

p-ISSN: 2549-0516
e-ISSN: 2549-7014

JIE

JURNAL ILMU DAN INOVASI FISIKA

Volume 07, Nomor 01, 2023



JlIF Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika

Volume 07 No. 01 Februari 2023

Penanggung Jawab

Kepala Departemen Fisika FMIPA Unpad

Ketua Editor:

Dr. Sahrul Hidayat (Fisika, UNPAD)

Editor Pelaksana :

Dr. Dadan Hamdani (Fisika, UNMUL)

Dr. Otong Nurhilal (Fisika, UNPAD)

Dr. Darmawan Hidayat (T. Elektro, UNPAD)

Dr. Risa Suryana (fisika, UNS)

Peer Reviewer:

Prof. Dr. Risdiana (Fisika, UNPAD)

Prof. Dr. Camellia Panatarani (Fisika, UNPAD)

Prof. Dr. I Made Joni (Fisika, UNPAD)

Prof. Dr. Ayi Bahtiar (Fisika, UNPAD)

Dr. Fitrilawati (Fisika, UNPAD)

Dr. Esmar Budi (Fisika, UNJ)

Dr. Nowo Riveli (Fisika, UNPAD)

Dr. Rahmat Hidayat (Fisika, ITB)

Dr. Annisa Aprilia (Fisika, UNPAD)

Prof. Dr. Yudi Rosandi (Geofisika, UNPAD)

Dr. Asep Harja, (Geofisika, UNPAD)

Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika (JIIF) merupakan jurnal ilmiah yang memuat hasil-hasil penelitian yang mencakup kajian teoretik, simulasi dan modeling, eksperimen, rekayasa dan eksplorasi dalam bidang Fisika dan Aplikasinya. Jurnal ini terbit secara berkala sebanyak dua kali dalam setahun (Februari dan Agustus). Redaksi menerima naskah ilmiah hasil penelitian, pikiran dan pandangan, review, komunikasi singkat dalam bidang Fisika dan Aplikasinya. Petunjuk penulisan artikel tersedia di dalam setiap terbitan dan secara online. Artikel yang masuk akan melalui proses seleksi mitra bebestari dan disetujui oleh dewan editor.

Penerbit: Departemen Fisika FMIPA Unpad

Terbit pertama kali: 2017

Terbit dua kali setahun (Februari, Agustus)

Alamat Editor:

Sekretariat Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika (JIIF)

Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Jatinangor Sumedang 45363

Telpon: 022 779 6014, Fax: 022 779 2435

Alamat email jurnal: jiif@phys.unpad.ac.id

Website: <http://jurnal.unpad.ac.id/jiif>

JlIF Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika

Volume 07 No. 01 Februari 2023

Daftar Isi

	Hal
Desain Smart Laboratory Berbasis Internet of Things untuk Monitor dan Pengontrol <i>Irawati Dewi Syahwir</i>	1 - 8
Analisis Kerapatan Sambaran Petir Jenis Cloud to Ground berbasis Sistem Informasi Geografis di Wilayah Tanjung Jabung Timur <i>Elsartika Putri Yulia</i>	9 - 19
Characteristics of PVA/GO Composite Membranes Prepared Using Solution Casting Technique for Reducing Methylene Blue Concentration <i>Fauziah Siti Ajizah</i>	20 - 29
Characteristics of Graphene Like Material Synthesized from Coconut Shell Charcoal Powder using Solid State Method <i>B.L Najati</i>	30 - 40
Laju Korosi pada Baja API 5L Grade B dalam Medium Limbah Minyak Bumi dengan Inhibitor Sikloheksilamina <i>Haryono</i>	41 - 48
Identifikasi Zona Akuifer Menggunakan Metode Resistivitas-DC di Daerah Kipas Lava Pegunungan Malabar Kabupaten Bandung Jawa-Barat <i>Asep Harja</i>	49 - 57
Characteristics of Graphene Like Material Synthesized from Commercial Activated Carbon of Coconut Shell Using a Modified Hummers Methods <i>Dewi Asaningsih Affandi</i>	58 - 68
Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Gunung Semeru Pasca Erupsi Tahun 2022 <i>Firdha Kusuma Ayu Anggraeni</i>	69 - 78
Analisis Sifat Fisis Tanah pada Stabilitas Tanah Lempung dengan Penambahan Kapur Tohor (CaO) <i>Shela Octavia Sipangkar</i>	79 - 89
Karakteristik Adsorben Ampas Teh dalam Menyerap Ion Logam Timbal Menggunakan Model Isoterm Langmuir <i>Akbar Perdana</i>	90 - 97

DESAIN SMART LABORATORY BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK MONITOR DAN PENGONTROL

IRAWATI DEWI SYAHWIR *, RIZKI HIDAYAT, HANS OBED EDREA SIMBOLON

¹Prodi Metrologi dan Instrumentasi, Akademi Metrologi dan Instrumentasi
Jl. Muhammad Daeng Ardiwinata KM 3,4 Cihanjuang Parongpong

*email : irawatidewisyahwir@akmet.ac.id

Abstrak. Desain *smart laboratory* bertujuan untuk kesehatan manusia berbasis IoT (*Internet of Things*) yang merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui dan menjaga kesehatan penguji dalam laboratorium. Prototipe *smart laboratory* ini menjalankan fungsinya dengan cara melakukan *monitoring* dan *controlling* terhadap 4 pengontrol IoT. Pemantauan suhu dan kelembapan, Pengontrolan intensitas cahaya, Pengontrolan lampu ultraviolet dan pengukur kadar oksigen dalam darah. Keseluruhan modul akan terhubung secara terpusat ke aplikasi *Blynk* sehingga pengguna dapat memantau *display* keseluruhan modul secara *real time*. Pemantauan suhu dan kelembapan diperoleh nilai ketepatan pengujian suhu terhadap alat standar hygrometer sebesar 96,22% dan kelembapan sebesar 94,00%. Pengontrolan intensitas cahaya diperoleh dengan kondisi intensitas lampu yang telah sesuai dengan kontrol dari aplikasi *Blynk*. Ketika button A OFF dan button B ON pada *Blynk* maka kondisi lampu A mati dan lampu B nyala. Pengontrolan lampu ultraviolet telah sesuai dengan kontrol dari aplikasi *Blynk*, ketika *button display* aplikasi *Blynk* ON maka lampu ultraviolet akan nyala. Pengukur kadar oksigen dalam darah diperoleh nilai ketepatan pengujian kadar oksigen dalam darah terhadap alat standar *pulse Oximeter* sebesar 100%.

Kata kunci: Smart Laboratory, realtime monitoring

Abstract. The smart laboratory design aims for IoT (Internet of Things) based human health which is a tool used to identify and maintain the health of testers in laboratory. This smart laboratory perform its function by monitoring and controlling 4 IoT module. First module is for monitoring temperature and humidity, the second module is for controlling light intensity, third module will be controlling ultraviolet lamps and fourth module is for measuring oxygen levels in the blood. All modules will be centrally connected to the Blynk application so that users can monitor the display in real time. The accuracy of temperature testing on a standard Hygrometer is 96.22% and humidity is 94.00%. The second module found that the condition of the intensity of lamp is in accordance with the control of the Blynk application. When button A is OFF and Button B is ON the Blynk then the condition of lamp A is OFF and lamp B is ON. The third module is in accordance with the control of the Blynk application, when the button display of Blynk application ON, The ultraviolet light will turn on. The fourth module the accuracy of testing blood oxygen levels against a standard pulse oximeter is 100%.

Keywords: Smart Laboratory, realtime monitoring

1. Pendahuluan

Suhu udara sangat berperan dalam kenyamanan bekerja karena tubuh manusia menghasilkan panas yang digunakan untuk metabolisme basal dan muskuler. Namun, dari semua energi yang dihasilkan tubuh hanya 20% saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan. Jika dibandingkan dengan Standar Baku Mutu sesuai KMK No 261 Tahun 1998 bahwa suhu yang dianggap

nyaman untuk suasana bekerja 18-26 °C. Kelembapan udara yang relatif rendah yaitu kurang dari 20% dapat menyebabkan kekeringan selaput lendir membran, sedangkan kelembapan tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Kelembapan yang ideal berkisar 40-60% [1].

Salah satu kelembapan yang harus diperhatikan yaitu kelembapan di laboratorium, dimana sirkulasi udara menggunakan AC sangat mempengaruhi kesehatan penguji laboratorium, rentang suhu dan pengendalian kelembapan lingkungan laboratorium terutama ditentukan dari aspek-aspek berikut. Pertama, identifikasi persyaratan untuk suhu dan kelembapan lingkungan untuk setiap pekerjaan. Terutama mengidentifikasi kebutuhan instrumen, kebutuhan reagen, kebutuhan prosedur eksperimental, dan pertimbangan humanisasi staf laboratorium. Standar kenyamanan termal di Indonesia berdasarkan SNI 03-6572-2001 rentang suhu 20,5°C - 27,1°C dan kelembapan rentang 40% - 80%. Ada hubungan kausal tertentu antara lingkungan kering dan radang tenggorokan. Empat aspek dipertimbangkan secara komprehensif, dan daftar persyaratan untuk kontrol suhu dan kelembapan terdaftar. Kedua, pilih dan kembangkan kisaran suhu dan kendali kelembapan lingkungan yang efektif. Ekstrak rentang tersempit dari daftar semua persyaratan dari elemen-elemen di atas sebagai ruang lingkup yang diizinkan dari kontrol lingkungan laboratorium, merumuskan prosedur manajemen untuk pengendalian kondisi lingkungan, dan merumuskan SOP yang wajar dan efektif sesuai dengan situasi aktual departemen. Ketiga, pertahankan dan pantau. Melalui berbagai langkah untuk memastikan bahwa suhu dan kelembapan lingkungan berada dalam rentang kendali, dan memantau serta merekam pemantauan suhu dan kelembapan sekitar, mengambil langkah-langkah tepat waktu untuk melampaui kisaran yang diperbolehkan, hidrupkan AC untuk menyesuaikan suhu, dan buka dehumidifier untuk mengontrol kelembapan.

Selain suhu dan kelembapan, kebersihan laboratorium juga menjadi hal penting yang perlu dijaga. Kategori bersih disini lebih berfokus terhadap kondisi laboratorium yang terjaga dari keberadaan virus yang membahayakan pekerja. Beberapa jenis virus dapat bertahan hidup di tempat tertentu dengan berbagai variasi waktu. Ketika virus menempel di salah satu instrumen laboratorium, ini akan menjadi langkah awal virus menyebar melalui kontak fisik yang dilakukan oleh pekerja. Ukurannya yang kecil, tidak bisa dilihat dengan mata telanjang, dan selalu berulah ketika memasuki tubuh manusia [2]. Pengendalian mikroorganisme dapat dilakukan dengan radiasi ultra-violet, Pada media kontrol yang tidak terpapar ultra violet diperoleh pertumbuhan koloni yang sangat penuh/tidak terhitung [3]. Hubungan antara reduksi jumlah E.coli terhadap intensitas sinar UV, lamanya waktu pemaparan, kedalaman sampel yang mengandung E.coli dan adanya pengaruh pengadukan [4].

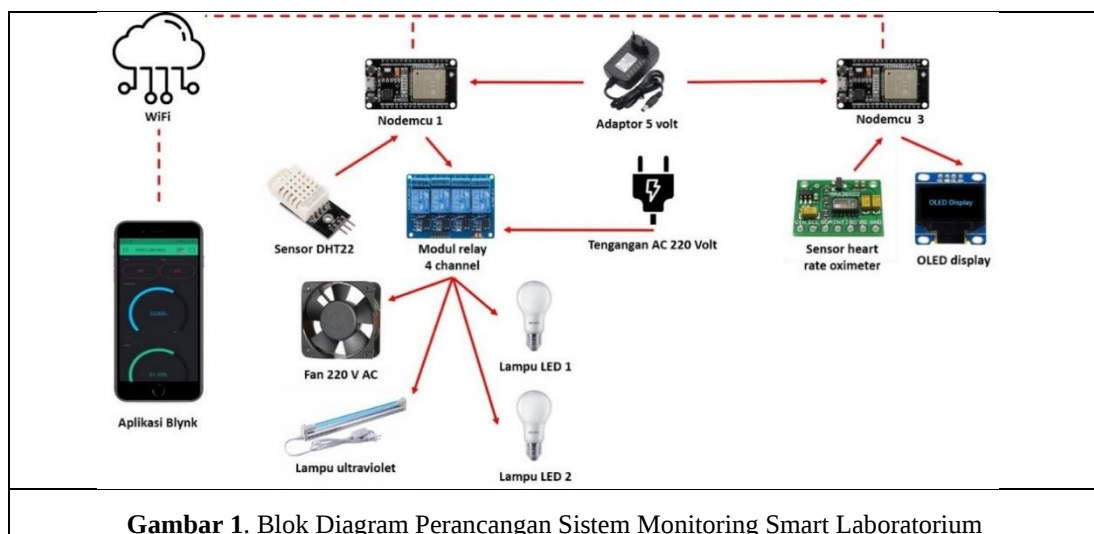
Salah satu penerapan smart laboratorium yaitu laboratorium dapat menghitung kadar oksigen dalam darah untuk penguji yang ada di dalam laboratorium, keterbatasan dan sumber kesalahan dalam teknologi oksimeter denyut dapat digambarkan dan di tampilkan pada sistem informasi [5]. Cahaya LED yang terserap jari akan menjadi sinyal yang diumpankan ke fotodiode yang selanjutnya sinyal tersebut akan diubah menjadi sinyal digital oleh Arduino dan diproses lebih lanjut oleh personal computer untuk menampilkan grafik pulse oximetry tersebut [6].

Aplikasi menggunakan *Blynk* yang merupakan wadah antarmuka grafis untuk proyek yang akan diimplementasikan dengan metode drag and drop widget, dimana

penggunaannya sangat mudah untuk mengatur semuanya dan dapat dikerjakan dalam waktu kurang dari 5 menit. *Blynk* tidak terikat pada papan atau module tertentu. Dari platform aplikasi inilah dapat mengontrol apapun dari jarak jauh yang terhubung dengan Internet of Things. Berdasarkan pengujian, waktu yang dibutuhkan untuk mengirim dan menerima notifikasi di smartphone user melalui aplikasi *Blynk* berkisar pada 3-6 detik. Walaupun demikian waktu dapat dipengaruhi oleh konektivitas jaringan internet. Menghidupkan lampu dan mematikan lampu dengan sangat mudah bisa dilakukan lewat aplikasi *Blynk* pada smartphone, dengan jarak paling jauh 35 meter, dengan delay waktu on dan off berkisar antara 0,5 sampai 1 detik jadi lumayan cepat, hampir tidak ada delay waktu /jeda [7].

2. Metode Penelitian

Desain *smart laboratory* dibagi atas 4 monitoring dan pengontrol antara lain digunakan untuk *monitoring* suhu dan kelembapan, kontrol intensitas cahaya, kontrol lampu ultraviolet dan mengukur kadar oksigen dalam darah seperti tampak pada Gambar 1. Keempat modul ini telah terintegrasi ke aplikasi *Blynk* sehingga memudahkan pengguna dalam monitor dan kontrol. *Smart Laboratory* menggunakan mikrokontroller NodeMCU ESP8266 dengan tegangan DC power supply sebesar 5 volt dan tegangan AC 220 volt untuk modul relay. Instalasi langsung di ruangan karena dalam pembuatannya telah menggunakan komponen listrik ruangan seperti lampu, *ON/OFF* AC (Air Conditioner) dan lampu ultraviolet.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Sistem Monitoring Smart Laboratorium

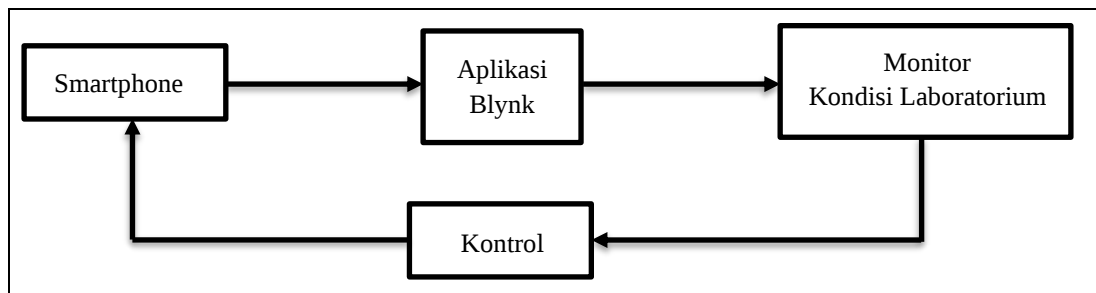
Pada sensor suhu dan kelembapan berfungsi untuk melakukan *monitoring* suhu dan kelembapan serta melakukan kontrol *ON/OFF* kipas angin. Sensor yang digunakan yaitu modul DHT22 yang terhubung langsung ke NodeMCU ESP8266. Nilai suhu dan kelembapan langsung ditampilkan pada aplikasi *Blynk*.

