako, Palu, pp. 1412-2375.
6. Herman, Danny. 2007. Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Bahan Galian Untuk Pertambangan Skala Kecil Di Kabupaten Dompu, Nusa Tenggara Barat. Kelompok Program Penelitian Konservasi.
7. Heryanto, et al. 2018. Determination of Binding Energy for Cu and Cu_2O Based X-Ray Diffraction Spectrum.
8. Heryanto, et al. 2018. Analysis of structural properties of X-Ray diffraction for composite copper-activated carbon by modified Williamson-Hall and size-strain plotting methods.

Pengaruh Penambahan Etanol Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) pada Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) sebagai Bahan Baku Biodiesel

Resky Alfira J^{*}, Nurlaela Rauf, Paulus Lobo Gareso

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk menemukenali bahan baku atau sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dengan memanfaatkan biji jarak pagar (*Jatropha curcas*) kering. Minyak jarak pagar dihasilkan dengan metode perebusan lalu diekstraksi dengan menggunakan corong pisah, sedangkan etanol dari tepung ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dihasilkan dengan metode fermentasi dan evaporasi. Minyak jarak pagar dan etanol ampas tebu dicampurkan dengan rasio perbandingan volume 100:0 ml (sampel I), 75:25 ml (sampel II), 50:50 ml (sampel III), 25:75 ml (sampel IV), dan 0:100 ml (sampel V), kemudian diuji densitas dan viskositasnya, serta dianalisis gugus fungsinya menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Karakteristik bahan bakar yang meliputi: densitas berturut-turut sebesar 913 kg/m³, 905 kg/m³, 902 kg/m³, 888 kg/m³, dan 770 kg/m³, viskositas berturut-turut 5,2 mm²/s, 4,9 mm²/s, 4,6 mm²/s, 3,8 mm²/s, dan 2,4 mm²/s. Peningkatan rasio penambahan etanol ampas tebu pada minyak jarak pagar mampu menurunkan nilai densitas dan viskositas sehingga relatif lebih baik daripada hanya menggunakan minyak jarak pagar murni. Gugus fungsi yang terbentuk pada etanol ampas tebu 100 ml yaitu gugus O-H, N-H, C≡C, C=C, C-O dan C-H. Gugus fungsi yang terbentuk minyak jarak pagar murni 100 ml yaitu gugus C-H alkena, O-H, C=O, C-H alkana, C-O dan C=C sedangkan gugus fungsi yang terbentuk pada pencampuran etanol ampas tebu pada minyak jarak pagar yaitu gugus C-H, O-H, C=O, C-O dan C=C. Hasil yang diperoleh bahwa terdapat gugus O-H menunjukkan minyak yang diperoleh masih dalam kategori minyak mentah yang belum diproses esterifikasi dan transesterifikasi untuk biodiesel.

Kata Kunci: ampas tebu, fermentasi, jarak pagar, perebusan.

1. PENDAHULUAN

Saat ini sumber utama bahan bakar adalah minyak bumi, sedangkan cadangan minyak bumi di Indonesia semakin menipis. Salah satu energi alternatif untuk bahan bakar transportasi adalah bioetanol pengganti bensin dan biodiesel sebagai pengganti solar^{1,2}.

Hasil bumi dari perkebunan penghasil minyak nabati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel cukup banyak, diantaranya minyak kelapa sawit (*Elaeis*), kelapa (*Cocos nucifera*), minyak jagung (*Zea mays ssp. Mays*) dan minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*). Minyak nabati yang memberikan peluang untuk dikonversi menjadi biodiesel dalam jumlah yang besar adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) karena merupakan *non edible oil* dan tumbuhan jarak pagar dapat hidup dengan mudah di berbagai tempat dan merupakan bahan baku alternatif yang berkelanjutan³.

Pabrik gula banyak menghasilkan limbah, yang apabila tidak diolah akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu limbahnya adalah ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang banyak mengandung alkohol. Ampas tebu (*Saccharum officinarum*) ini juga dapat diperoleh diberbagai sumber seperti hutan, limbah dan pertanian. Biomassa ini dapat menghindari dampak merugikan pada pasokan makanan karena merupakan *non* bahan baku makanan^{4,5}.

Terdapat bukti bahwa harga minyak akan lebih tinggi selama dua dekade ke depan dan ini akan memiliki dampak ekonomi makro negatif yang cukup besar bagi negara-negara berkembang. Kenaikan 50% pada harga minyak antara 2010–2030 secara signifikan dapat mengurangi pertumbuhan ekonomi, konsumsi riil dan pendapatan rumah tangga. Perluasan biodiesel adalah salah satu respon kebijakan yang dapat digunakan untuk menangkal dampak ekonomi dari kenaikan harga minyak⁴. Penelitian ini dilakukan untuk mencari bahan baku atau sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk menangani permasalahan krisis energi dan lingkungan global tersebut.

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

2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji buah jarak pagar (*Jatropha curcas*) kering dan tepung ampas tebu (*Saccharum officinarum*). Pertama, biji buah jarak pagar (*Jatropha curcas*) direbus kemudian diekstraksi menggunakan corong pisah untuk menghasilkan minyak jarak pagar (*Jatropha curcas oil*). Selanjutnya, tepung ampas tebu (*Saccharum officinarum*) difermentasi lalu dievaporasi untuk menghasilkan etanol. Minyak jarak pagar (*Jatropha curcas oil*) dan etanol ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dicampur dengan rasio perbandingan volume sampel (minyak jarak pagar : etanol ampas tebu) adalah 100:0 ml (sampel I), 75:25 ml (sampel II), 50:50 ml (sampel III), 25:75 ml (sampel IV), dan 0:100 ml (sampel V). Masing-masing sampel kemudian diuji densitas, viskositas dan dianalisis gugus fungsinya menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*).

2.1 Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan piknometer 10 ml. Piknometer kosong mulanya ditimbang menggunakan neraca analitik, kemudian piknometer diisi dengan aquades dan ditimbang kembali. Sampel yang akan diukur dimasukkan kedalam piknometer dan ditimbang menggunakan neraca analitik. Selanjutnya massa sampel dihitung dengan cara membandingkan massa awal piknometer sebelum diisi sampel dan massa setelah diisikan sampel.

2.2 Viskositas

Viskositas sampel diukur dengan menggunakan viskometer oswalt. Pengukuran viskositas dilakukan dengan mengeringkan viskometer. Sampel yang akan diukur dimasukkan kedalam viskometer melalui pipa kecil sampai melewati batas atas kemudian mengalirkan cairan dan dalam waktu yang bersamaan menjalankan *stopwatch* hingga cairan tepat melewati batas garis bawah.