Untuk bagian lainnya berfungsi untuk melakukan kontrol intensitas cahaya terdiri 3 komponen utama yang digunakan yaitu NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroller, modul relay 2 channel sebagai switch *ON/OFF* dan penghantar tegangan 220 V AC kepada lampu AC dan terakhir adalah 2 buah lampu LED.

Pengontrol *ON/OFF* lampu ultraviolet terdiri 3 komponen utama yang digunakan yaitu mikrokontroller NodeMCU ESP8266, modul relay 1 channel dan lampu

ultraviolet. Lampu ultraviolet berfungsi untuk menghancurkan bakteri dan virus mikroskopik tanpa merusak kulit dan mata manusia. UVC yang mengandung sinar ultraviolet yang dapat menghancurkan mikroorganisme. Penggunaan lampu ultraviolet digunakan disaat tidak ada manusia yaitu sebelum penggunaan laboratorium dan setelah penggunaan.

Rangkaian Oximeter berfungsi untuk mengukur kadar oksigen dalam darah menggunakan sensor MAX30100 yang akan mendeteksi kadar oksigen dalam darah dengan menempatkan salah satu jari tepat pada posisi LED sensor. Hasil pengukuran akan langsung ditunjukkan melalui *OLED Display* dan *Blynk*. Berikut bagan proses pengontrolan sistem smart laboratorium pada Gambar 2.

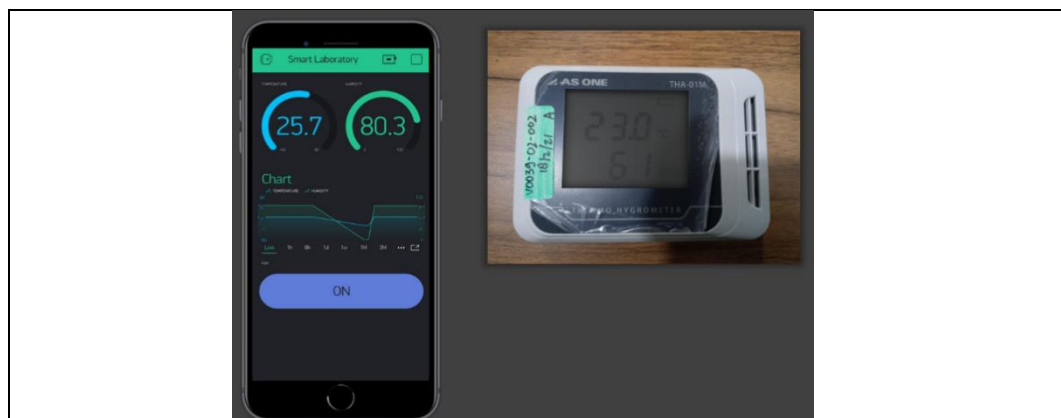


Gambar 2. Proses pengontrolan sistem smart laboratorium menggunakan aplikasi Blynk

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan dengan Aplikasi *Blynk*

Pengujian sensor suhu dan kelembapan dapat terlihat seberapa efektif pembacaannya maupun kinerja dari sensor tersebut dan pembacaannya dibandingkan dengan alat ukur suhu dan kelembapan. Dengan adanya catatan ini dapat mempermudah untuk memahami seberapa efektif pembacaan sensor tersebut pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian Suhu dan kelembapan

Tabel 1. Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan

Pengujian ke	Pengujian			
	Suhu (°C)		Kelembapan (%)	
	DHT22	Termohygro	DHT22	Termohygro
1	23,7	22,9	63	58
2	23,7	22,9	63	59
3	23,7	22,9	62	59
4	23,8	22,9	63	59
5	23,8	23,0	64	59
6	23,8	23,0	64	60
7	23,8	23,0	64	60
8	23,8	23,0	64	61
9	24,0	23,0	64	61
10	24,0	22,9	64	61
Std Dev	0,0484	0	0,6708	1,077

Pada Tabel 1 merupakan pengujian suhu antara sensor DHT22 dengan Hygrometer memiliki persentase ketepatan pengukuran sebesar 96.22%. Sedangkan untuk pengukuran kelembapan diperoleh persentase ketepatan sebesar 94%. Hal ini menunjukkan bahwa setiap pengukuran yang dilakukan dengan sensor DHT22 akan memberikan nilai *error* suhu sebesar 3.78% dan kelembapan sebesar 6%. Spesifikasi laboratorium standar ukuran untuk besaran massa yaitu memiliki temperatur ruangan 18–25°C dan kelembapan ruangan 40–60%. Dari hasil pengukuran menggunakan alat standar Hygrometer menunjukkan bahwa laboratorium yang menjadi sampel pengujian telah memenuhi syarat dari spesifikasi laboratorium standar ukuran untuk besaran massa. Sedangkan ketika dilakukan pengukuran dengan sensor DHT22 menunjukkan kondisi tidak ideal pada pengukuran kelembapan karena melebihi rentang dari spesifikasi yang diinginkan. Hal ini terjadi karena terdapat nilai *error* sebesar 6% dari setiap pengukuran kelembapan.

3.2. Pengujian ON/OFF lampu dengan Aplikasi Blynk

Pengujian ON/OFF lampu dilakukan untuk mengetahui 2 lampu LED sudah bekerja dan dapat dilakukan pengontrolan ON/OFF melalui aplikasi Blynk diperlihatkan pada Tabel 2. Dalam pengujian tersebut maka dapat disimpulkan dan mendapatkan sebuah catatan yang dapat dilihat hasil pengontrolan dari aplikasi *Blynk*. Sehingga pengujian ON/OFF lampu ini dapat terlihat seberapa efektif kinerja dari pengontrolan jarak jauh tersebut.

Tabel 2. Pengujian ON/OFF lampu

Kondisi	Button A	Button B	Lampu A	Lampu B
1	ON	OFF	nyala	mati

2	OFF	ON	mati	nyala
3	ON	ON	nyala	nyala
4	OFF	OFF	mati	mati

3.3. Pengujian Pengontrolan Lampu UV dengan aplikasi Blynk

Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan pengontrolan dari aplikasi Blynk. Sehingga pengujian pengontrolan lampu UV ini dapat terlihat seberapa efektif kinerja dari pengontrolan jarak jauh seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

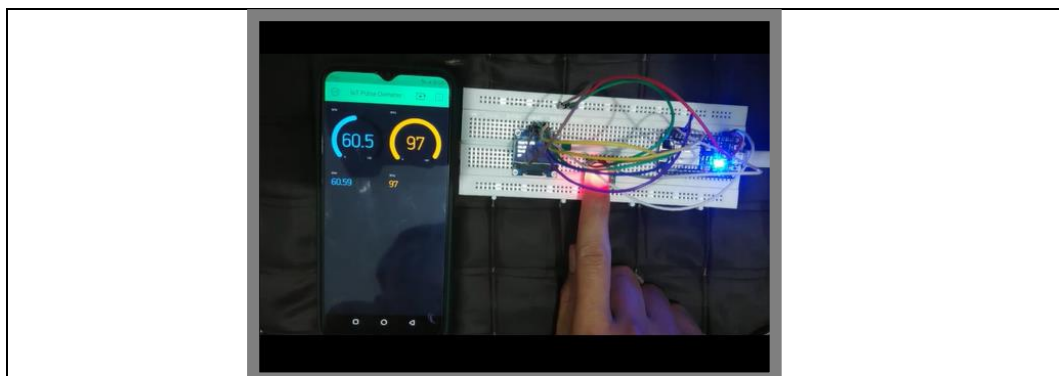
Pengujian pengontrolan lampu UV bertujuan untuk pengontrolan lampu ultraviolet dilakukan dengan memberikan 2 kondisi *button* yaitu kondisi pertama dengan diberikan kondisi *button ON* dan keluarannya berupa lampu ultraviolet dengan kondisi menyala. Kedua yaitu diberikan kondisi *button OFF* dan keluarannya berupa lampu ultraviolet dengan kondisi mati. Sinar ultraviolet atau UV dari sinar matahari dianggap ampuh untuk membunuh segala macam bakteri.

Tabel 3. Pengujian Pengontrolan Lampu UV

Kondisi	<i>Button</i>	Lampu <i>Ultraviolet</i>
1	ON	Nyala
2	OFF	Mati

3.4. Pengujian Kadar Oksigen dalam Darah dengan Aplikasi Blynk

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah pada manusia, untuk mengetahui sensor sudah bekerja dan dapat mengukur kadar oksigen dalam darah maka dilakukan perbandingan pembacaan terhadap alat sensor Oximeter yang telah ada izin peredaran oleh Kemenkes RI AKL 20502918057 seperti dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengujian Kadar Oksigen dalam Darah dengan Aplikasi Blynk

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil dari perbandingan pengujian sensor MAX30100 dengan perbandingan Oximeter standar dilakukan pengambilan sampel pada dua kondisi untuk melihat respon dari sensor yang menggunakan MAX30100, kondisi pertama yaitu pengambilan nilai saturasi oksigen sebelum melakukan latihan fisik akut lari *sprint* 100 meter dan kondisi kedua yaitu pengambilan nilai saturasi oksigen setelah melakukan latihan fisik akut lari *sprint* 100 meter. Terdapat peningkatan nilai saturasi oksigen sebelum latihan fisik dibandingkan dengan setelah latihan fisik berdasarkan data nilai rata-rata saturasi oksigen. Hal ini terjadi karena makin berat aktivitas kerja yang dilakukan makin tinggi konsumsi oksigennya.

Tabel 4. Hasil pengujian kadar oksigen

Pengujian ke-	Sebelum latihan fisik akut lari <i>sprint</i> 100 meter		Setelah latihan fisik akut lari <i>sprint</i> 100 meter	
	Sensor MAX30100 (%SpO2)	Oximeter Standar (%SpO2)	Sensor MAX30100 (%SpO2)	Oximeter Standar (%SpO2)
1	97	97	98	98
2	97	97	98	99
3	97	97	98	99
4	97	97	99	99
5	97	97	99	99
6	97	97	99	99
7	97	97	99	99
8	97	97	99	99
9	98	97	98	99
10	98	97	99	99
Rata-rata	97.2	97	98.6	98.9
Standar deviasi	0.421637	0	0.516398	0.316228
Ketepatan	99.79 %	-	99.69 %	-

4. Kesimpulan

Pada pengujian sensor suhu dan kelembapan yang dibandingkan dengan alat standar hygrometer diperoleh nilai ketepatan pengujian suhu sebesar 96,22% dan kelembapan sebesar 94,00%. Pengujian ON/OFF lampu dengan menggunakan 2 lampu LED sebagai indikator intensitas cahaya telah beroperasi sesuai perintah dari aplikasi *Blynk*. Pengujian Pengontrolan Lampu UV untuk mengendalikan lampu ultraviolet telah beroperasi sesuai perintah dari aplikasi *Blynk*. Untuk pengujian pengujian kadar oksigen yang dibandingkan dengan alat standar Oximeter yang memiliki izin edar KEMENKES diperoleh nilai ketepatan pengukuran sebesar 99.79% sebelum melakukan latihan fisik akut dan 99.69% setelah melakukan latihan fisik akut

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih diucapkan kepada Akademi Metrologi dan Instrumentasi, Kementerian Perdagangan yang telah memfasilitasi pelaksanaan riset ini

Daftar Pustaka

1. I. Corie Prasasti, Sudarmaji, R. A. Pemrograman Arduino dan Android Dengan App Inventor. Jurnal Kesling, 2013 , hal 7.
2. M. Andrew Luks., R. Erik Swenson, Pulse Oximetry for Monitoring Patients with COVID-19 at Home: Potential Pitfalls and Practical Guidance, June, 2020.
3. T. Ariyadi, S. S. Dewi, Pengaruh Sinar Ultra Violet terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus* sp Sebagai Bakteri Kontaminan, Jurnal Kesehatan, 2009, Vol.2, No. Alcamo, I.E., 19.
4. O. H. Hendriyanto, Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet dan Pengadukan terhadap Reduksi Jumlah Bakteri *E.coli*, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 2015, Vol. 2 No. 1.
5. DeMeulenaere, J. Nurse Pract., Pulse Oximetry: Uses and Limitations. J. Nurse Pract., 2007.
6. U. Salamah, Rancang Bangun Pulse Oximetry Menggunakan Arduino Sebagai Deteksi Kejenuhan Oksigen Dalam Darah. J. Penelit. Fis. dan Apl. 2016.
7. Marina Artiyasa, Aidah Nita Rostini, Edwinanto, Anggy Pradifta Junfithrana Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk *Blynk*., Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra. Vol. 7, No. 1, September 2020: Hal 1- 7.
8. Ratna dan Siri, H., Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium, 1990, Jakarta, PT Gramadia
9. W. S. Johnston, Development of a Signal Processing Library for Extraction of SpO₂ , HR , HRV , and RR from Photoplethysmographic Waveforms, 2006
10. Pudjaatmaka, A. H., Kamus Kimia. Balai Pustaka, 2002, Jakarta

ANALISIS KERAPATAN SAMBARAN PETIR JENIS CLOUD TO GROUND BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI WILAYAH TANJUNG JABUNG TIMUR

ELSARTIKA PUTRI YULIA ^{1*}, NURHIDAYAH ¹, RUSTAN ¹, ANNISA FAUZIAH ²

¹*Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
Jl. Jambi-Ma.Bulian 361361, Muaro Jambi, Jambi*

²*Stasiun Meteorologi Kelas I sultan Thaha Jambi
Jl. Sersan Udara Syawal, Kota Jambi*

*email : elsartikap@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerapatan sambaran petir jenis *cloud to ground* di wilayah Tanjung Jabung Timur dan kaitannya dengan aspek di permukaan bumi (ketinggian, penggunaan lahan dan formasi geologi) menggunakan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil yang diperoleh yaitu kerapatan petir tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan Desember, sedangkan yang terendah terjadi pada bulan Februari. Kerapatan petir rata-rata tahunan terjadi sebanyak 8 sambaran/km² dengan kerapatan tertinggi hingga 189 sambaran/km² yang terjadi di kecamatan Sadu sebagai daerah yang dekat dengan laut terbuka. Berdasarkan aspek di permukaan bumi, diperoleh Kerapatan sambaran petir *cloud to ground* yang terjadi di wilayah Tanjung Jabung Timur tidak mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya ketinggian. Kerapatan petir tertinggi terjadi pada jenis penggunaan lahan berupa lahan basah, sedangkan yang terendah terjadi pada lahan terbangun. Adapun formasi geologi dengan kerapatan petir paling tinggi yaitu formasi Endapan Rawa (Qs) tersusun atas batuan pasir, lanau, lempung, lumpur dan gambut yang tergolong sebagai bahan konduktor.

Kata kunci: Petir CG, awan cumulonimbus, kerapatan, SIG

Abstract. Lightning is an electrical phenomenon from cumulonimbus clouds which its occurrence cannot be predicted. This study aims to analyze the density of cloud to ground lightning strikes in the Eastern Tanjung Jabung area and its relation to the aspects on the earth's surface (altitude, land use and geological formation) using the help of a Geographic Information System (GIS) during 2020. The results obtained from this study namely the highest lightning density occurred in October and Desember, while the lowest occurred in February. The average annual lightning density in the Eastern Tanjung Jabung area is 8 strikes/km² with the highest density of up to 189 strikes/km², occurring in Sadu sub-district. Based on the aspect on the earth's surface, the density of cloud to ground lightning strikes that occurred in the Eastern Tanjung Jabung area did not increase with increasing altitude. The highest lightning density occurs in the type of land use in the form of wetlands. While the lowest occurs in built-up land. The geological formation at the highest lightning density is the Swamp Sediment (Qs) formation which is composed of sand, silt, clay, mud and peat material which is classified as a conductor.

Keywords: CG lightning. Cumulonimbus clouds, density, GIS

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan beriklim tropis yang berpotensi tinggi mengalami kejadian sambaran petir. Hal ini dikarenakan wilayahnya memiliki

tingkat pemanasan yang relatif tinggi sepanjang tahun serta wilayah perairan yang sangat luas, sehingga mengakibatkan terjadinya penguapan yang cukup besar dan berpotensi tumbuhnya awan penghasil petir, yaitu awan *cumulonimbus* [1]. Tanjung Jabung Timur merupakan salah satu kabupaten yang memiliki wilayah pesisir terluas di Provinsi Jambi. Hal ini menyebabkan Tanjung Jabung Timur berpotensi tinggi mengalami kejadian sambaran petir dibandingkan daerah lainnya karena wilayahnya berbatasan langsung dengan perairan di Indonesia yaitu Laut Cina Selatan, dengan laut merupakan sumber penguapan terbesar dalam proses pembentukan awan *cumulonimbus* [2].

Petir merupakan fenomena kelistrikan alami berupa pelepasan muatan dari awan *cumulonimbus* yang kejadiannya tidak dapat dicegah. *Cloud to ground* merupakan salah satu jenis petir yang banyak menyebabkan kerugian berupa kerusakan material hingga kematian, karena sambarannya yang sampai ke permukaan bumi [3-4]. Petir terjadi disebabkan oleh dinamika atmosfer yang dipengaruhi oleh faktor global, regional maupun lokal di suatu wilayah yang menyebabkan kondisi atmosfer menjadi labil, sehingga memicu pembentukan awan *cumulonimbus* [5]. Selain faktor tersebut, terdapat faktor di permukaan bumi yang mempengaruhi sambaran petir yang terjadi di suatu wilayah seperti ketinggian dan penggunaan lahan sebagai pemicu aktivitas sambaran petir [6].

Berdasarkan hal tersebut, analisis kejadian sambaran petir diperlukan sebagai upaya mengurangi hingga mencegah kerugian yang akan terjadi, dengan melakukan analisis kerapatan sambaran jenis *cloud to ground* menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) [7]. Penelitian mengenai kerapatan sambaran petir telah banyak dilakukan sebelumnya seperti mengidentifikasi kerapatan sambaran petir di wilayah pesisir Banten Utara Selatan, Wonosobo yang dikaitkan dengan formasi geologi wilayah tersebut, serta analisa kerapatan sambaran petir pada ketinggian dan penggunaan lahan di wilayah Spayol [2, 8-9]. Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai kerapatan sambaran petir di wilayah Tanjung Jabung Timur yang dianalisa terhadap ketinggian, penggunaan lahan serta formasi geologi di wilayah tersebut.

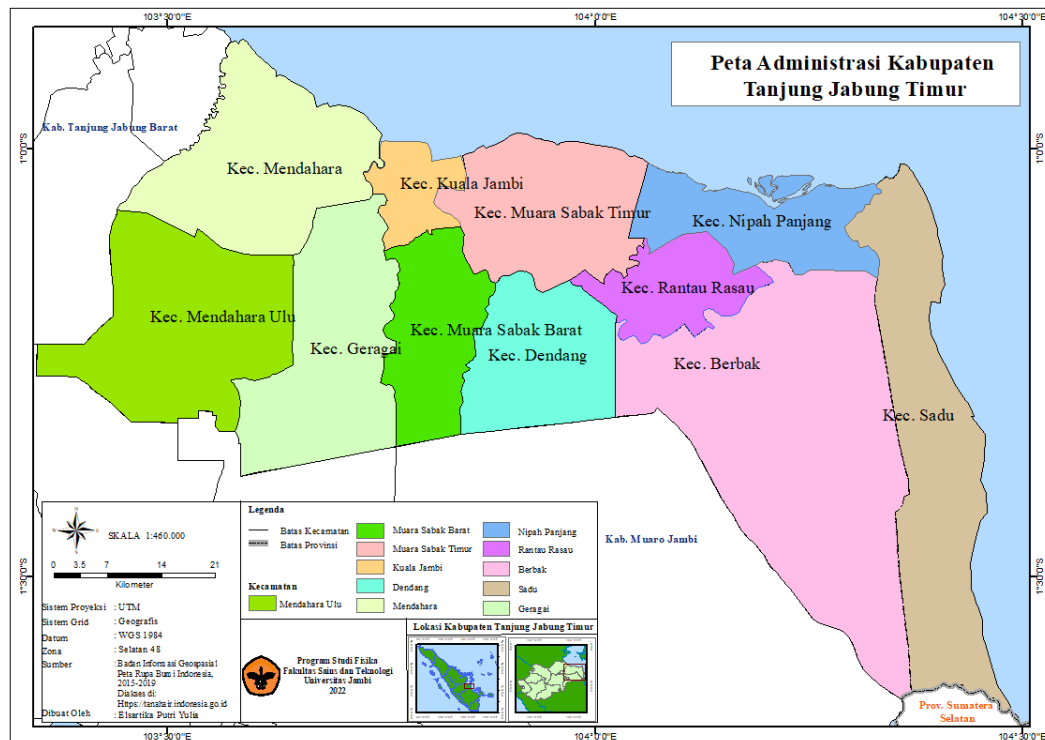
2. Metode Penelitian

Objek dari penelitian ini yaitu kabupaten Tanjung Jabung Timur yang terletak pada koordinat $0^{\circ}53'-1^{\circ}41'$ LS dan $103^{\circ}23'-104^{\circ}3'$ BT. Adapun peta lokasi penelitian terdapat pada Gambar 1.

Penelitian ini menggunakan *raw data* sambaran petir tahun 2020 dari *lightning detector* di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Thaha Jambi. Stasiun pengamatan ini berada pada koordinat $103^{\circ}38'$ BT dan $1^{\circ}01'$ LS. Data kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Lightning/2000*, *kmltocsvconverter* dan *Lightning Data Processing*. Kemudian dipetakan pada perangkat lunak ArcGIS 10.6.1 menggunakan metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) dan diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah menggunakan klasifikasi *natural breaks* (*jensks*).

Analisis kerapatan sambaran petir dilakukan berdasarkan ketinggian/ *Digital Elevation Model*, penggunaan lahan serta formasi geologi wilayah Tanjung Jabung Timur dengan masing-masing data diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (<https://tanahair.Indonesia.go.id>), Esri Sentinel-2 resolusi 10 m (<https://www.arcgis.com>) dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

(<https://geoportal.esdm.go.id>). Kerapatan sambaran petir dengan ketinggian dilakukan dengan menyandingkan peta tingkat kerapatan sambaran petir dengan peta ketinggian wilayah Tanjung Jabung Timur serta menganalisis kerapatan untuk setiap klasifikasi ketinggian. Kerapatan sambaran petir pada setiap jenis menggunakan lahan juga dianalisis dan disajikan dalam sebuah diagram menggunakan *microsoft excel*. Selanjutnya nilai kerapatan sambaran petir disandingkan dengan peta formasi geologi wilayah Tanjung Jabung Timur.



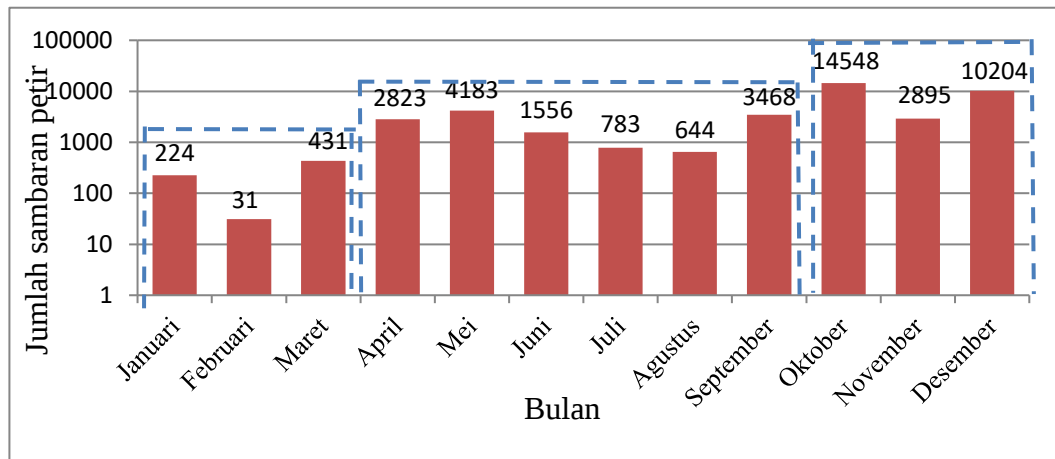
Gambar 1. Peta lokasi penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Jumlah Sambaran Petir di wilayah Tanjung Jabung Timur

Kejadian petir di wilayah Tanjung Jabung Timur terjadi sebanyak 41790 sambaran dengan rata-rata 2483 sambaran per bulan. Adapun jumlah sambaran petir setiap bulan disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan sambaran petir yang terjadi di wilayah Tanjung Jabung Timur bervariasi setiap bulannya. Sambaran petir tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan Desember yaitu sebanyak 14548 dan 10204 sambaran, sedangkan yang terendah terjadi pada bulan Februari yaitu sebanyak 31 sambaran. Secara umum, sambaran petir yang terjadi sepanjang tahun 2020 memiliki kecenderungan yang terjadi menjadi tiga kategori yaitu rendah (Januari-Maret) memiliki jumlah sambaran yang berkisar dibawah rata-rata, sedang (April-September) jumlah sambaran yang terjadi berkisar pada nilai rata-rata dan tinggi (Oktober-Desember) sambaran petir yang terjadi berkisar diatas diatas nilai rata-rata.



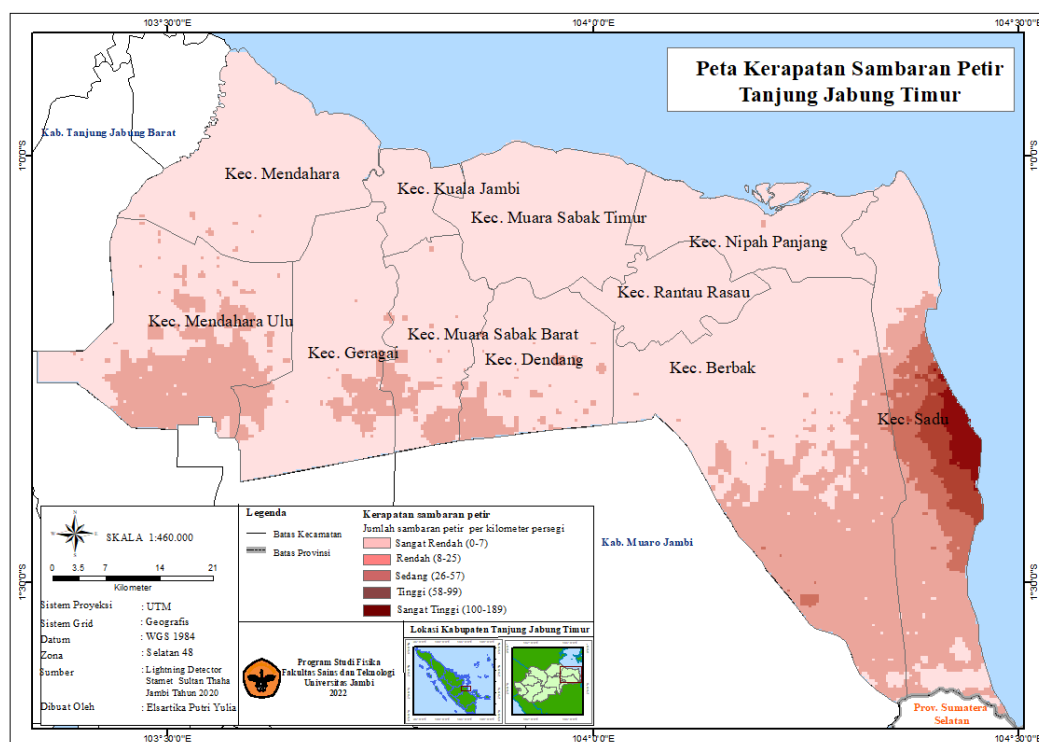
Gambar 2. Jumlah sambaran petir cloud to ground setiap bulan tahun 2020

Kejadian petir tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan Desember. Bulan Oktober menjadi bulan peralihan dari musim kemarau ke penghujan sehingga banyak ditemukan pola angin yang memicu pertumbuhan awan *cumulonimbus* karena terjadinya perubahan arah angin dari muson timur ke muson barat. Sedangkan pada bulan Desember pengaruh angin muson barat mulai meningkat bersamaan dengan terjadinya fenomena *La Nina* moderat. Kejadian sambaran petir terendah terjadi pada bulan Februari karena pada bulan tersebut ditemukannya pertemuan angin serta belokkan angin di Indonesia bagian tengah dan timur, sehingga massa udara bergerak dan menumpuk di Indonesia bagian tengah dan timur, sedangkan di Tanjung Jabung Timur pembentukan awan *cumulonimbus* lebih sedikit.

3.2. Kerapatan sambaran petir di wilayah Tanjung Jabung Timur

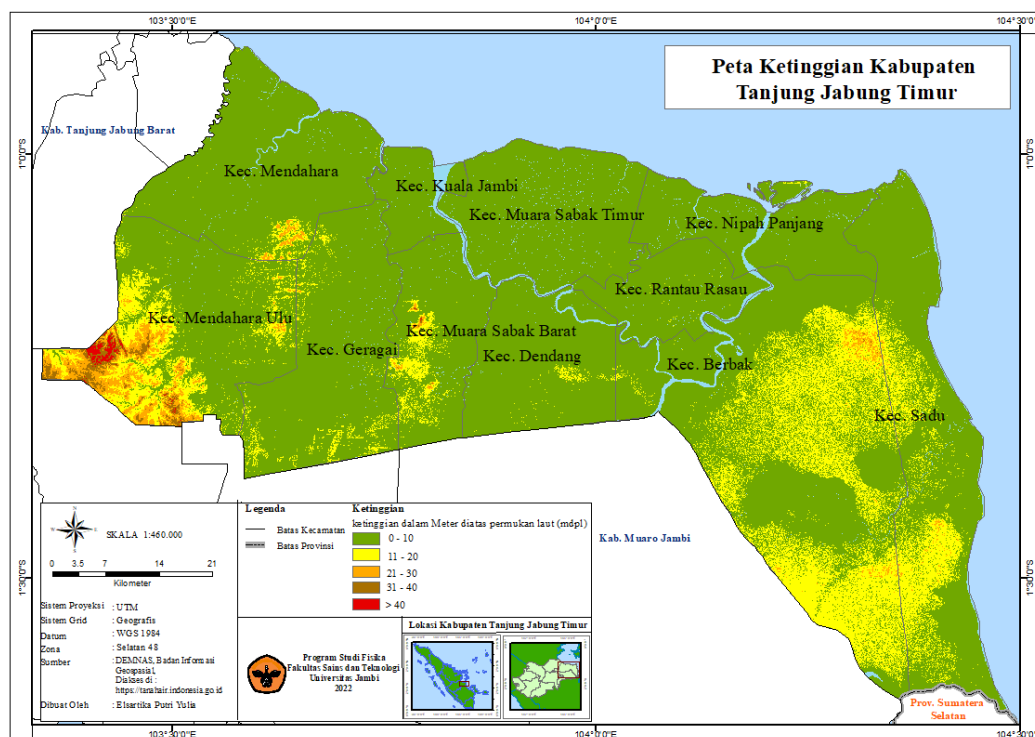
Berdasarkan analisa data diperoleh kerapatan sambaran petir tahunan menjadi 8 sambaran/km² per tahun. Hal ini berarti wilayah Tanjung Jabung Timur rata-rata mengalami sebanyak 8 sambaran petir setiap luasan per kilometer persegi sepanjang tahun 2020. Adapun peta kerapatan sambaran petir di wilayah Tanjung Jabung Timur terdapat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan peta kerapatan sambaran petir di wilayah Tanjung Jabung Timur berdasarkan data pengamatan tahun 2020. Peta tersebut menunjukkan kerapatan petir yang diperoleh didominasi dengan kerapatan sangat rendah hingga meningkat ke bagian timur wilayah Tanjung Jabung Timur. Kerapatan paling tinggi terjadi pada kecamatan Sadu dengan kerapatan yang dimilikinya hingga 189 sambaran/km². Kecamatan tersebut berbatasan langsung dengan Laut Cina Selatan. Daerah dekat dengan laut cenderung memiliki kerapatan sambaran petir yang paling tinggi yang disebabkan adanya hasil penguapan dari laut yang dibawa ke daratan. Hal ini dikarenakan daratan lebih cepat menyerap panas, sehingga terjadi proses konveksi yang dapat meningkatkan proses pertumbuhan awan *cumulonimbus*.