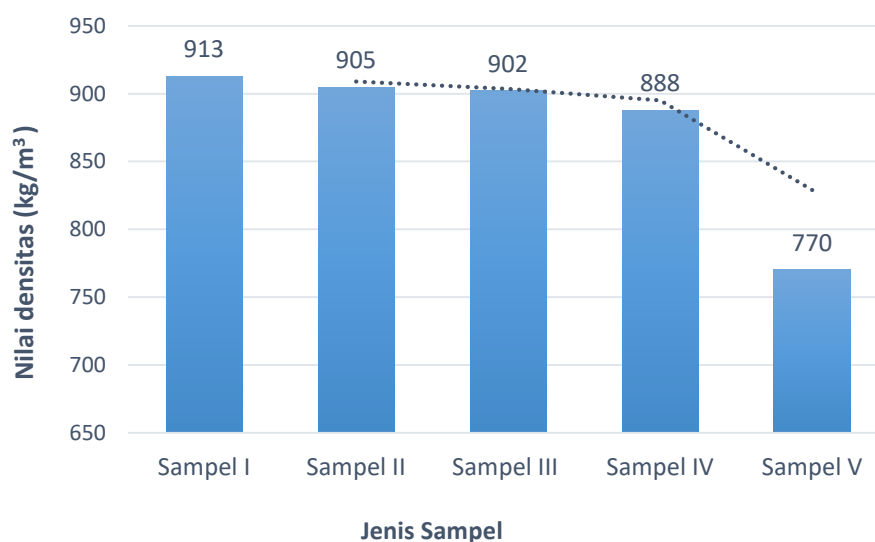
2.3 Analisis Spektrofotometri Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Terakhir, sampel dianalisis menggunakan alat Spektrofotometri *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terkandung di dalam sampel.

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Densitas

Densitas merupakan perbandingan massa persatuan volume. Nilai massa jenis bahan bakar yang dihasilkan harus berada dalam kisaran standar mutu biodiesel Indonesia (SNI) yaitu 850 – 890 kg/m³.



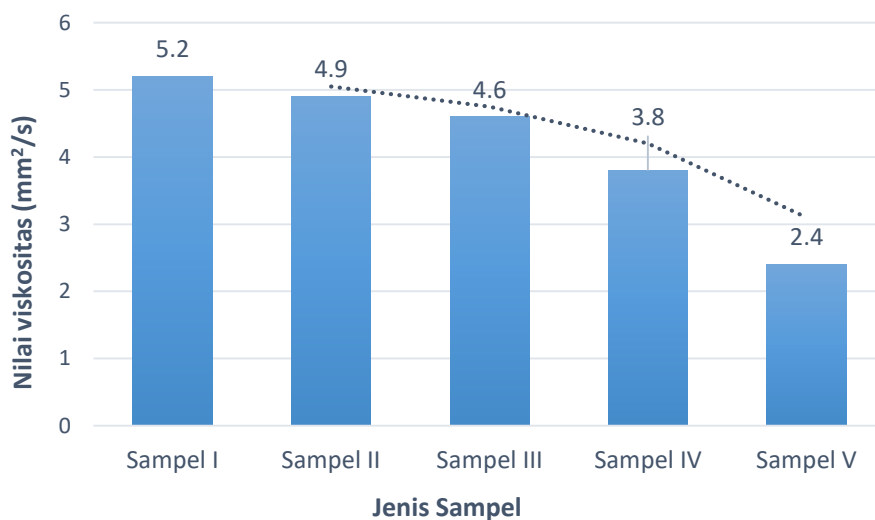
Gambar 1. Pengaruh penambahan etanol ampas tebu terhadap densitas minyak jarak pagar.

Berdasarkan pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa densitas tertinggi diperoleh pada sampel I yaitu minyak jarak pagar murni 100 ml sebesar 913 kg/m³. Nilai densitas pada sampel II dengan perbandingan volume minyak jarak pagar 75 ml dan etanol ampas tebu 25 ml sebesar 905 kg/m³ yang mengalami penurunan densitas dari sampel I. Selanjutnya nilai densitas semakin menurun seiring dengan peningkatan volume etanol ampas tebu

dalam sampel, dengan nilai berturut-turut 905 kg/m^3 untuk sampel II, 902 kg/m^3 untuk sampel III, dan 888 kg/m^3 untuk sampel IV, sedangkan nilai densitas terendah yang diperoleh pada etanol murni 100 ml yaitu 770 kg/m^3 yang mendekati nilai standar etanol yaitu 789 kg/m^3 . Semakin rendah perbandingan volume minyak jarak pagar terhadap volume etanol ampas tebu, atau semakin tinggi volume etanol ampas tebu dalam sampel, maka densitas sampel yang diperoleh semakin rendah. Hasil pengukuran densitas yang mendekati nilai SNI untuk biodiesel adalah sampel IV yaitu perbandingan volume minyak jarak pagar 25 ml dan etanol ampas tebu 75 ml sebesar 888 kg/m^3 . Adapun hasil yang diperoleh dari sampel I, II, dan III memiliki nilai yang melebihi SNI dari biodiesel. Selain itu minyak yang diperoleh belum dapat dikatakan minyak murni karena masih mengandung banyak zat pengotor sedangkan etanol masih mengandung air.

3.2 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu fluida. Menurut SNI standar viskositas bahan bakar berkisar antara $2,3 - 6,0 \text{ mm}^2/\text{s}$.

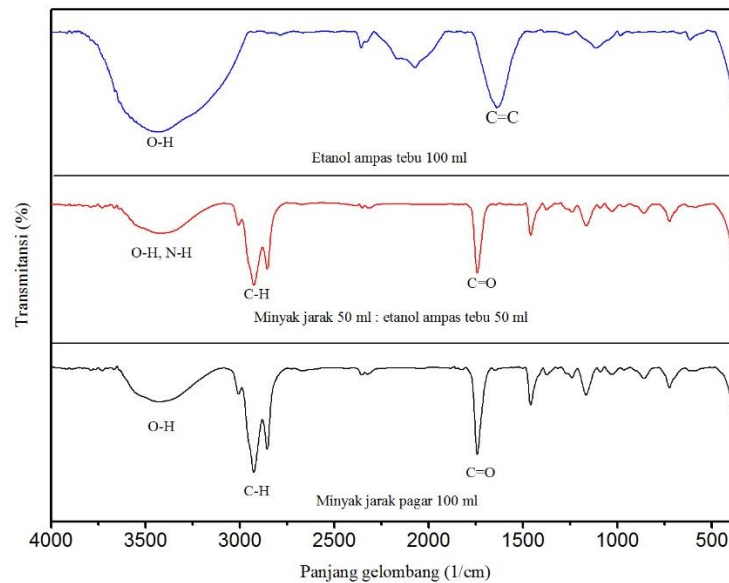


Gambar 2. Pengaruh penambahan etanol ampas tebu terhadap viskositas minyak jarak pagar.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa viskositas tertinggi diperoleh pada sampel I yaitu minyak jarak pagar murni 100 ml sebesar $5,2 \text{ mm}^2/\text{s}$. Minyak jarak pagar pada dasarnya memiliki kekentalan yang tinggi. Samahalnya dengan nilai densitas yang diperoleh semakin menurun, nilai viskositas yang diperoleh juga semakin menurun dengan penambahan etanol. Hal ini ditunjukkan pada sampel II dengan perbandingan volume minyak jarak pagar 75 ml dan etanol ampas tebu 25 ml diperoleh viskositas sampel sebesar $4,9 \text{ mm}^2/\text{s}$. Selanjutnya untuk sampel III dan IV berturut-turut diperoleh viskositas sampel sebesar $4,6 \text{ mm}^2/\text{s}$ dan $3,8 \text{ mm}^2/\text{s}$, sedangkan nilai viskositas terendah diperoleh pada sampel V yaitu etanol ampas tebu murni 100 ml dengan viskositas sebesar $2,4 \text{ mm}^2/\text{s}$. Viskositas yang rendah dapat memberikan pelumasan yang kurang baik dan dapat mempercepat kerusakan pada mesin, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan asap yang kotor karena bahan bakar lambat mengalir.