Gambar 3. Peta kerapatan sambaran petir Tanjung Jabung Timur

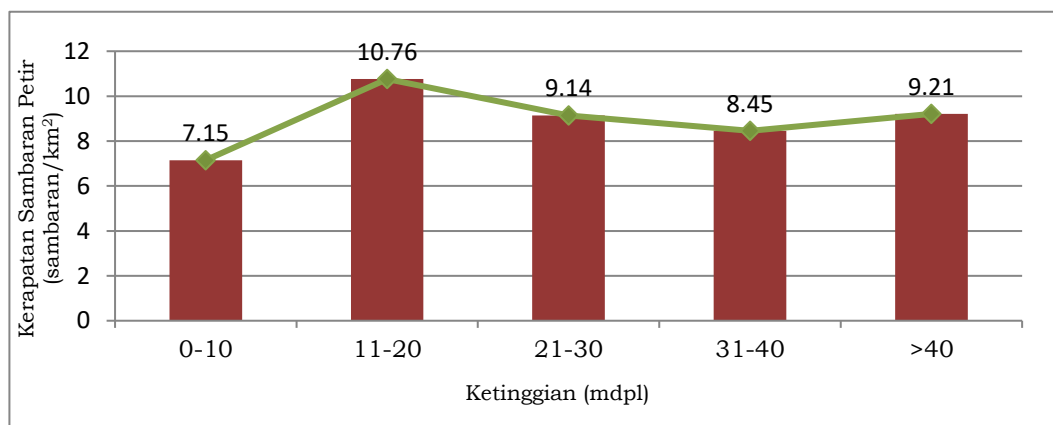
3.3. Analisis kerapatan sambaran petir berdasarkan ketinggian



Gambar 4. Peta ketinggian wilayah Tanjung Jabung Timur

Ketinggian atau elevasi merupakan posisi vertikal dari suatu objek yang dihitung dari permukaan laut dengan memiliki satuan meter diatas permukaan laut yang disingkat (mdpl). Wilayah Tanjung Jabung Timur memiliki ketinggian dimulai dari 0 hingga 52 mdpl. Adapun peta ketinggian wilayah Tanjung Jabung Timur terdapat pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan ketinggian wilayah Tanjung Jabung Timur yang didominasi dengan ketinggian 0-10 mdpl. Semakin ke arah barat, wilayah Tanjung Jabung Timur memiliki ketinggian yang semakin tinggi dengan ketinggian >40 mdpl hanya berada di kecamatan Mendahara Ulu. Analisis kerapatan sambaran petir *cloud to ground* berdasarkan ketinggian disajikan dalam sebuah diagram yang terdapat pada Gambar 5.

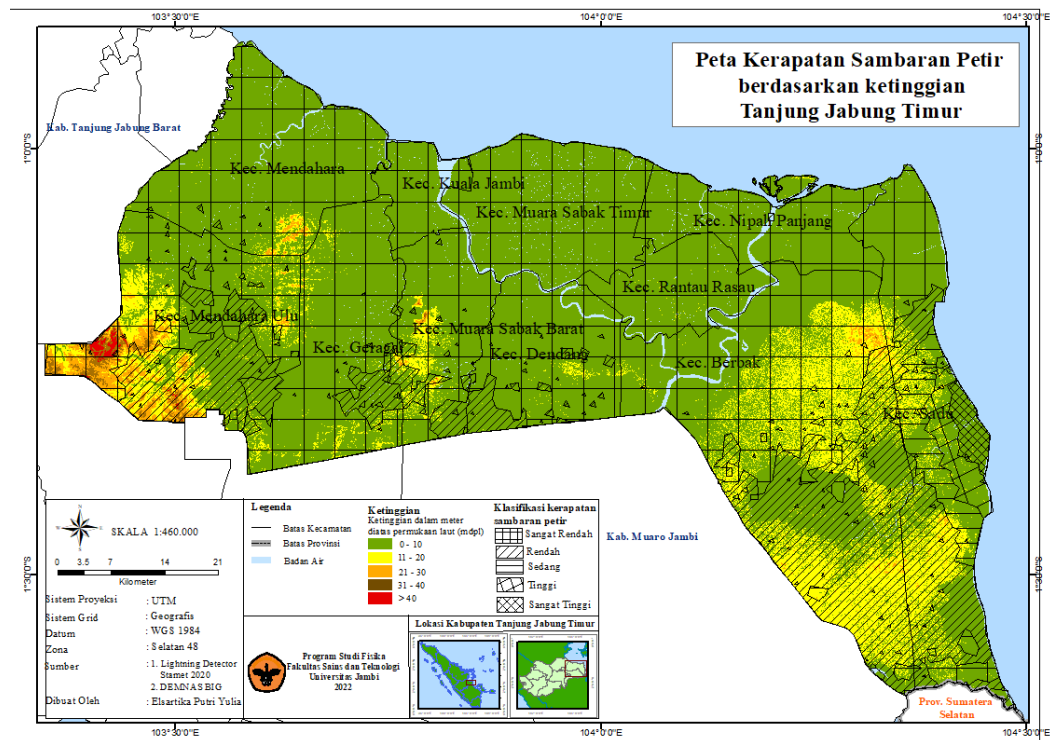


Gambar 5. Kerapatan sambaran petir berdasarkan ketinggian

Gambar 5 menunjukkan kerapatan sambaran petir berdasarkan ketinggian di wilayah Tanjung Jabung Timur, mengalami peningkatan pada ketinggian 11-20 mdpl, lalu menurun pada ketinggian berikutnya. Hal ini menunjukkan peningkatan kerapatan sambaran petir di wilayah Tanjung Jabung Timur tidak linear dengan ketinggian, yaitu kerapatan sambaran petir tidak selalu meningkat seiring dengan meningkatnya ketinggian. Ketinggian memberikan pengaruh pada pengangkatan massa sehingga terbentuk awan *cumulonimbus*. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah Tanjung Jabung Timur yang hanya memiliki ketinggian yang berkisar hingga 52 mdpl, pengangkatan massa udara yang disebabkan oleh ketinggian tersebut, belum cukup jenuh hingga mengalami kondensasi. Adapun hubungan kerapatan sambaran petir dengan ketinggian secara spasial terdapat pada Gambar 6.

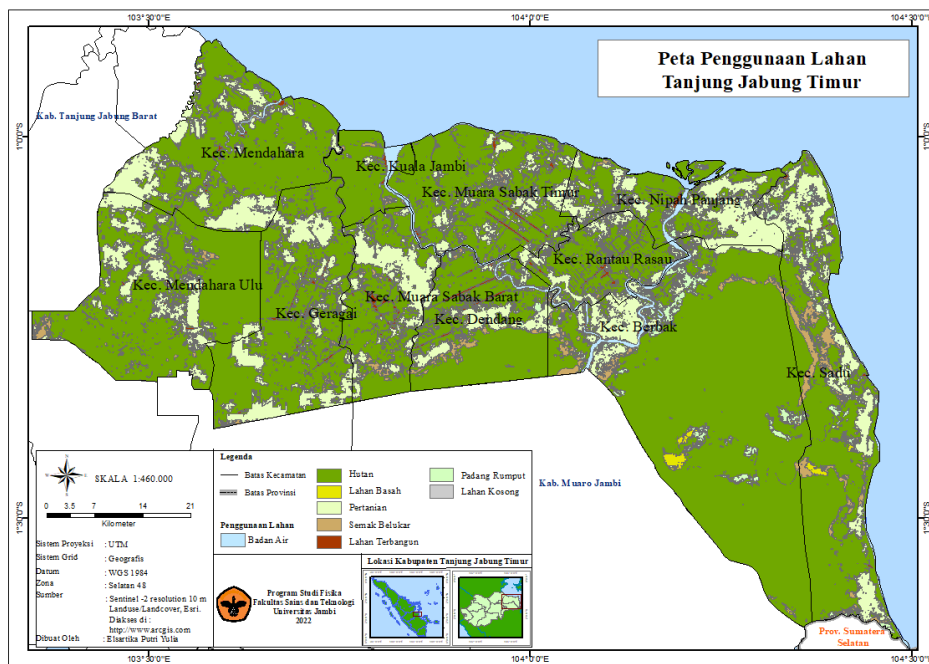
Gambar 6 menunjukkan pada ketinggian 0-10 mdpl, kerapatan sambaran petir yang terjadi dimulai pada tingkatan sangat rendah hingga sangat tinggi. Sedangkan pada ketinggian >40 mdpl hanya mengalami kerapatan sambaran petir dengan tingkatan yang sangat rendah. Hal ini menunjukkan kerapatan sambaran petir yang diperoleh tidak terdistribusi lebih banyak pada daerah yang memiliki ketinggian paling tinggi di wilayah tersebut, yaitu pada ketinggian >40 mdpl, melainkan pada daerah yang berbatasan dengan laut dengan ketinggian 0-10 mdpl. Hal ini menunjukkan bahwa proses konveksi udara oleh Laut lebih berpengaruh jika dibandingkan dengan

ketinggian di wilayah Tanjung Jabung Timur dalam proses pembentukan awan *cumulonimbus* hingga berpotensi menghasilkan sambaran petir.



Gambar 6. Kerapatan sambaran petir cloud to ground berdasarkan ketinggian

3.4. Analisis kerapatan sambaran petir berdasarkan penggunaan lahan



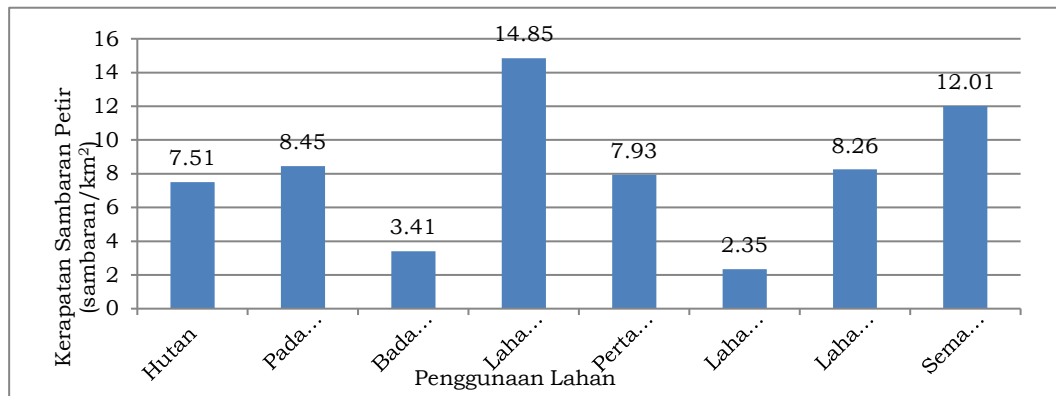
Gambar 7. Peta penggunaan lahan wilayah Tanjung Jabung Timur.

Penggunaan lahan di wilayah Tanjung Jabung Timur terbagi atas delapan kelas yaitu badan air, hutan, lahan basah, pertanian, semak belukar, lahan terbangun, padang rumput serta lahan kosong. Adapun peta penggunaan lahan tersebut terdapat pada Gambar 7.

Tabel 1. Klasifikasi penggunaan lahan beserta luas dan persentasenya

No.	Penggunaan Lahan	Luas (km ²)	Persentase (%)
1.	Badan air	89.53	1.81
2.	Hutan	3613.03	73.10
3.	Lahan basah	15.96	0.32
4.	Pertanian	894.86	18.10
5.	Semak belukar	157.64	3.19
6.	Lahan terbangun	55.72	1.13
7.	Padang rumput	111.09	2.25
8.	Lahan kosong	1.20	0.02

Tabel 1 menunjukkan penggunaan lahan di wilayah Tanjung Jabung Timur dengan area hutan terdiri atas 73.29% dari luas wilayah keseluruhan. Terdapat lahan pertanian menyusul setelah area hutan yang mendominasi wilayah Tanjung Jabung Timur. Hasil analisis kerapatan sambaran petir setiap jenis penggunaan lahan disajikan dalam sebuah diagram yang terdapat pada Gambar 8.



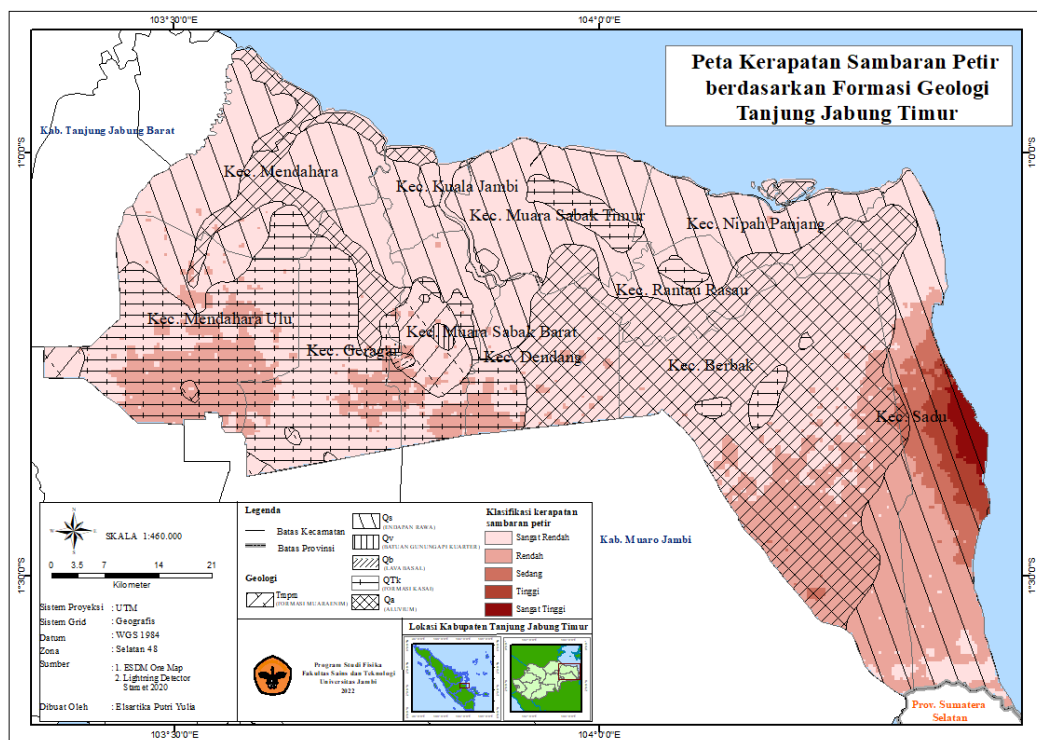
Gambar 8. Kerapatan sambaran petir berdasarkan penggunaan lahan

Gambar 8 menunjukkan kerapatan petir yang terjadi dari tinggi ke rendah berturut-turut yaitu lahan basah, semak belukar, padang rumput, lahan kosong, pertanian, hutan, badan air dan lahan terbangun. Kerapatan petir tertinggi terjadi pada penggunaan lahan berupa lahan basah sedangkan yang terendah yaitu berupa lahan terbangun. Lahan basah ini selalu memiliki kadar air yang tinggi pada permukaan tanahnya yang diperoleh dari air sungai maupun air hujan. Hal ini meningkatkan kelembaban di wilayah tersebut akibat dari proses pemanasan yang terjadi pada siang hari, sehingga mempermudah pembentukan awan *cumulonimbus*. Selain itu, pada lahan basah banyak digunakan untuk area persawahan sehingga memiliki area

yang luas dengan muatan positif berkumpul lebih rapat pada tanah tersebut, sehingga beda potensial menjadi meningkat sebagai pemicu terjadinya sambaran petir. Kerapatan sambaran petir terendah diperoleh pada area lahan terbangun karena pada karena keberadaan objek-objek yang tinggi sebagai pemicu terjadinya sambaran petir tidak sebanyak di daerah perkotaan.

3.5. Kerapatan Sambaran Petir berdasarkan Formasi Geologi

Formasi geologi yang terdapat di wilayah Tanjung Jabung Timur terdiri dari 6 formasi yaitu satuan endapan alluvium (Qa), endapan rawa (Qs), batuan gunung api kuarter (Qv), lava basal (Qb), formasi kasai (QTK) serta formasi muaraenim (Tm_{pm}). Adapun Hubungan kerapatan sambaran petir berdasarkan formasi geologi wilayah Tanjung Jabung Timur terdapat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kerapatan sambaran petir berdasarkan formasi geologi

Gambar 9 menunjukkan kerapatan petir sangat tinggi terjadi pada satuan endapan Rawa (Qs) yang tersusun atas batuan pasir, lanau, lempung, lumpur dan gambut. Hubungan kerapatan sambaran petir sangat tinggi dengan batuan penyusun wilayah Tanjung Jabung Timur dapat diidentifikasi dari nilai resistivitas yang dimilikinya dalam menentukan sifat kelistrikan dari batuan tersebut. Sifat kelistrikan dari suatu batuan diklasifikasikan berdasarkan nilai resistivitasnya sebagai berikut [10].

- Konduktor : $\rho < 1000 \, \Omega \text{m}$
- Semikonduktor : $1000 \leq \rho \leq 5000 \, \Omega \text{m}$
- Isolator : $\rho > 5000 \, \Omega \text{m}$

Tabel 2. Batuan pada satuan endapan rawa (Qs) dan nilai resistivitasnya [11-12]

Batuan	Resistivitas (Ω m)
Pasir	1-1.000
Lanau	10-200
Lempung	1-100
Gambut	40-709,6

Tabel 2 menunjukkan bahwa keempat batuan yang menyusun daerah dengan kerapatan sambaran petir sangat tinggi merupakan bahan konduktor ($\rho < 1.000 \Omega$ m), sehingga memiliki kemampuan menghantarkan listrik cukup tinggi sebagai tempat menyalurkan arus yang dihasilkan oleh petir. Lumpur juga memiliki sifat konduktor seperti keempat material penyusun lainnya karena lumpur memiliki nilai resistivitas yang rendah [13].

4. Kesimpulan

Kerapatan sambaran petir cloud to ground di wilayah Tanjung Jabung Timur tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan Desember, sedangkan yang terendah terjadi pada bulan Februari. Kerapatan sambaran petir tahunan rata-rata dikategorikan pada tingkatan rendah dengan kerapatan sambaran petir tertinggi terpusat di Kecamatan Sadu. Kerapatan sambaran petir cloud to ground wilayah Tanjung Jabung Timur yang terjadi sepanjang tahun 2020 tidak dipengaruhi oleh ketinggian namun dipengaruhi oleh penggunaan lahan serta formasi geologi wilayah Tanjung Jabung Timur.

Daftar Pustaka

1. Umayana dan Supardiyono, Analisis Pemetaan Daerah Rawan Petir dengan Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) di Wilayah Surabaya, *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, Vol. 6 No. 3 (2017), p. 25-32.
2. R. C. Susanti, E. Nurjani dan Slamet Suprayogi, Kerapatan Sambaran Petir Cloud to Ground pada Bentuk Lahan dan Penggunaan Lahan di Wilayah Pesisir Utara Provinsi Banten, *Prosiding Seminar Nasional Bumi dan Atmosfer* (2019), p. 113-122.
3. D. Septiadi, S. Hadi dan B. Tjasyono, Karakteristik Petir dari Awan ke Bumi dan Hubungannya dengan Curah Hujan. *Jurnal Sains Dirgantara*, Vol. 8 No. 2 (2011), p. 129-138.
4. E. Susanto, Penentuan Daerah Rawan Bencana Sambaran Petir di Wilayah Kabupaten dan Kota Bandung Jawa Barat, *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, Vol. 2 No. 2(2018), p. 138-141.
5. F. Narut, A. Wahid dan Sumawan, Karakterisasi Peristiwa Petir di Wilayah Kota Kupang serta Keterkaitannya dengan Curah Hujan, *Jurnal Fisika*, Vol. 3 No. 2 (2018), p. 110-116.
6. N. J. Sokol dan R. V. Rohli, Land Cover, Lightning Frequency, and Turbulent Fluxes Over Southern Louisiana. *Journal Applied Geograpy* 90 (2018) , p. 1 – 8.

7. M. L. Firdaus, Nasiah dan Uca, Studi Spasiotemporal Sambaran Petir Cloud to Ground di Kabupaten Gowa Tahun 2017-2019, *Jurnal Environmental Science*, Vol. 3 No. 2 (2021), p. 160-170.
8. G. N. Ridho, A. Y. Rahmanu, A. Z. Permatasari dan E. Nurjani, Analysis of Lightning Strike Density Based on Landform for Reducing the Risk of Death in Wonosono District, Indonesia, *Proceeding Book The 6th Annual Scientific Meeting on Disaster Research 2019 Internasional Conference on Disaster Management in Indonesia Defense University*. Vol. 1 No. 1 (2021), p. 14-30.
9. D. P. Sisneagara, M. M. Garcia, S. F. Menendez., L. R. Soriano dan F. D. P. Davila, Evidence for the Influence of Land Uses and Soil Types on Cloud to Groud Lightning Activity in Asturias (Spain), *Journal Atmospheric Research* 203 (2018), p. 62-67.
10. Badaruddin, Penyelidikan Lapisan Batuan dengan Metode Geolistrik di Wilayah Balingara Kecamatan Ampana Tete Kabupaten Tojo Una-Una Sulawesi Tengah, *Jurnal Gravitasi*, Vol. 15 No. 1 (2016), p. 1-4.
11. W. M. Telford, L. P. Geldart dan D. A. Keys, *Applied Geophysics*, Cambridge: Cambridge University Press (1990).
12. E. Roy, *Geotechnical Engineering Investigation Manual*, New York: Mc Graw Hill (1984).
13. K. S. Amelinda, dan B. J. Santosa, Identifikasi Pola Persebaran Sumber Lumpur Bawah Tanah pada *Mud Volcano* Gunung Anyar Rungkut Surabaya menggunakan Metode Geolistrik, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 5 No. 1 (2019), p. 6-10

CHARACTERISTICS OF PVA/GO COMPOSITE MEMBRANES PREPARED USING SOLUTION CASTING TECHNIQUE FOR REDUCING METHYLENE BLUE CONCENTRATION

FAUZIAH SITI AJIZAH, NORMAN SYAKIR, AYI BAHTIAR, FITRILAWATI *

*Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat*

**email : fitrilawati@unpad.ac.id*

Abstract. In this study, the composite films of polyvinyl alcohol (PVA) and graphene oxide (GO) that referred as PVA/GO composites were prepared with a solution casting technique to be used as a filtration membrane. PVA/GO solution was prepared by mixing PVA powder, GO dispersion and aqueous solvent, then subjected to a hydrothermal process. The PVA/GO composite solution was cast on the glass substrate, then dried overnight so the solvent evaporated and then the composites films were removed from the substrate. The PVA/GO composite that characterized by SEM indicates that the GO is evenly dispersed within the PVA matrix. The FTIR spectrum of the composite has a sharp peak at 1655 cm^{-1} that associated with C=O and C=C bonds relating to GO characteristics. The TGA measurement results show that the PVA/GO composite film has better thermal stability than the PVA film. The PVA/GO composite films have been used as filtration membranes to reduce the concentration of methylene blue (MB) solutions contained in water. The filtration experiment that performed at various pressures showed that the permeability of the PVA/GO composite membranes was relatively constant at each pressure. Membrane permeability at pressures of 20 psi, 30 psi and 45 psi for PVA membranes are 1.95×10^{-3} , 2.08×10^{-3} and 2.00×10^{-3} Darcy, while for PVA/GO composite membranes are 2.49×10^{-4} , 1.22×10^{-3} and 2.23×10^{-3} Darcy.

Keywords: PVA/GO Composite, filtraion membrane, permeability

Abstrak. Pada penelitian ini, film komposit polivinil alkohol (PVA) dan graphene oksida (GO) yang disebut sebagai komposit PVA/GO dibuat dengan teknik pengecoran larutan yang akan digunakan sebagai membran filtrasi. Larutan PVA/GO dibuat dengan mencampurkan serbuk PVA, dispersi GO, dan pelarut air, kemudian dilakukan proses hidrotermal. Larutan komposit PVA/GO dituang pada substrat kaca, kemudian dikeringkan semalaman agar pelarutnya menguap dan kemudian film komposit dilepas dari substrat. Komposit PVA/GO yang dikarakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa GO terdispersi secara merata di dalam matriks PVA. Spektrum FTIR dari komposit memiliki puncak tajam pada 1655 cm^{-1} yang berhubungan dengan ikatan C=O dan C=C yang berkaitan dengan karakteristik GO. Hasil pengukuran TGA menunjukkan bahwa film komposit PVA/GO memiliki stabilitas termal yang lebih baik dibandingkan dengan film PVA. Film komposit PVA/GO telah digunakan sebagai membran filtrasi untuk mengurangi konsentrasi larutan metilen biru (MB) yang terkandung di dalam air. Percobaan filtrasi yang dilakukan pada berbagai tekanan menunjukkan bahwa permeabilitas membran komposit PVA/GO relatif konstan pada setiap tekanan. Permeabilitas membran pada tekanan 20 psi, 30 psi dan 45 psi untuk membran PVA adalah $1,95 \times 10^{-3}$, $2,08 \times 10^{-3}$ dan $2,00 \times 10^{-3}$ Darcy, sedangkan untuk membran komposit PVA/GO adalah $2,49 \times 10^{-4}$, $1,22 \times 10^{-3}$ dan $2,23 \times 10^{-3}$ Darcy

Kata Kunci: Komposit PVA / GO, membran filtrasi, permeabilitas

1. Introduction

Membrane filtration become a technology that is widely used currently for separation process. Membranes are divided as natural membranes such as eggshell membranes and synthetic membranes that known as organic (such as polymers) and inorganic (such as ceramics, metals, zeolites, or silica) [1]. At previous work, it has been reported the application of eggshell membranes (ES) with a thickness of 210 μm as filtration membranes that can reduce dye content which is methylene blue (MB) in water by 30.6% [2]. Furthermore, it has been also reported that the ES membranes can be modified using other materials such as graphene oxide (GO) and used as a membrane filtration. The presence of GO in the ES-GO composite membrane with a thickness of 70 μm has improved its performance in reducing MB content in water by 33.53% [3]. The limited size of the ES membrane makes it difficult to be manufactured in a large scale. Therefore, synthetic membranes, especially organic polymer membranes, are chosen since it the polymer can be manufactured in large size with a porous structures.

Polyvinyl alcohol (PVA) is an alcohol-rich aliphatic polymer chain that is highly sticky, neutrally charged [4], low-cost, environmentally friendly, has good hydrophilicity, easily form as film, and is widely used in the manufacture of nanofiltration membranes [5]. PVA has good water solubility, chemical stability, thermal stability, and mechanical stability [6]. The addition of other materials such as GO to the PVA membrane can also increase the membrane's ability as a filtration membrane to filter dyes. One of simple methods that can be used to perform composite membrane is a solution casting method. In the solution casting method, the formation of a composite film is started by mixing of polymers solution and nanoparticles as fillers in a suitable solvent [7]. The mixing solution was then casted on the substrate and let the solvent evaporated, after that the composite layer can be peeled off to obtain a freestanding membrane [8].

One of membrane parameters is a permeability that measure an ability of membrane to pass a molecule through the membrane. It has been reported that an ES-GO membrane with a thickness of 70 μm used as a filtration membrane to filter MB at an operating pressure of 45 psi, has a permeability of $2,488 \times 10^{-3}$ Darcy [3]. In this work, we prepared PVA/GO composite membranes using solution casting method, measured its morphology, structure, and thermal property and measured its permeability as filtration membrane.

2. Methods

2.1. Materials and experimental apparatus

The materials used in the experiment were polyvinyl alcohol powder (PVA, Mw 85,000-124,000, 99+% hydrolyzed) obtained from Sigma Aldrich, graphene oxide dispersion (GO, 4 mg/mL) obtained from Graphenea, sodium hydroxide (NaOH, Merck), sodium sulfate powder (Na_2SO_4), sulfuric acid (H_2SO_4), glutaraldehyde (GA solution in water, 25%), ethanol, isopropanol, methylene blue (MB) powder, and distilled water.

Some of experimental apparatus used in the experiment were autoclave, magnetic stirrer, and furnace for composite synthesis. In addition, some of characterization instruments used were the scanning electron microscope (SEM) (JEOL JSM 6510 LA) for morphological analysis, Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy

for structure analysis, Thermogravimmetric Analyzer (TGA) (Hitachi STA7300) for thermal analysis, the UV-Vis spectrophotometer (T70+ PG Instruments Ltd) and filtration equipment for filtration tests.

2.2. Membranes Preparation and Filtration Test

PVA/GO composite membranes was started by preparing PVA-GO composite solution. 1 gram of PVA powder was slowly added into 20 mL of GO dispersion with concentration of 1 mg/mL. The mixture was then stirred for 5 hours at 70°C using a magnetic stirrer with a rotating speed of 350 rpm. The PVA/GO solution was then poured into a stainless steel autoclave, then tightly closed, and put into a furnace for a hydrothermal process at a temperature of 120°C for 1 hour. After cooling down to room temperature, the autoclave containing composite solution was taken out from the furnace. The PVA/GO membranes were prepared from a PVA/GO composite solution using the solution casting method. The PVA/GO composite solution was casted on the glass substrate, then dried overnight so the solvent was evaporated. The composites films were peeled off from the glass substrate to obtain a freestanding membrane. After that it was followed by crosslinking process since PVA is soluble in water. The freestanding membranes were put into a solution containing 4.5% Na₂SO₄, 0.5% H₂SO₄, and 1% Glutaraldehyde for 1 hour. The PVA membranes were also prepared using a similar steps and methods.

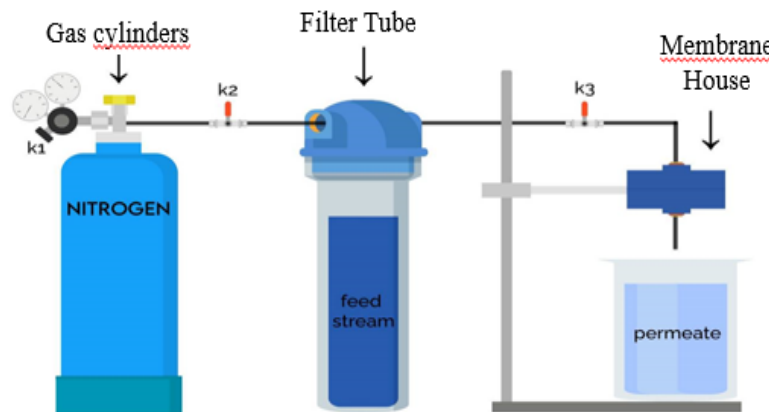


Figure 1. Schematic of filtration test equipment [3]

The prepared PVA and PVA/GO membranes were used as a membrane for filtration tests using a 5 mg/L MB solution as a test solution, using a filtration apparatus as shown in Figure 1 [3]. The filtration experiment started by inserting 1000 mL of a 5 mg/L MB solution into the filter tube, and then the PVA/GO membrane was placed on the holder membrane. The MB solution was then drained into the PVA/GO membrane assisted nitrogen pressures of 20 psi, 30 psi, and 45 psi. The permeate solution was then collected in a beaker glass and a stopwatch was used to measure an interval time of collecting a certain volume of permeate. The permeate volume was used to determine the permeability of the PVA/GO membrane that used for the filtration process. The reduction of concentration of MB permeate solutions at various time intervals were determined by measuring its absorbance using a UV-Vis spectrophotometer in the range of

500 nm to 750 nm. The concentration of MB permeate solutions was estimated using absorbance-concentration calibration curve.

3. Results and Discussion

The obtained membranes have a thickness of 30 μm . The surface morphologies of PVA membranes and PVA/GO composite membranes were observed through images of Scanning Electron Microscopy (SEM) as shown in Figure 2. The surface of the PVA membrane is homogeneous and free from defects as shown in Figure 2(a). The result is similar to the previous report which the surface of the PVA membrane was a flat surface and appears to have roughness [9, 10]. Figure 2(b) shows the surface of the PVA/GO composite membrane which was rough and uneven. There are various protrusions on the membrane indicating the presence of GO in the PVA matrix. Despite of protrusions or blotches are observed on the composite membrane, no cracks were found on the composite surface, which indicating GO was uniformly dispersed in the PVA matrix. This result is in line with previous report by Hoang et al [11].

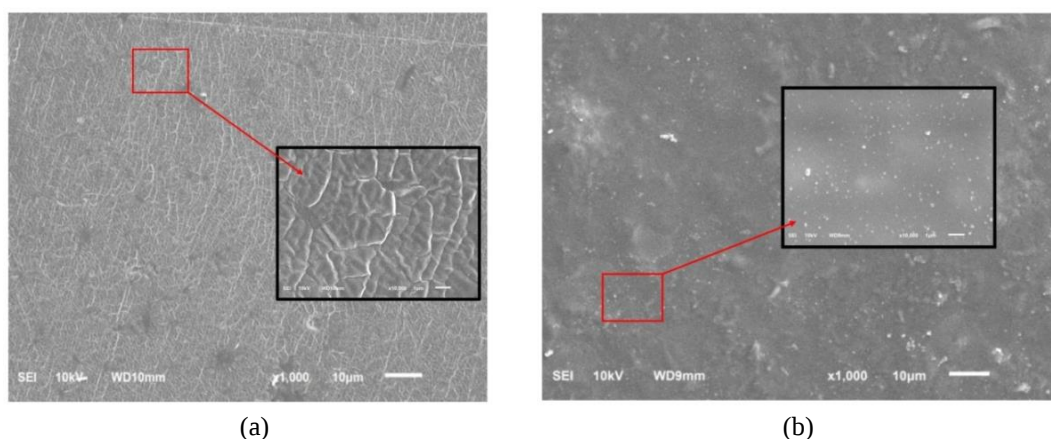


Figure2. Surface morphologies of (a) PVA membrane, (b) PVA/GO composite membrane

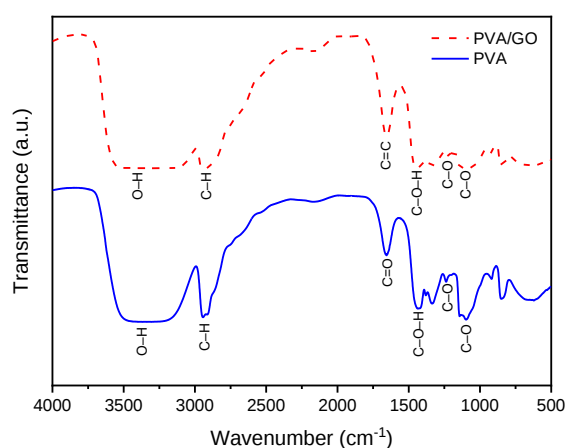


Figure3. FTIR spectra of PVA membrane and PVA/GO composite membrane

FTIR spectra of the prepared membranes are shown in Figure 3. A broad absorption peak at 3305 cm^{-1} and a peak at 2944 cm^{-1} are related to stretching vibration of the O–H and C–H group, respectively. A peak at 1655 cm^{-1} on the PVA membrane is related to C=O vibration, originated from glutaraldehyde. The sharp peak at 1650 cm^{-1} in the PVA/GO composite membrane, is identified as C=C vibration, which is a characteristic of GO. The peak at 1436 cm^{-1} is related to vibration of C–O–H, and the peak at 1099 cm^{-1} is related to vibration of C–O–C [9].