3.3 Analisis FTIR

Berdasarkan pada Gambar 3, diperoleh bahwa gugus fungsi yang terbentuk pada etanol ampas tebu 100 ml yaitu gugus O-H, gugus N-H, gugus $\text{C}\equiv\text{C}$, gugus $\text{C}=\text{C}$, gugus C-O dan gugus C-H. Selanjutnya gugus fungsi yang terbentuk dalam minyak jarak pagar murni 100 ml yaitu gugus C-H alkena, gugus O-H, gugus $\text{C}=\text{O}$, gugus C-H alkana, gugus C-O dan gugus $\text{C}=\text{C}$. Sedangkan gugus fungsi yang terbentuk pada pencampuran etanol ampas tebu pada minyak jarak pagar yaitu gugus C-H, gugus O-H, gugus $\text{C}=\text{O}$, gugus C-O dan gugus $\text{C}=\text{C}$. Adanya gugus O-H dalam setiap sampel menunjukkan bahwa sampel merupakan minyak mentah yang dapat menjadi bahan baku untuk biodiesel. Biodiesel dapat diperoleh apabila sampel minyak yang didapatkan diproses esterifikasi dan transesterifikasi terlebih dahulu.



Gambar 3. Hasil analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk etanol ampas tebu 100 ml, minyak jarak pagar 50 ml : etanol ampas tebu 50 ml, dan minyak jarak pagar 100 ml.

4. KESIMPULAN

Peningkatan persentase penambahan etanol ampas tebu pada minyak jarak pagar akan menurunkan nilai densitas dan viskositas sehingga relatif lebih baik daripada hanya menggunakan minyak jarak pagar murni sebagai bahan bakar biodiesel. Berdasarkan hasil analisis FTIR, diperoleh bahwa terdapat gugus O-H dalam sampel, hal ini menunjukkan bahwa minyak yang diperoleh masih dalam kategori minyak mentah yang belum diproses esterifikasi dan transesterifikasi untuk biodiesel.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dharma S., Masjuki H., Ong H., Sebayang A., Silitonga A., Kusumo F., Mahlia T. 2016. Optimization of biodiesel production process for mixed *Jatropha curcas*–*Ceiba pentandra* biodiesel using response surface methodology, *Energy Conversion and Management*, pp. 178-190.
2. Abo-State M., Ragab A., EL-Gendy N., Farahat L., Madian H. 2013. Effect of Different Pretreatments on Egyptian Sugar-cane Bagasse Saccharification and Bioethanol Production, *Egyptian Journal of Petroleum*, No. 22: 161-167.
3. Harjanti, R. S. 2009. Alkoholisis Minyak Jarak dengan Katalisator Zeolit Alam Klinoptilolite Secara Batch pada Suhu di Atas Titik Didih Etanol, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
4. Ghosh S. K. 2016. Biomass & Bio-waste Supply Chain Sustainability for Bio-energy and Bio-fuel Production, *The 10th International Conference on Waste Management and Technology (ICWMT)*, No. 31: 31-39.
5. Hermiati E., Mangunwidjaja D., Sunarti T., Suparno O., Prasetya B. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol, *Jurnal Litbang Pertanian*, pp. 121-130.

Penyediaan Air Mineral Alkali Berbasis *Solar Cell* kepada Pengusaha Kecil Depot Air Minum Aisyah RO di Kecamatan Watang Sawitto Kabupaten Pinrang

Bidayatul Armynah^{1,*}, Nurlaela Rauf¹, Bualkar Abdullah¹, Wildy Reski Aprianto², Syahir Mahmud²

¹ Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar

² Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya, Makassar

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan air isi ulang menjadi air alkali dengan menggunakan alat elektrolisa air yang kemudian dapat dikonsumsi. Dari penelitian tersebut dilakukan pengujian pH dan jumlah arus yang digunakan terhadap air yang diuji dengan volume air yang bervariasi dimulai dari 1200 mL, 1500 mL, 2000 mL, dan 2500 mL. penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan air alkali sesuai kapasitas pH standar dengan cara yang mudah dan mampu menarik minat dari masyarakat pada umumnya untuk lebih mengembangkan usaha tersebut. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan untuk pengujian terhadap air maka pH air juga semakin meningkat, dan sebaliknya semakin lama proses elektrolisa maka arus yang digunakan semakin kecil. Dalam pengujian pH yang dilakukan, diperoleh nilai pH rata-rata yaitu 9.5. Hasil penelitian tersebut telah diterapkan pada pengusaha kecil depot air minum Aisyah RO berbasis *solar cell*.

Kata Kunci: air alkali, arus listrik, elektrolisa, pH, solar cell.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Pinrang sebagai salah satu sentra petani penghasil padi yang dikenal dengan nama BOSOWASIPILU yaitu Bone, Soppeng, Wajo, Sidrap, Pinrang dan Luwu. Berdasarkan angka statistik tahun 2016 yang dituangkan dalam data PDRB tahun 2010 sampai 2016 diperoleh beberapa data sebagai berikut. Luas wilayah administratif Kabupaten Pinrang adalah 1.961,77 km² dengan jumlah penduduk yang tersebar di tigabelas kecamatan sebanyak 369.595 jiwa dengan berbagai macam jenis pekerjaan. Kecamatan Watang Sawitto sebagai lokasi pelaksanaan kegiatan Pengabdian Masyarakat yang luasnya 58.97 km² (3,01%) berpenduduk 55.571 jiwa (15,04%) dengan kepadatan penduduk 942 jiwa perkilometer persegi. Berdasarkan data kependudukan tersebut dapat disimpulkan bahwa masyarakat sebagian besar adalah petani yang pada dasarnya masih awam /terbatas dalam hal pengetahuan pemanfaatan aplikasi teknologi penyediaan air alkali. Hal tersebut menjadi salah satu faktor penyebab kurangnya minat masyarakat untuk menekuni usaha tersebut.

Pada umumnya anggota masyarakat atau ibu-ibu rumah tangga di daerah tidak mengikuti pendidikan formal yang tinggi yang menjadikan masyarakat tidak mengetahui dengan baik pemanfaatan tentang teknologi yang tersedia disekitar alam kehidupannya. Secara umum masyarakat di daerah hanya mengenal air alkali bisa diperoleh dengan membeli di apotik atau secara online. Tidak ada pihak yang memperkenalkan bagaimana mudahnya mendapatkan air alkali dengan pemanfaatan teknologi yang ada dan terjangkau. Air alkali dikenal masyarakat umum sebagai air sehat yang dapat dikonsumsi dengan berbagai macam khasiat, yaitu kesehatan pencernaan dan kesehatan kulit misalnya, sehingga air alkali ini banyak dicari oleh kaum hawa pada umumnya dalam rangka upaya perbaikan penampilan.

Dengan adanya instalasi pengurai air minum menjadi air alkali ini, pengusaha air isi ulang sudah mampu mengatasi masalah kekurangan order minum selama ini dengan adanya variasi produk. Selain dari pada itu, dengan pelatihan ini maka pengusaha air isi ulang telah memperoleh pengetahuan dasar bagaimana mendapatkan dan memasang instalasi pengurai air minum sederhana yang terjangkau.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat

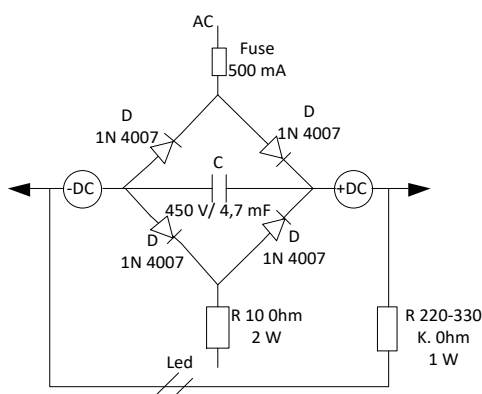
- | | | |
|-----------------|---------------|----------------|
| 1. pH meter | 6. Solar Cell | 11. Controller |
| 2. Voltmeter | 7. Regulator | |
| 3. Solder | 8. Baterai | |
| 4. Power Supply | 9. Inverter | |
| 5. Kabel NYY | 10. Elektroda | |

*E-mail: armynah63@gmail.com

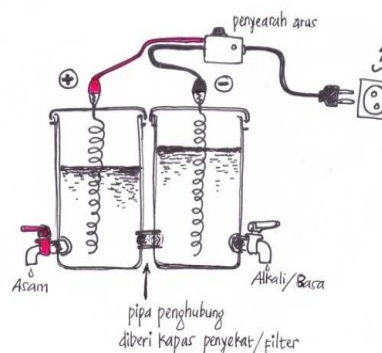
2.2 Bahan

1. Water Container
2. Pipa PVC $\frac{3}{4}$
3. Balok/papan penyangga
4. Kapasitor, Resistor, Dioda, LED
5. Kabel penghantar
6. Kawat penghantar

2.3 Rancangan alat



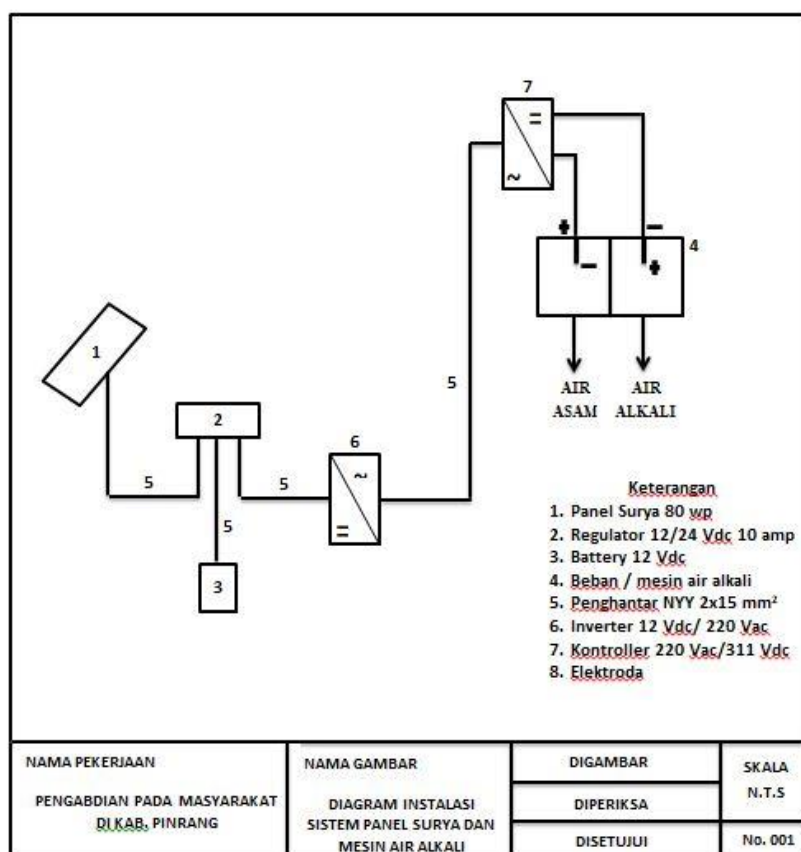
Gambar 1. Rangkaian penyearah



Gambar 2. Wadah air

2.4 Blok diagram instalasi penyediaan air mineral alkali berbasis solar cell yang diterapkan

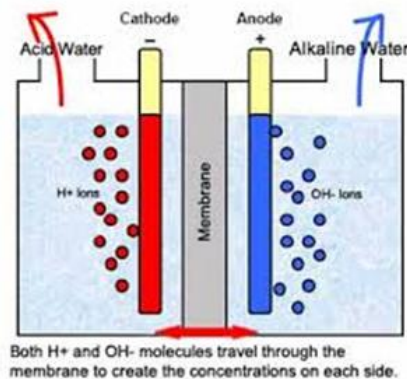
Diagram instalasi penyediaan air mineral alkali berbasis *solar cell* yang diterapkan seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram instalasi air mineral alkali berbasis *solar cell*

2.5 Proses pembuatan air alkali

Proses pengolahan air dilakukan dengan cara mengisi dua buah bejana (*water container*) dengan air, kedua bejana tersebut dihubungkan dengan sebuah pipa sehingga permukaan air dalam bejana sama tinggi (dalam hal ini menggunakan prinsip bejana berhubungan)¹. Kawat *stainless* (kawat penghantar) dicelupkan ke dalam air yang dihubungkan dengan sumber arus listrik searah. Bejana pertama dihubungkan dengan kutub negatif dan bejana kedua dengan kutub positif seperti yang diperlihatkan pada skema Gambar 4². Rangkaian wadah dan rangkaian penyearah diletakkan pada tempat yang baik agar berfungsi dengan maksimal.