The thermal properties of the membranes were measured by using Thermogravimetric Analysis (TGA) in a nitrogen atmosphere at the temperature range of 30°C to 700°C and with a heating speed of $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$. The TGA thermograph of PVA and PVA/GO membrane are shown in Figure 4.

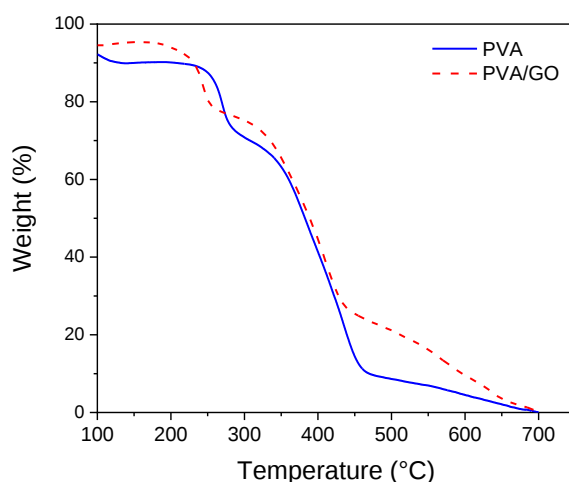


Figure4. TGA thermograph of PVA membrane compared to PVA/GO composite membrane

The TGA thermograph have a flat pattern until temperature about 200°C . It is related to property of the PVA membrane and the PVA/GO composite membrane that become stronger after cross-linking process using glutaraldehyde. The initial weight loss of PVA membranes and PVA/GO composite membranes occurs at $200^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$, which is related with evaporation of water molecules that physically absorbed inside the membrane. The PVA and the PVA/GO composite membranes experienced a second stage of lost weight at around 350°C , related to a primarily volatilization of the PVA main chain and the unstable degradation of the oxygen functional group from GO [9]. Since the amount of GO added was only small percentage concentration, no significant difference between both thermogravimetric curves is observed, as shown in Figure 4. At temperatures above 350°C , the weight of the PVA/GO membrane is slightly higher than PVA membrane that imply PVA/GO membrane has better thermal stability [9]. Besides, the second stage of weight loss of the PVA/GO composite membrane occurred at a higher temperature, which also confirmed improving thermal stability of the PVA/GO composite after and addition of GO [9].

The characteristics of permeability of the membrane was determined through a filtration process using MB as test solutions at various pressures. The permeate

produced in the filtration process was measured using a UV-Vis spectrophotometer and the peak of absorbance spectra was used to estimate a concentration of the permeate. Then, the concentrations of the permeate were determined using calibration curve as shown in equation (1), where y = absorbance (a.u) and x = concentration (mg/L).

$$y = 0,18643x + 0,02572 \quad (1)$$

The concentration of permeate as function of time that measured at various pressures are shown in Figure 5(a) and 5(b). The figure show that the concentration of MB permeate did not decrease significantly. This means that the MB filtration capability of the resulting PVA membrane and PVA/GO composite membrane is not satisfied. This result might be caused by the thickness of membrane. The thickness of the PVA and the PVA/GO composite membranes obtained in this study was about 30 μm , which was a smaller compared to the thickness of the eggshell membrane ($L = 70 \mu\text{m}$) that used in the previous study in reducing MB concentration using filtration process[2].

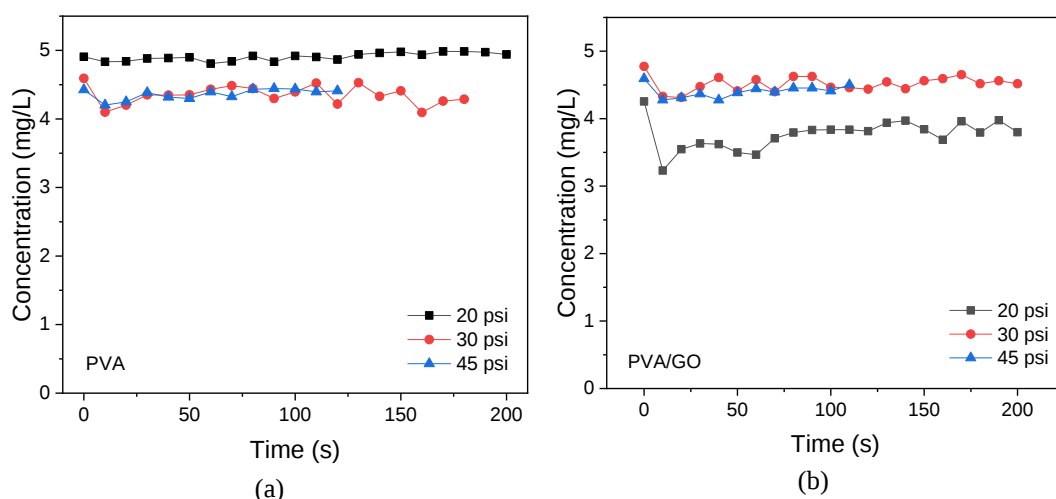


Figure 5. Concentration of MB permeate filtered at various pressures using PVA membranes (a) and PVA/GO membranes (b)

Besides, the weight composition between PVA and GO in this work has not yet varied in order to increase a membrane capability in reducing MB concentration. In previous work it has been shown that GO can act as a good adsorbent for MB molecules [12]. Therefore it is expected that when the content of GO is increases, the role of GO as an adsorbent in the composite membrane will improve its performance in filtration.

Furthermore, the membrane preparation process can also be improved to produce a better PVA/GO composite membrane as a filtration membrane. During the preparation PVA/GO solution, GO dispersion was mixed with PVA in the hydrothermal process at a temperature of 120°C. At that temperature, the oxygen group in GO can be reduced so that GO turns into rGO as reported previously [13]. Mixing of GO dispersion with PVA during the hydrothermal can cause a decreasing performance of GO as an adsorbent of MB, due to reducing of oxygen functional group in GO. Thus, in preparation PVA/GO solution a mixing of PVA

and GO should not be done during hydrothermal process, but it should be done after the obtaining PVA solution. Using the PVA solution, the composite PVA/GO solution can be prepared only by mixing the PVA solution with GO dispersion using magnetic stirring at room temperature.

From the filtration process, the volume of permeate was also obtained and can be used to determine the flow discharge using equation (2), where Q = permeate flow discharge (mL/s), V = permeate volume (mL) and t = time (s).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

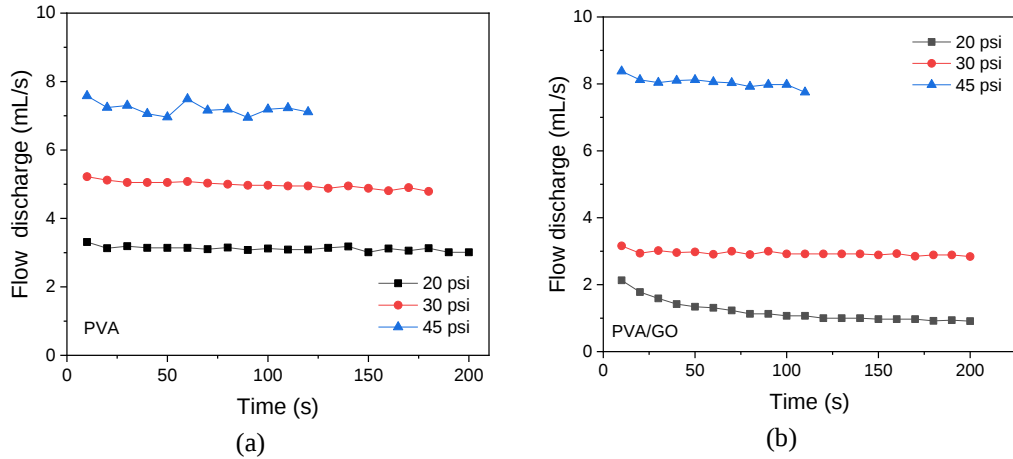


Figure 6. Flow discharge of MB permeate filtered at various pressures using PVA membranes (a) and PVA/GO membranes (b)

The flow discharge of permeate are shown in Figure 6. The flow discharge increases as the pressure rises. This happens because if the operating pressure is increased, then the thrust force received by the MB solution to exit through the membrane is higher, so the MB permeate flow discharge is rise as the operating pressure increases. At 45 psi, flow discharge was increased significantly. Since the thickness of the membrane was thin, it could not withstand the pressure applied so the membrane might leak and caused high flow discharge.

In the filtration process, when the MB solution flows through the membrane, a number of MB molecules were filtered by the membrane. The equation (3) is used to calculate the number of MB filtered into the membrane each time, where $m_{MB(m)}$ = MB mass inmembrane (mg), C_0 = MB feed concentration (mg/L), C_n = MB permeate concentration (mg/L), and V = permeate volume in a certain time (mL).

$$m_{MB(m)} = \frac{(C_0 - C_n) \times V}{1000} \quad (3)$$

The amount of MB filtered through the membrane is constant value. However, as time passes, the mass of MB filtered inside the membrane increases, as shown in Figure 7.

Some of the data obtained from the filtration process is used to determine the permeability values of PVA membranes and PVA/GO composite membranes.

Membrane permeability can be calculated using equation (4), where κ = membrane permeability (Darcy), Q = flow discharge (cm^3/s), η = fluid viscosity (cP), L = membrane thickness (cm), A = membrane surface area (cm^2) and P = pressure (atm).

$$\kappa = Q \left(\frac{\eta \cdot L}{A \cdot P} \right) \quad (4)$$

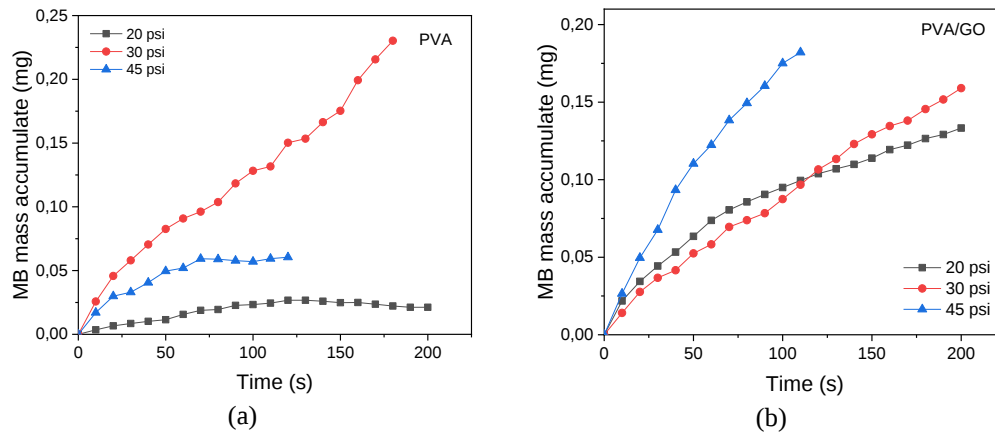


Figure 7. MB mass accumulate in (a) PVA, (b) PVA/GO membrane during the filtration process at various pressures

The permeability of PVA membranes and PVA/GO composite membranes during filtration processes with different pressures can be seen through the graph in Figure 8. From the figure it can be shown that the permeability values of PVA membranes and PVA/GO composite membranes during the filtration process at various pressures (20 psi, 30 psi, 45 psi) tend to be constant. The permeability values of PVA membranes and PVA/GO composite membranes can also be shown in Table 1.

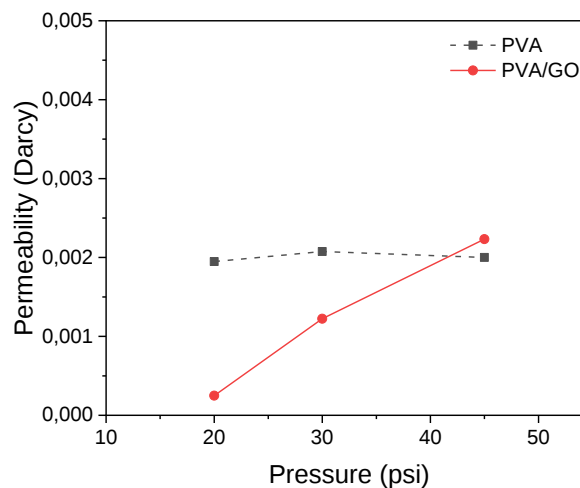


Figure 8. Permeability of PVA membrane and PVA/GO composite membrane during the filtration process at various pressures

From the information in Table 1, the permeability of the PVA membrane is relatively constant at a pressure of 20 psi, 30 psi, or 45 psi. This happens because

the operating pressure on the filtration process is proportional to the permitted flow discharge. When the operating pressure increases, the permeate flow discharge will increase, so the permeability of the membrane will have a fixed value even if the membrane is operated at different pressures.

Table 1. Permeability of PVA membrane and PVA/GO composite membrane

Membrane	Permeability (Darcy) at Pressure (psi)		
	20	30	45
PVA	1.95×10^{-3} (l = 30 μm)	2.08×10^{-3} (l = 30 μm)	2.00×10^{-3} (l = 30 μm)
PVA/GO	2.49×10^{-4} (l = 60 μm)	1.22×10^{-3} (l = 30 μm)	2.23×10^{-3} (l = 30 μm)

When compared with the results of previous studies, the permeability value of the PVA/GO composite membrane produced in this study and operated at 45 psi was 2.23×10^{-3} Darcy, while the ES-GO permeability of membrane previously studied at pressure of 45 psi was $2,488 \times 10^{-3}$ Darcy [3]. The PVA/GO composite membrane produced in this study has the same permeability as ES-GO membrane, but in thickness are different. Therefore, their ability to filter MB is also different. This happened because the PVA/GO membrane produced in this study experienced a leak during the filtration process due to the fact that it was not strong enough to withstand the given operating pressure. Although the two membranes have the same permeability, their ability to filter MB is different.

4. Conclusions

PVA and PVA/GO composite membranes with thicknesses of 30 μm were prepared using the solution casting method on a glass substrate. SEM images shows that GO is uniformly dispersed into the PVA matrix and forms a PVA/GO composite. FTIR spectra show that peaks at 1655 cm^{-1} of PVA/GO composite membranes sharper than PVA membranes, which related to the presence of C=O vibrations from glutaraldehyde and C=C of GO. In addition, the TGA results showed PVA/GO composite has better thermal stability compare to PVA membrane. The obtained PVA membranes have permeability of 1.95×10^{-3} , 2.08×10^{-3} and 2.00×10^{-3} Darcy, while the obtained PVA/GO composite membranes have permeability of 2.49×10^{-4} , 1.22×10^{-3} and 2.23×10^{-3} Darcy respectively at pressures of 20 psi, 30 psi, and 45 psi.

Acknowledgement

This research was funded by Project Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) contract no 2064/UN6.3.1/PT.00/2022 dated 17th March 2022

References

1. E.O Ezugbe and S Rathilal, "Membrane Technologies in Wastewater Treatment : a Review," *Membranes (Basel)*., Vol. 10(5) p 89, 2020.