Gambar 4. Proses pengolahan air minum alkali

Air dalam bejana dengan arus listrik negatif akan menghasilkan ion hidroksida (OH^-) dan bersifat basa atau alkali. Air alkali ini berfungsi sebagai anti oksidan dalam tubuh manusia. Sedangkan Air dalam bejana dengan arus listrik positif akan menghasilkan ion hidrogen (H^+) dan bersifat asam³. Tingkat keasaman air yang layak diminum untuk memelihara cairan tubuh dan darah berada pada pH 7.5 – 8.5⁴. Sumber listrik yang digunakan pada proses tersebut memanfaatkan *power supply* berupa *system rectifier*⁵ seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5. Dalam penerapannya dipergunakan 1 paket *solar cell* sebagai sumber tegangan untuk menjalankan *power supply*.



Gambar 5. Rangkaian *power supply*

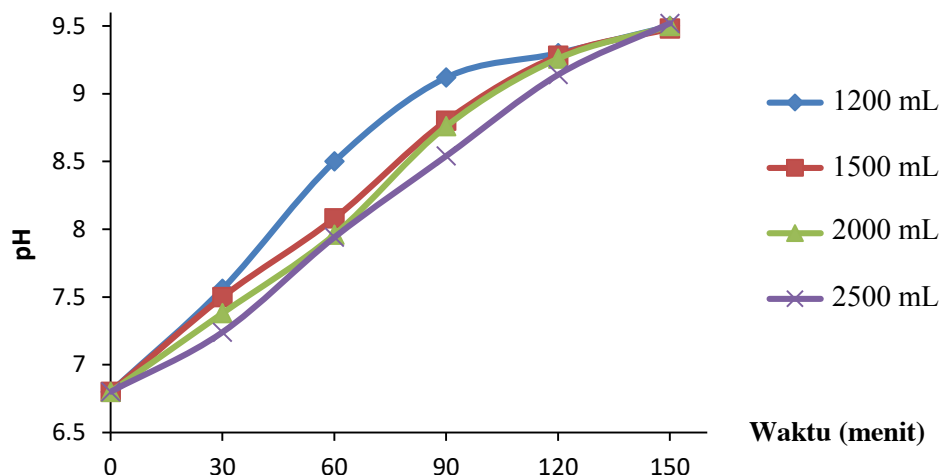
3. HASIL DAN BAHASAN

Hasil pengujian air alkali dari beberapa kondisi volume air yang ditentukan pada saat proses pengujian yang dilakukan yaitu 1200 mL, 1500 mL, 2000 mL, dan 2500 mL ditampilkan pada Tabel 1. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan jarak waktu 30 menit dalam tiap pengambilan data untuk setiap keadaan dan jumlah volume air yang berbeda. Pengukuran yang pertama merupakan keadaan awal air alkali pada pH normal.

Tabel 1. Hasil pengukuran pH dan Arus terhadap waktu pada volume wadah yang bervariasi.

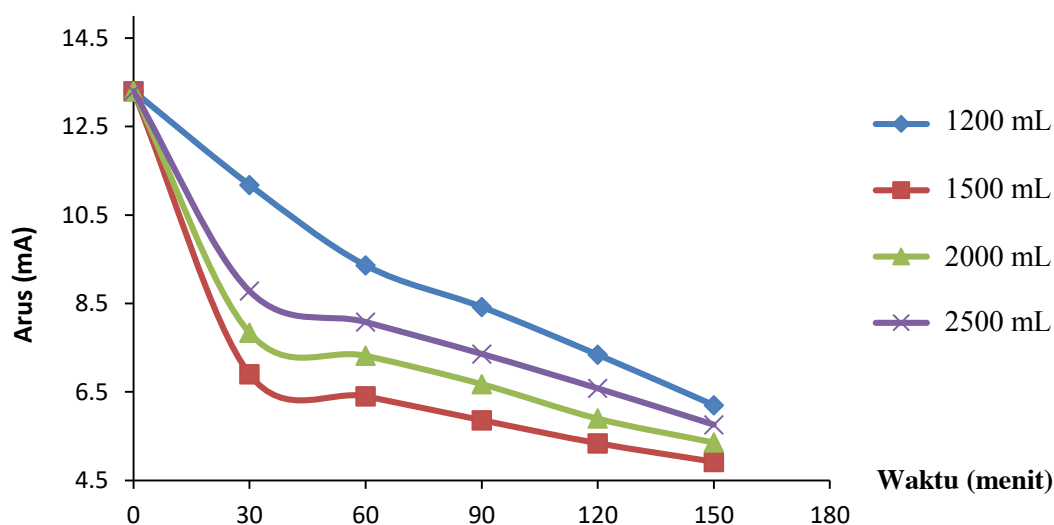
Volume wadah (mL)	Pengukuran	Waktu (menit)	pH Basa	pH Asam	Arus (mA)
1200	1	0	6.8	6.8	13.3
	2	30	7.56	6.54	11.18
	3	60	8.5	6.32	9.36
	4	90	9.12	6.12	8.42
	5	120	9.3	5.68	7.34
	6	150	9.5	5.7	6.2
1500	1	0	6.8	6.8	13.3
	2	30	7.5	6.8	6.9
	3	60	8.08	6.34	6.4
	4	90	8.8	6.02	5.86
	5	120	9.28	5.6	5.34
	6	150	9.48	5.34	4.92
2000	1	0	6.8	6.8	13.3
	2	30	7.38	6.5	7.84
	3	60	7.96	6.24	7.32
	4	90	8.76	5.9	6.68
	5	120	9.26	5.4	5.9
	6	150	9.5	5.06	5.36
2500	1	0	6,8	6,8	13,3
	2	30	7,24	6,6	8,78
	3	60	7,94	6,3	8,08
	4	90	8,54	6,1	7,36
	5	120	9,14	5,3	6,58
	6	150	9,52	5,0	5,76

Berdasarkan Tabel 1 dapat dibuat grafik pH terhadap waktu dan arus terhadap waktu yang masing-masing diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Pengujian pH Basa terhadap waktu

Kurva elektrolisa menunjukkan perubahan pH selama proses elektrolisa basa (alkali). Bentuk grafik elektrolisa memiliki karakteristik tertentu tergantung dari pH basa yang bereaksi⁶. Proses elektrolisa ini akan memisahkan air biasa menjadi dua molekul berbeda molekul OH yang bersifat basa (alkali) yang satunya lagi adalah H yang bersifat asam. Berdasarkan grafik tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan pH dari yang awalnya netral sekitar 6.8 berubah menjadi 9.5 dan mencapai titik jenuh di angka yang sama yaitu 9.5. Hasil tersebut mengkonfirmasi bahwa kondisi air yang demikian dapat dikonsumsi dilihat dari keadaan air yang jernih⁷.



Gambar 7. Grafik Arus terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 7 grafik perubahan arus terhadap waktu menunjukkan bahwa semakin lama proses elektrolisa, maka arus yang dibutuhkan akan semakin kecil. Hasil tersebut mengonfirmasi bahwa kondisi air yang demikian dapat dikonsumsi dilihat dari keadaan air yang jernih⁷.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pengujian maka semakin besar perubahan pH yang diperoleh. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil pengujian untuk arus elektrolisa yang memperlihatkan bahwa semakin lama proses elektrolisa maka arus yang dibutuhkan akan semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Young dan Freedman. 2002. *Fisika Universitas*. Jilid 2. Penerbit Erlangga.
2. <https://www.kangenairkesehatan.com/kangen-water-menurut-dokter-dan-ahli-nutrisi-diterjemahkan-ke-dalam-bahasa-indonesia/>.
3. A. D. Ardianti dan K. Fibrianto. 2017. Air Alkali dan Air Teroksigenasi sebagai Penyeduh Kopi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol. 5, No. 3: 1-5.
4. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
5. Malvino. 1984. *Prinsip-prinsip elektronik*. Penerbit Erlangga.
6. D. Dini. 1983. Hydrogen Production Through Solar energy Water Electrolysis. *International Journal of Hydrogen energy*. Vol. 8, Issues 11-12. Hal. 897-903.
7. Lamy, C. and Millet, P. 2019. A Critical Review on The Definitions Used to Calculate the Energy efficiency Coefficients of Water Electrolysis Cells Working Under Near Ambient Temperature Conditions. *Journal of Power Sources*. Volume 447, 227350.

Analisis Destilasi Air Payau Berbasis Tenaga Surya

Bidayatul Armynah^{1*}, Aristiriany Eka Savitri¹, Sri Suryani¹, Syahir Mahmud²

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin, Makassar

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya, Makassar

Abstrak

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan bagi masyarakat. Pasokan air bersih saat ini telah berkurang terutama di daerah pesisir dan tambak. Berbagai macam teknologi telah digunakan untuk mengatasi kelangkaan air bersih, salah satunya dengan metode destilasi. Destilasi merupakan teknologi pengolahan air laut atau air payau menjadi air tawar. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat destilasi tenaga surya, mengetahui kinerja alat tersebut, serta menguji kualitas air yang dihasilkan. Metode destilasi pada penelitian ini menggunakan filter air, penyerap panas, basin dengan kaca penutup satu permukaan miring, serta menggunakan energi surya sebagai pembangkit listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat destilasi yang dibuat mampu menghasilkan air tawar 341 ml/hari pada rata-rata intensitas matahari 440,62 Watt/m² dan berdasarkan hasil uji kualitas air, diperoleh bahwa air tawar hasil destilasi telah memenuhi syarat baku mutu air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.492 Tahun 2010 berdasarkan parameter pH, bau, warna, rasa, suhu, kekeruhan, TDS (*Total Dissolved Solid*) dan salinitas.

Kata Kunci: air payau, destilasi, energi surya, penyerap panas.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk masyarakat. Air yang terdapat di bumi terdiri dari 97% air asin (laut dan samudra) dan hanya 3% air tawar. Dari 3% tersebut, 68,7% tersimpan di kutub sisanya 31,3% adalah air tanah dan air permukaan (sungai, danau, dan rawa)¹. Meskipun jumlah air melimpah, tetapi tidak semuanya dapat dimanfaatkan langsung. Hal ini menyebabkan banyak masyarakat yang kekurangan akses air bersih, terutama yang berada di daerah pesisir maupun tambak². Hal ini disebabkan oleh kondisi air di daerah tersebut sebagian besar air payau. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah teknologi untuk mengubah air payau menjadi air bersih.

Teknologi yang telah digunakan untuk mengubah air payau menjadi air tawar yaitu dengan metode *multi stage flash* dan *reverse osmosis* (RO)³. Kedua proses tersebut memerlukan biaya yang sangat mahal untuk perawatan dan pembuatannya. Pengoperasian kedua alat ini memerlukan energi yang besar, untuk *multi stage flash* memerlukan energi listrik sebesar 3500-7000 kWh dan untuk alat *reverse osmosis* memerlukan energi listrik sebesar 5800-12000 kWh⁴. Sehingga, kedua metode tersebut kurang aplikatif apabila diterapkan dalam skala rumah tangga. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi dengan metode destilasi sederhana.

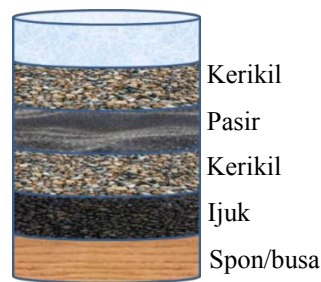
Destilasi merupakan pemisahan komponen suatu bahan berdasarkan perbedaan titik didih dengan memanfaatkan energi panas⁵. Sumber energi panas dapat berasal dari energi listrik dan energi surya. Kondisi daerah pesisir yang berlimpah akan energi surya dapat dijadikan solusi dari kelangkaan air bersih. Pada penelitian ini dibuat destilasi tenaga surya yang terdiri dari filter air, penyerap panas, basin dengan tipe kaca penutup miring, penyaluran air payau yang menggunakan pompa yang dibangkitkan oleh energi dari panel surya, serta dilakukan penelitian terhadap kualitas air hasil destilasi.

2. BAHAN DAN METODE

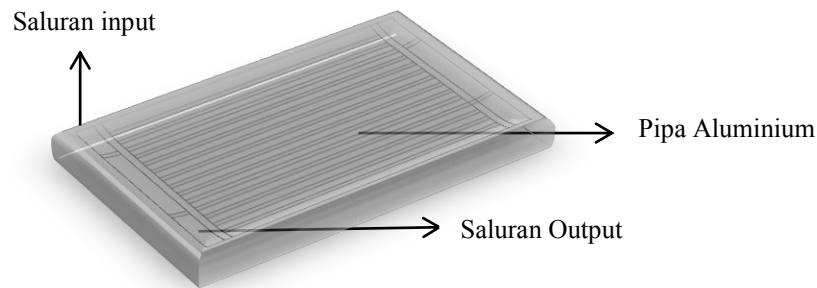
Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan filter air, penyerap panas, dan basin destilator serta pengujian kualitas air yang dihasilkan. Adapun alat dan bahan yang digunakan diantaranya, balok dan papan, kaca transparan, plat dan pipa aluminium, selang, galon, panel surya, *charge controller*, *inverter*, kabel penghubung, aki, serta bahan filter air (pasir, kerikil, ijuk, spon/busanya)³.

Tahap awal pada penelitian ini adalah pembuatan filter air bertujuan untuk menghilangkan kandungan lumpur atau tanah, bau, warna dan logam berat yang terlarut dalam air payau. Filter air yang dibuat menggunakan wadah galon dan tersusun dari beberapa bahan seperti pada Gambar 1. Air payau yang telah difilter akan melewati penyerap panas yang bertujuan mempercepat proses evaporasi dengan menyerap panas matahari dan memanaskan air sebelum masuk ke dalam basin⁵. Penyerap panas terdiri dari plat dan pipa aluminium yang dibuat bersirkulasi seperti pada Gambar 2.