2. Fitrilawati, Y. Fauziah, G. Maulida, and N. Syakir, "Uji Filtrasi Model Polutan Methylene Blue menggunakan Membran Kulit Telur," *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, vol. 06(1), pp. 81–89, 2022.
3. G. Maulida, Y. Fauziah, N. Syakir, and Fitrilawati, "Eggshell-Graphene Oxide Layer as Membrane Filtration for Removal Methylene Blue in Waste Water," *J. Phys. Conf. Ser.*, 2376 pp. 1–7, 2022.
4. Z. C. Ng, W. J. Lau, and A. F. Ismail, "GO/PVA-integrated TFN RO membrane : Exploring the effect of orientation switching between PA and GO /PVA and evaluating the GO loading impact," *Desalination*, Vol 496 p. 114538, 2020.
5. J. Zhang *et al.*, "Fabrication of ultra-smooth thin-film composite nanofiltration membrane with enhanced selectivity and permeability on interlayer of hybrid polyvinyl alcohol and graphene oxide," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 268, p. 118649, 2021.
6. F. Behdarvand, E. Valamohammadi, M. A. Tofighy, and T. Mohammadi, "Polyvinyl alcohol / polyethersulfone thin-film nanocomposite membranes with carbon nanomaterials incorporated in substrate for water treatment," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol 9(1), p. 104650, 2021.
7. R. Das, A. J. Pattanayak, and S. K. Swain, *Polymer nanocomposites for sensor devices*. Elsevier Ltd., 2018.
8. M. Rahaman, A. Aldalbahi, and P. Bhagabati, "Preparation / Processing of Polymer – Carbon Composites by Different Techniques," in *Carbon-Containing Polymer Composites*, pp. 99–124, Springer 2019.
9. X. Cheng and W. Cai, "Preparation of graphene oxide/poly(vinyl alcohol) composite membrane and pervaporation performance for ethanol dehydration," *RSC Adv.* 9, pp. 15457–15465, 2019.
10. Z. Jahan, M. Bilal, K. Niazi, and Ø. Weiby, "Mechanical , thermal and swelling properties of cellulose nanocrystals / PVA nanocomposites membranes," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 57, pp. 113–124, 2018.
11. B. N. Hoang *et al.*, "Enhanced selective adsorption of cation organic dyes on polyvinyl alcohol / agar / maltodextrin water-resistance biomembrane," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 48904, pp. 1–12, 2019.
12. J. M. Aurellia, G. Maulida, D.U Dzujah, N.Syakir, Fitrilawati, " Effect of Stirring Time on Methylene Blue Adsorption onto Graphene Oxide Surface," *Materials Science Forum* vol. 1028, pp 291-295, 2021.
13. G. G. Gebreegziabher, A. S. Asemahegne, D. W. Ayele, and M. Dhakshnamoorthy, "One-step synthesis and characterization of reduced graphene oxide using chemical exfoliation method," *Mater. Today Chem.*, vol. 12, pp. 233–239, 2019.

CHARACTERISTICS OF GRAPHENE LIKE MATERIAL SYNTHESIZED FROM COCONUT SHELL CHARCOAL POWDER USING SOLID STATE METHOD

B.L NAJATI, T.K JUNITA, NORMAN SYAKIR, FITRILAWATI *

*Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21 Jatinangor, Sumedang 45363 Indonesia*

**email: fitrilawati@unpad.ac.id*

Abstract. We synthesized graphene like material from coconut shell charcoal powder (CSP) using solid-state method followed by exfoliation using H_2SO_4 . In the synthesis, CSP was mixed with KOH in a ratio of 1:5 followed by heating at a temperature of $850^\circ C$ for 1 hour to obtain Coconut Shell Graphitization (CSG). The synthesized CSG was then exfoliated for 1 hour using ultrasonication in H_2SO_4 which was referred as Coconut Shell Graphitization_Exfoliated (CSG_E). The infrared spectra results of the two products showed the presence of C-C, C=C, C-O-C, C-O-OH groups which are characteristics of reduced graphene oxide (rGO). The Raman spectroscopy results show that the synthesized materials have D and G bands with ID/IG ratio of 0.98-0.96, that indicates the presence of impurities in the form of an oxide group on the graphene surface. Decomposition analysis using the help of the Lorentz Function show that the XRD pattern of the synthesized material have graphene structure at $2\theta = 26.59^\circ$, and the rGO structure at 13.88° , and 19.09° with its 2nd order at 42.89° . The measurement results indicate that the synthesized materials are rGO. The data analysis shows that CSG consists of 83.09% rGO and 16.91% graphene, after exfoliation the rGO content of CSG_E rises to 87.27%.

Keywords: Coconut shell charcoal, solid state reaction, graphite, reduced graphene oxide, graphene

Abstrak. Telah dilakukan sintesis material graphene like dari serbuk arang tempurung kelapa (CSP) dengan menggunakan metode solid-state yang diikuti dengan eksfoliasi menggunakan H_2SO_4 . Dalam sintesis tersebut, CSP dicampur dengan KOH dengan perbandingan 1:5 diikuti dengan pemanasan pada suhu $850^\circ C$ selama 1 jam untuk mendapatkan Coconut Shell Graphitization (CSG). CSG hasil sintesis kemudian dieksfoliasi selama 1 jam dengan menggunakan ultrasonikasi dalam H_2SO_4 yang disebut sebagai Coconut Shell Graphitization Exfoliated (CSG_E). Hasil spektra inframerah dari kedua produk tersebut menunjukkan adanya gugus C-C, C=C, C-O-C, C-O-OH yang merupakan karakteristik dari grafena oksida tereduksi (rGO). Hasil spektroskopi Raman menunjukkan bahwa material hasil sintesis memiliki pita D dan G dengan rasio ID/IG sebesar 0,98-0,96 yang mengindikasikan adanya pengotor berupa gugus oksida pada permukaan grafena. Analisis dekomposisi dengan menggunakan bantuan Fungsi Lorentz menunjukkan bahwa pola XRD material hasil sintesis memiliki struktur grafena pada $2\theta = 26,59^\circ$, dan struktur rGO pada $13,88^\circ$, dan $19,09^\circ$ dengan orde ke-2 pada $42,89^\circ$. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa bahan yang disintesis adalah rGO. Analisis data menunjukkan bahwa CSG terdiri dari 83,09% rGO dan 16,91% grafena, setelah eksfoliasi, kandungan rGO dari CSG_E meningkat menjadi 87,27%.

Kata Kunci: Arang tempurung kelapa, reaksi padatan, grafit, grafena oksida tereduksi, grafena

1. Introduction

Coconut (*Cocos nucifera*) is a tropical plant found in tropical countries such as Indonesia. Almost all parts of the coconut plant can be used. Coconut shell is often considered as biomass waste with minimal utilization, it's usually used as charcoal or activated charcoal. Coconut shell charcoal obtained from incomplete combustion, this means that the complex carbon compounds are not completely oxidized to carbon dioxide, so that the carbon content is not pure because it still contains residue [1]. The carbon content of coconut shell is quite high, which is between 66.79-77.73% [2]. The existence of abundant, cheap, and commercially available coconut shells is an advantage of coconut shells to be used as a carbon source material.

Carbon materials have a considerable role in the world of science. The massive application of carbon is based on stable chemical bonds between carbon atoms and the ability of carbon to bind to a wide variety of other atoms. Carbon has four valence atoms, so it can form a different crystalline arrangement (Allotrope) [3].

Graphene is a carbon allotrope that has hybridization sp^2 , in the form of thin sheets with special mechanical properties [4]. Graphene is the basic structural element of some allotropes of carbon, including graphite, CNTs, and fullerenes. Since its discovery in 2004, graphene has attracted tremendous research interest in the field of energy storage technology due to its unusual properties, such as large mechanical strength, large physical surface area, as well as high electrical conductivity [5]. The property structure of graphene can be adapted to the method of pursued synthesis [6]. In addition to pure graphene, there are derivatives of graphene, namely graphene oxide which is graphene with many oxide groups, and reduced graphene oxide (rGO), which is graphene which has a small oxide group [7, 8].

There are two routes in synthesizing graphene and its derivatives, i.e the bottom up methods (CVD, epitaxial growth in silicon carbide, etc.), and top-down methods (chemical exfoliation, scotch tape, and many more). Each method has its own advantages and disadvantages. CVD can produce wide graphene sheets [4]. However this route cannot be applied to mass production because it requires a thin catalytic film. The epitaxial growth process can produce graphene on a wafer scale, but in this method it requires high costs due to the use of silicon carbide and high temperatures above 1500°C [9]. Chemical exfoliation is thought to be able to produce graphene oxide and reduced graphene oxide en masse in a measured way, but produce toxic chemical waste in the process [8].

The efficient, economical, and environmentally friendly synthesis of reduced graphene oxide (rGO) is a major challenge today. So that in this study, the synthesis of reduced graphene oxide from coconut shell charcoal powder will be carried out using the solid state method in the form of chemical activation with KOH (ratio 1: 5) followed by a graphitization process at a temperature of 850°C , followed by an exfoliation process with H_2SO_4 10].

2. Methods

2.1 Preparation of coconut shell charcoal powder

First, pieces of the coconut shell charcoal were cleaned with a coarse brush until it looks black and shiny in order to remove ashes from the coconut fibers and coconut flesh that might still stick on the charcoal. After that the charcoal was washed with water and dried in the oven at 100°C overnight. The cleaned charcoal was crushed

with a grinder and then filtered with a 200-mesh sieve to obtain charcoal powder with an average size of 74 microns. The final result of this process is used as a raw material that called as coconut shell powder (CSP).

2.2 Preparation of coconut shell graphitization using solid state method

The CSP was mixed with KOH (ratio of 1:5) in order to widen pores of the biomass material as large as possible. Then, the mixture was put into a double crucible which was first flushed with nitrogen gas to avoid the ingress of O₂ gas which could result in ashes [11]. After that, a calcination process was carried out by placing the crucible into the furnace and heating it to 850 °C for 2 hours with a heating rate of 5°C/minute. After that, the sample was washed using 1M HCl and distilled water until it reached a neutral pH (pH = 7). At the final steps, the drying process was carried out by placing the sample in a vacuum oven and heating it at a temperature of 100 °C overnight. The final result of those steps is referred to as coconut shell graphitization (CSG).

2.3 Exfoliation of CSG

Before exfoliation, the CSG was grinded until smooth. After that the CSG powder was added to 10% H₂SO₄, then the solution was sonicated using an ultrasonicator for 2 hours. The temperature of the solution during the sonication process was controlled so it was not higher than 40°C by adding ice cube to the ultrasonic bath. The resulting product was then washed with isopropanol and followed with distilled water in order to remove impurities of the product. Then it was dried in the vacuum oven overnight at 100°C. The final product of the process is referred as after exfoliated CSG (CSG_E).

2.4 Characterization of the synthesized materials

The synthesized material was characterized using FTIR spectroscopy to identify chemical bonds of the synthesized material, X-Ray Diffraction (XRD) Bruker D8 Advance to identify 2 θ peaks of of the synthesized material, and HORIBA - The LabRAM HR Evolution Raman Microscopes to identify impurities and the presence of layers in the synthesized CSG_E.

3. Results and Discussion

The results of the FTIR spectra of the synthesized samples (CSG and CSG_E) measured at wavelengths in the range of 4000-500 cm⁻¹ are shown in figure 1. The FTIR spectrum of CSG shows the presence of C-O-C (epoxy) group in the regions of 1073 cm⁻¹ and 1398 cm⁻¹, and also peak of the C-O-OH (carboxyl) group located at 2061 cm⁻¹. If compared to the starting material, there is shrinkage a peak of the epoxy and carboxyl groups, which is due to the temperature treatment of 850 °C which can remove some oxide groups. The C-OH group (hydroxyl) was found to be increasing, indicated by the depth of the peak at an area of 3066 cm⁻¹, this is likely derived from the use of strong oxidizer KOH in a graphitization process that binds into single and double carbon bonds (C-C and C=C) which are also found in about 774 cm⁻¹ and 1633 cm⁻¹.

The IR Spectrum of CSG_E shows peaks of the carboxyl group (C-O-OH) at 1920 cm⁻¹ and hydroxyl (C-OH) at 3788 cm⁻¹, that comes from the insertion of the oxide group from the strong oxidizer H₂SO₄ 10% which occurs during the exfoliation

period with the help of vibrations from the ultrasonic bath. The presence of single and double carbon bond groups (C-C and C=C) was also found at 773 cm^{-1} and 1573 cm^{-1} . The single-double C atomic bond related to sp_2 hybridization [10].

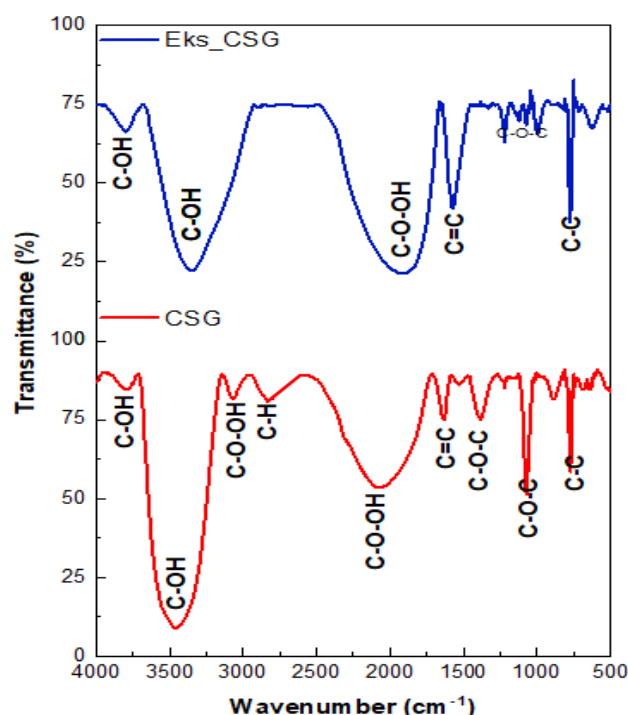


Figure 1. FTIR spectrum of coconut shell powder after graphitization (CSG) and CSG after exfoliation (CSG_E)

Table 1. Functional Groups and FTIR absorption areas cm^{-1}

Functional Group	Absorption Area (cm^{-1})		
	Range	CSG	CSG_E
C-C	700-1300 [12]	774	773
C-O-C	1250-1310 [13]	1073 1398	1000-1200
C=C	1566-1650 (sigma)	1633	1573
C-O-OH	1740-3129 [13]	2062	1920
C-H	2695-2830 (sigma)	2829	
C-OH	3200-3550 [12]	3066	3788
	3000-4000 (sigma)	3480	3369

Graphite is a stack of graphene layer so that it only has C-C and C=C bonds. Meanwhile, the go surface is generally rich in oxygen-containing functional groups such as C-H, C-O-OH, C-OH, and C-O-C. This oxygen-containing functional group causes a deformed state on the surface of the carbon bond in the hexagonal structure

and causes a widening of the distance between the easily broken layers. The characteristics of the synthesized material (CSG_E) ha C-C and C=C bond, as well as a hydroxyl and carboxyl group, and a small epoxy group (almost absent), the functional group that CSG_E belongs to is similar to the functional group possessed by reduced graphene oxide (rGO) [13].

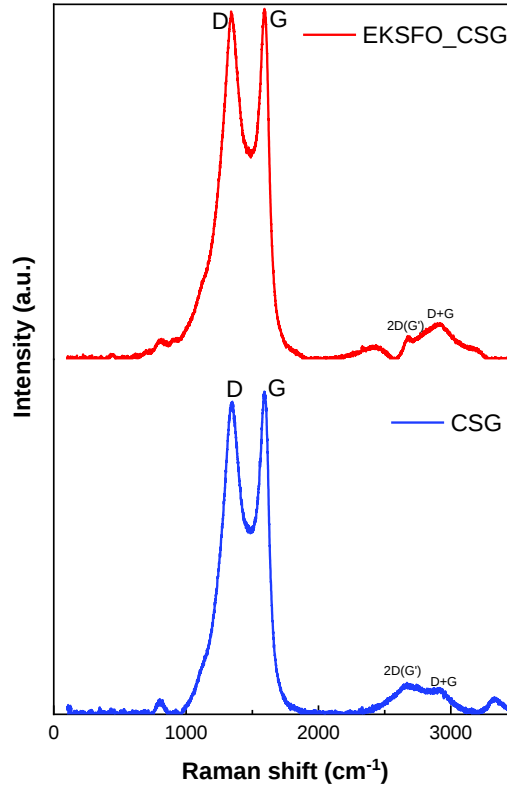


Figure 2. Raman spectrum of coconut shell charcoal synthesis after graphitization (CSG), and CSG after exfoliation in H_2SO_4 (CSG_E)

The Raman spectrum CSG and CSG_E are shown in figure 2. The CSG sample shows a presence of D band around 1350.53 cm^{-1} , and G band around 1593.51 cm^{-1} with the I_D/I_G ratio is about 0.96. In addition, there is also a 2D band consisting of peaks belonging to the $2D(G')$ and $D+G$ bands. After exfoliation in H_2SO_4 , the CSG_E shows G band around 1591 cm^{-1} , and the D band around 1342 cm^{-1} , with the I_D/I_G ratio increased to 0.98.