*E-mail: armynah63@gmail.com

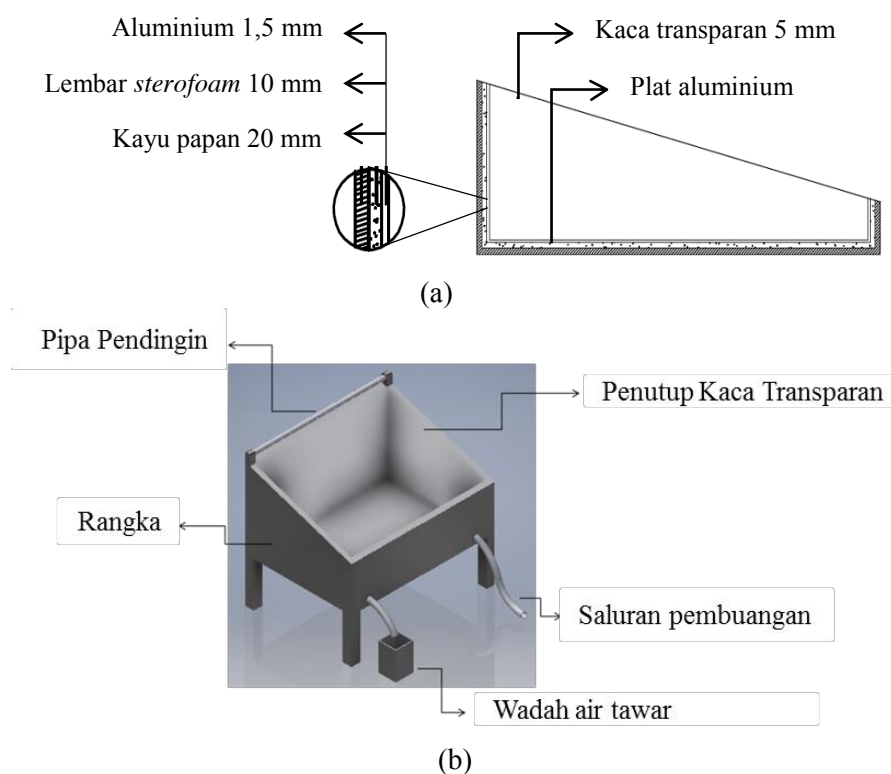


Gambar 1. Susunan bahan filter air payau².



Gambar 2. Desain pipa penyerap panas³.

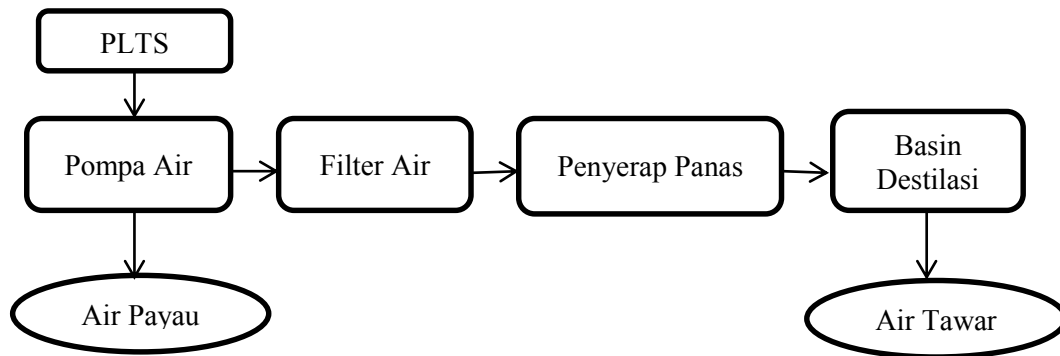
Air payau yang telah melewati filter dan penyerap panas kemudian dimasukkan ke dalam basin destilator. Pembuatan basin destilator meliputi pembuatan rangka dudukan, bak atau basin, dan saluran air seperti pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. (a) Detail bahan basin destilator³ (b) Desain basin destilator³.

Pemasangan kaca penutup menggunakan kemiringan $26,56^\circ$. Selain itu, terdapat pipa pendingin ini bertujuan untuk mempercepat proses kondensasi pada kaca penutup bagian dalam⁵. Selain beberapa alat di atas, pada penelitian ini juga menggunakan pompa untuk mengalirkan air masuk kedalam alat destilasi. Pompa tersebut digerakkan oleh pembangkit listrik tenaga surya yang dirangkai menggunakan panel surya, *charge*

controller, aki dan *inverter*⁴. Skema proses kerja alat destilasi tenaga surya pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Skema kerja alat.

Pengujian alat destilasi dilakukan dengan mengukur intensitas matahari, produktivitas air tawar yang dihasilkan, menguji kualitas air, serta menghitung laju destilasi (*fluks*). Laju destilasi merupakan kecepatan perpindahan massa penguapan dengan satuan liter/jam.m². Nilai fluks dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (1) berikut⁵:

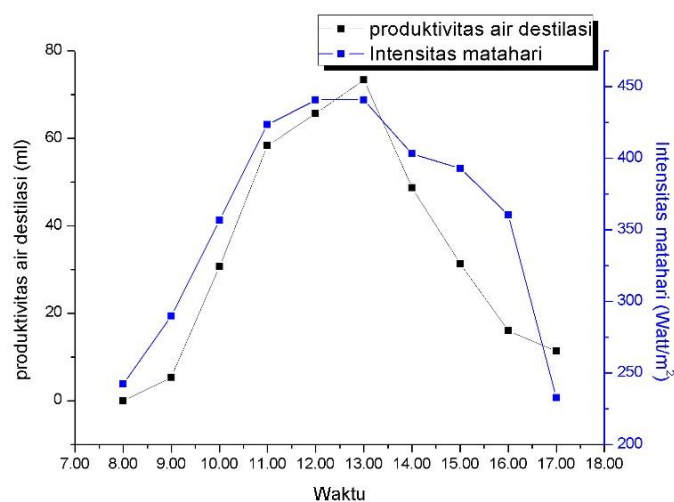
$$\text{Fluks (liter/jam} \cdot \text{m}^2) = \frac{\text{Total volume air destilasi (liter)}}{\text{Waktu operasi (jam)} \times \text{Luas alat (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

3. HASIL DAN BAHASAN

Pada penelitian ini, yang menjadi parameter adalah intensitas matahari dan produktivitas air destilasi. Suhu merupakan faktor eksternal yang akan mempengaruhi produktivitas suatu alat destilasi tenaga surya.

3.1 Pengujian Alat Destilasi

Berdasarkan pengujian yang dilakukan selama 3 hari, diperoleh rata-rata total volume air destilasi sebanyak 341 ml. Kuantitas air yang dihasilkan ini dipengaruhi oleh proses penguapan air payau dalam basin dan proses pengembunan yang terjadi di kaca penutup. Proses penguapan akan semakin baik apabila suhu air laut dalam basin semakin tinggi. Semakin tinggi suhu suatu zat maka pergerakan molekul di dalamnya akan semakin cepat hingga terjadi tumbukan antar molekul yang akan mempercepat proses evaporasi⁴.

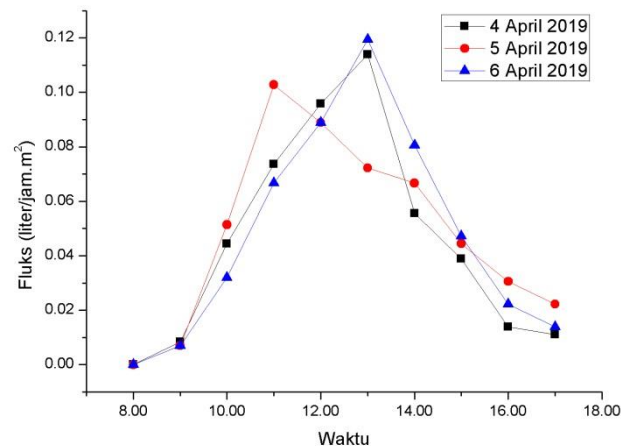


Gambar 5. Grafik hubungan produktivitas, intensitas matahari terhadap waktu.

Gambar 5 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah produktivitas air terbanyak yaitu pada pukul 13.00 menghasilkan air destilasi sebanyak 74 ml dengan intensitas matahari 440,62 Watt/m². Jumlah air yang

dihasilkan bervariasi tergantung pada intensitas matahari, sehingga jumlah ini masih dapat ditingkatkan lagi bila pengujian dilakukan pada kondisi intensitas matahari yang maksimal.

Nilai fluks menggambarkan produktivitas dari alat destilasi dengan sumber tenaga surya karena dalam operasinya terdapat produksi yang bervariasi tergantung pada jumlah air, luas alat, dan waktu pengoperasian alat. Adapun nilai fluks yang diperoleh dari pengoperasian alat destilasi air payau tenaga surya seperti pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Grafik hubungan laju destilasi (fluks) terhadap waktu.

Nilai fluks yang dihasilkan pada Gambar 6 berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat bahwa nilai fluks tertinggi dihasilkan pada tanggal 6 april 2019 sebesar 0,119 liter/jam.m². Fluks yang dihasilkan selama waktu pengoperasian alat menghasilkan nilai yang berfluktuasi namun memiliki deskripsi yang hampir sama yaitu berbentuk kurva parabola. Hal ini disebabkan kondisi lingkungan yang berfluktuasi dan radiasi matahari tidak berlangsung secara konstan. Pada awal pengujian mulai jam 8.00 tidak terdapat fluks karena alat destilasi mulai beroperasi. Fluks tertinggi dihasilkan antara jam 12.00 hingga 13.00. Nilai fluks yang tinggi ini disebabkan karena pada jam tersebut merupakan waktu dimana intensitas matahari memiliki nilai yang tinggi.

3.2 Pengujian Kualitas Air

Pengujian kualitas air yang dilakukan pada penelitian ini berupa uji salinitas, pH, warna, rasa, bau, total zat terlarut (TDS), kekeruhan, dan suhu. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian kualitas air payau dan air destilasi.

Parameter uji	Satuan	Sampel air		Kadar maksimum yang diperbolehkan
		Air payau	Air destilasi	
Bau	-	berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
Warna	TCU	17,5	5,0	15
TDS	ppm	15.452	417	500
Kekeruhan	NTU	7,29	1,71	5
Rasa	-	Asin	Tidak berasa	Tidak berasa
Suhu	°C	24	24	Suhu udara ±3
Salinitas	ppt	13	0	0
pH	-	6,93	7.03	6,5 – 8,5

INDEKS

A

Abdul Rahayuddin, **242**
Ainul Wakiah, **125**
Ali Imran, **97**
Andi Febrina Alam, **42**
Anwar Latif, **233**
Aprizal Ridsma, **250**
Ardi Armawan Syah, **54**
Arifin, **130, 143, 156, 161, 167, 173, 177, 187, 204**
Aristiriany Eka Savitri, **182**
Aron Wiliyam S M, **86**
Aslina, **47**
Asnaeni Ansar, **242**
Astrid Sri Wahyuni Sumah, **211**
Ave Kurnia Sari, **200**
Ayuni Kartika, **195**
Azwar Sutiono, **19, 25, 78**

B

Bannu, **250, 262, 266**
Bansawang BJ, **19, 25, 78**
Bidayatul Armynah, **125, 150, 182**
Bualkar Abdullah, **119, 143, 150, 177, 233, 237, 242, 246, 253**

D

Dahlang Tahir, **92, 97, 136, 143, 242**
Dedy Munardy, **63**
Dewi Rohani Musa, **156**
Dwi Rahastris, **253**

E

Eko Juarlin, **14, 35, 42, 47, 54, 59, 63, 69, 73, 195, 200**
Erlyta Septa Rosa, **130, 187**

F

Faruk Afero, **8**
Febriani Datte Taruk Lobo, **102**
Fidelis S. Nyllan, **69**

G

Gandi Sugandi, **161**

H

Hardianti, **114**
Hariani, **92**
Hendry Izaac Elim, **1**

I

Ida Laila, **143, 204**
Irma Ningsih, **230**
Isnayanti, **266**

M

M N Gazali Yunus, **25, 78**
Mirawati, **173**
Moch Dharul Fhaizol NS, **187**
Muh Ruslan, **237**
Muhammad Amzar, **143**
Muhammad Iryadin, **136**
Muhammad Yunus, **173, 177**
Mulyadin, **253**

N

Natalita Maulani Nursam, **125, 167**
Nermianti Pali, **35**
Nur Hasanah, **54, 59, 63, 69, 195, 200**
Nurdiana, **262**
Nurhidayah Allung, **246**
Nurkhaliq Futhra Maulana, **73**
Nurlaela Rauf, **86, 102, 108, 114, 136, 139, 150**
Nurul Awaliyah M., **97**

P

Paulus Lobo Gareso, **102, 108, 139**
Putri Nur Anggraini, **167**

R

Rahma Anugrahwidya, **97**
Resky Alfira J, **139**

S

Safrullah, **86**
Serlini R, **161**
Shobih, **119, 125, 187**
Sri Dewi Astuty, **221**
Sri Indarwati, **119**

Sri Suryani, **35, 42, 47, 92, 114, 182, 211, 230, 233, 262**

Suarni, **108**

Syahir Mahmud, **150, 182**

Syamsir Dewang, **143, 173, 237, 246, 253, 266**

T

Tasrief Surungan, **25, 78**

U

Ukhty Shafira Auliya Khairul Putrida, **130**

W

Wahdaniar, **177**

Wandi Janwar, **86**

Wildy Reski Aprianto, **150**

Wira Bahari Nurdin, **59, 195, 200, 250**

Y

Yana Taryana, **156, 161**

Yulianti Parung, **59**

Z

Zulhayyir, **167**

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$$



$$\left[\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + \right]$$

Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin

www.sci.unhas.ac.id

ISBN 978-602-52468-7-6