Table 2 shows comparison of Raman spectrum of the synthesized materials with previous work on graphite and graphene. It is shown on the table that CSG and CSG_E have G and D bands whose values are similar to graphite, graphene, Graphene Oxide (GO), reduced Graphene Oxide (rGO). The I_D/I_G ratio of CSG and CSG_E indicate the presence of an oxide group on the surface that greater the I_D/I_G value of graphite, meaning that the more oxygen content on the synthesized material.

The increasing I_D/I_G ratio of the synthesized material compared to graphite indicates an increasing number of defects (the presence of oxygen) in the structure, stemming from the insertion of an oxide group during the exfoliation process of the strong oxidizer H_2SO_4 to expand the distance between the layers. In addition, 2D peaks

were also found consisting of peaks with 2D (G') and D +G bands which indicated the presence of layers that had oxygen defects in the material.

Table 2. Comparison of Raman Shift (cm⁻¹) and Id/Ig Ratio

	Graphene	Graphite	rGO	GO	CSG	CSG_E
	[14]	[15]	[16]			
D (cm ⁻¹)	1352	1340	1345	1352	1350	1342
G (cm ⁻¹)	1579	1580	1582	1591	1593	1591
2D (cm ⁻¹)	2706		2692	2700	2668	2673
D+G (cm ⁻¹)			2930	2930	2906	2936
2D' (cm ⁻¹)				3180		
I _D /I _G	0,29	0,03-0,17	0,94	1,46	0,96	0,98

GO has a lot of oxygen content on its surface, while graphite has almost no oxygen content on its surface. This is indicated by the I_D/I_G ratio of each material (I_D/I_G graphite = 0.02, I_D/I_G GO=1.46). The ID/IG ratio of the synthesized material (CSG_E) is 0.98, meaning that the oxygen content of the material is not as much as that of GO but also not as pure as graphite. The value of the ratio of I_D/I_G and the presence of 2D bands (combined 2D(G') and D+G bands) owned by CSG_E resemble rGO.

XRD measurement aims to determine the structure formed of the synthesized samples, the principle of which is to use Bragg's law, expressed by equation 1, where d is the distance between graphene layer, θ the angle of diffraction, n as the order, and λ is the wave number of the X-ray radiation source used to come from Cu-K α with a wavelength of 1.541874 Å.

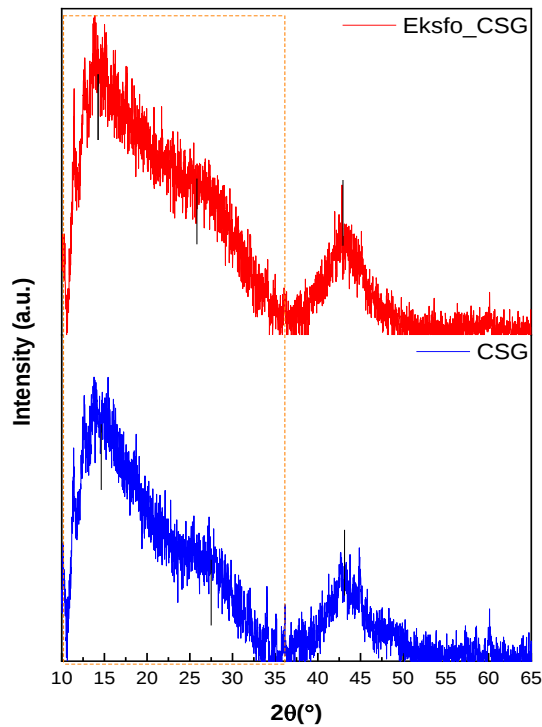
$$d \sin \theta = n \lambda \quad (1)$$

The XRD peak of Graphene, graphite, and GO are shown in table 3. XRD pattern of the synthesized samples are shown in figure 3 which have a small peak around a scattering angle of 40° and a widened peak around 0-30°, which is a result of the superposition of several peaks close to each other. To observe such peaks, decomposition was carried out using the help of the Lorentz Function (equation 2), where w is the width of the peak, A is the area of the peak, x is equal to the value of theta, and y is equal to the intensity of the peak.

$$y = y_0 + \frac{2A}{\pi} \frac{w}{4(x - x_c) + w^2} \quad (2)$$

Table 3. XRD peak of Graphene, Graphite, GO

	$2\theta_1(^{\circ})$
Graphene (JCPDS No.411487)	26,6
Graphite (JCPDS No. 75-2078)	26,37
GO [15]	10,01

**Figure 3.** Comparison of XRD pattern of the synthesized materials of CSG and CSG_E

The results of the decomposition of the XRD pattern curve of CSG are shown in figure 4. The peak area of superposition at range of 10-30° is decomposed into 3 peaks, that is, in the area of 14.70°; 26.70°; and 20.25°. In addition, a peak is also found in the area of 43.57° which is the peak of the 2nd order of the peak of 20.25°.

The peak around 26.70° is similar to the graphene peak of 26.6° (JCPDS No.411487) and graphite at 26.37° (JCPDS No. 75-2078) this reformifies the occurrence of structural changes that have become more regular i.e. from the structure of carbon biomass to the hexagonal basal structure of carbon as a result of the graphitization process. The 2θ Peaks around 14.70° and 20.25° are between graphite/graphene and GO peaks which are around 10.01°. This indicates the presence of reduced structure of GO that known as reduced graphene oxide (rGO) [15].

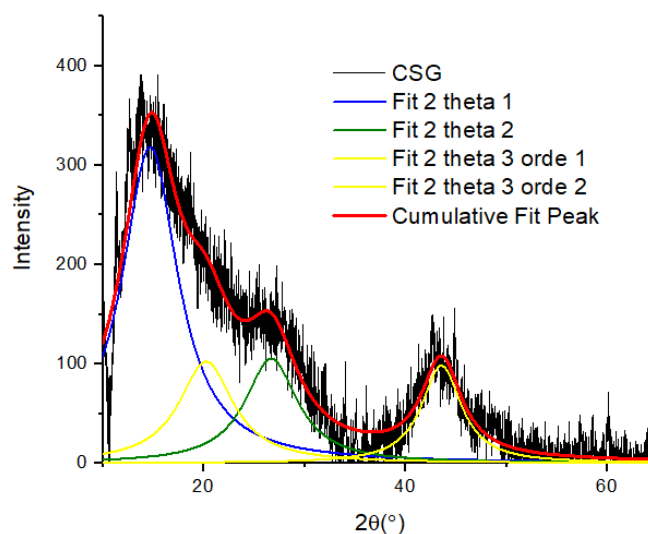


Figure 4. XRD peak decomposition results of CSG samples

The components of the CSG decomposition fittings are shown in table 4. The obtained values of decomposed peaks provide extensive information of each peak (A) of CSG. The comparison of the area of each peak with the total area of the entire peak area shows the percentage of the dominant structure in a material as shown in equation 3, where A_n ($n=1,2,3,..$) is the area of the- n peak, and A_{total} is the total peak area.

$$\% \text{ Ratio of Structure} = \frac{A_n}{A_{total}} \quad (3)$$

The calculation results showed the highest percentage of structures, namely the structure belonging to rGO which came from peaks of 14.70° and 20.25° and its 2nd order which was 83.09%, while the rest was a graphene structure of 16.91%.

The diffraction pattern of CSG_E shows that the dilated peaks were the result of superposition of peaks of 13.88° ; 26.59° ; and 19.09° . In addition it is also found in order-2 of 19.09° around 42.89° . When compared to CSG samples, there was no significant change in the graphene structure indicated by peaks around 26.59° . It is because after the graphitization process there was no further structural reordering process in the exfoliation process.

Table 4. CSG peak decomposition fitting results

	$2\theta_1$	$2\theta_2$	$2\theta_3$ Orde-1	$2\theta_3$ Orde-2
$2\theta(X_c)$	14,70	26,70	20,25	43,57
Width (W)	6,71	6,34	6,56	4,79
Height (H)	318,33	82,28	94,39	94,92
Area (A)	3358,17	1048,93	1055,71	740,38
Ratio of Structure (%)	54,16	16,91	28,95	

In the exfoliation process, the insertion of the oxide group is evident from the peaks that shift to the ceiling, namely at 13.88° and 20.25° . These peaks still show the peak of rGO with the presence of oxides in the structure which is more supported by the widening of the distance between layers as can be seen in table 5 and is related to FTIR and Raman data.

Table 5. Comparison of the distance between layers $2\theta_1$ and $2\theta_3$

	CSG	Eksfo_CSG
$2\theta_1(^{\circ})$	14,70	13,88
$d_1(\text{\AA})$	6,03	6,38
$2\theta_3(^{\circ})$	19,09	42,89
$d_3(\text{\AA})$	4,38	4,65

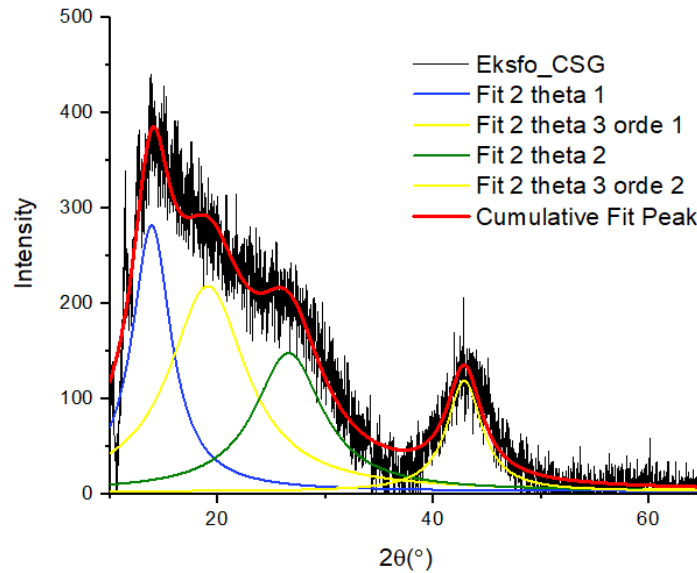


Figure 5. XRD peak decomposition results of CSG_E samples

Table 6. CSG_E Peak decomposition fitting results

	201	202	203 Orde-1	203 Orde-2
$2\theta(Xc)$	$13,88^\circ$	$26,59^\circ$	$19,09^\circ$	$42,89^\circ$
Width (W)	4,38	3,04	7,68	3,94
Height (H)	279,20	145,44	116,48	215,41
Area (A)	3597,33	1083,39	2986,02	842,33
Ratio of Structure (%)	42,28	12,73	44,99	

The components of the decomposition fitting result of CSG_E shown by table 6. The results of structural analysis show that the material consists of graphene and rGO structures with different distances between layers. The results of the

calculation of the ratio of many structures show that the material is dominated by the rGO structure which is at the peak of 13.88° and 19.09° along with its 2nd order of 87.27% and the rest belongs to the graphene structure which is 12.73%.

4. Conclusions

The synthesis of graphene like material from coconut shell charcoal has been successfully carried out using the solid-state method. The results of characterization using the FTIR, Raman, XRD, and further analysis using decomposition of XRD pattern show that the synthesized material CSG and CSG_E have similar properties as rGO material with small amount of graphene. Analysis of XRD pattern using Decomposition with the help of the Lorentz Function shows the percentage of rGO and graphene in the synthesized materials from coconut shell charcoal powder.

Acknowledgement

This work was partly funded by Project Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) contract no 2064/UN6.3.1/PT.00/2022 dated 17th March 2022.

References

1. F. M Khadifah, (2017). Synthesis of Graphene from Coconut Shell Charcoal Using Modified Hummers Method, (2019), p. 32-49.
2. M. Fathussalam, A.W. Putranto, B. D. Arg, A. Harianti, A. Oktaviani, F.P. Puspaningarum, S. L. O. Putri, Rancang Bangun Mesin Produksi Asap Cair dari Tempurung Kelapa Berbasis Teknologi Cyclone-Redistillation, Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem, Vol 7 No.2 (2019), p. 5-9.
3. B. Petrova, B. Tsyntsarski, T. Budinova, N. Petrov, C. O. Ania, J. B. Parra, M. Mladenov, P. Tzvetkov, Synthesis of Nanoporous Carbons from Mixtures of Coal Tar Pitch and Furfural and Their Application as Electrode Materials, Fuel Processing Technology Vol 91 (2010), p. 2-6.
4. S. Nazarpour, S.R. Waite, Graphene Technology from Laboratory to Fabrication, (n.d.), p. 11-40.
5. S. Ray, Applications of Graphene and Graphene-Oxide Based Nanomaterials, Book Aid International (2015), p. 1-4.
6. P. Singh, J. Bahadur, K. Pal, K. One-Step One Chemical Synthesis Process of Graphene from Rice Husk for Energy Storage Applications, Graphene, Vol 6 No. 3 (2017), p. 2-6.
7. W.S. Hummers, R. E. Offeman, Preparation of Graphitic Oxide, (1957), p. 1
8. M. S. Ismail, N. Yusof, M. Z. Mohd Yusop, A. F. Ismail, J. Jaafar, F. Aziz, Z. Abdul Karim, Synthesis and Characterization of Graphene Derived from Rice Husks, Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences, Vol 15 No.4 (2019), p. 3-6.
9. M. I. M. Nayai, K. Ismail, M. A. M. Ishak, N. Zaharudin, W. I. Nawawi, Fabrication and Characterization of Porous Activated Carbon from Coconut Shell by Using Microwave-Induced KOH Activation Technique. Applied Mechanics and Materials, Vol 835 (2016), p. 1-7.

10. T. Purkait, G. Singh, M. Singh, D. Kumar, R. S. Dey, Large Area Few-Layer Graphene with Scalable Preparation from Waste Biomass for High-Performance Supercapacitor. *Scientific Reports*, Vol 7 No, 1 (2017), p. 1-9.
11. W. Yang, Y. Zhao, X. He, Y. Chen, J. Xu, S. Li, Y. Yang, Y. Jiang, Flexible Conducting Polymer/Reduced Graphene Oxide Films: Synthesis, Characterization, and Electrochemical Performance. *Nanoscale Research Letters*, Vol 10 No.1 (2015), p. 2-3.
12. A. B. D. Nandiyanto, R. Oktiani, R. Ragadhita, How to Read and Interpret Ftir Spectroscopy of Organic Material, *Indonesian Journal of Science and Technology*, Vol 4 No.1 (2019), p. 3-7.
13. X. He, S. Zhang, H. Pan, J. Chen, J. Xu, Horizontally Aggregation of Monolayer Reduced Graphene Oxide Under Deep UV Irradiation in Solution, *Nanoscale Research Letters*, Vol 14 No. 117 (2019), p. 1-9.
14. I. O. Faniyi, O. Fasakin, B. Olofinjana, A. S. Adekunl, T. V. Oluwasusi, M. A. Eleruja, E. O. B. Ajayi, The Comparative Analyses of Reduced Graphene Oxide (RGO) Prepared Via Green Mild and Chemical Approaches, *SN Applied Sciences*, Vol 1 No. 10 (2019), p. 1-7.
15. S. Perumbilavil, P. Sankar, T. P. Rose, R. Philip, White Light Z-Scan Measurements of Ultrafast Optical Nonlinearity in Reduced Graphene Oxide Nanosheets in the 400-700 nm Region. *Applied Physics Letters*, Vol 107 No. 5 (2015). P. 5-7.
16. N. M. Nguyen Huynh, Z. A. Boeva, J. H. Smått, M. Pesonen, T. Lindfors, Reduced Graphene Oxide as a Water, Carbon Dioxide and Oxygen Barrier in Plasticized Poly(Vinyl Chloride) Films. *RSC Advances*, Vol 8 No.32 (2018), p. 6-7.

LAJU KOROSI PADA BAJA API 5L GRADE B DALAM MEDIUM LIMBAH MINYAK BUMI DENGAN INHIBITOR SIKLOHEKSILAMINA

HARYONO *, ENGELA EVY ERNAWATI

*Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat*

**email : haryono@unpad.ac.id*

Abstrak. Korosi merupakan permasalahan umum yang terjadi pada peralatan proses dari bahan logam, khususnya pipa baja karbon, di industri pengolahan minyak bumi. Korosi tersebut dapat terjadi dengan laju bervariasi tergantung pada berbagai faktor, seperti jenis medium, suhu, dan waktu kontak antara bahan logam dengan medium. Laju korosi dapat dihindari dengan teknik penambahan inhibitor ke dalam medium. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh suhu dan waktu perendaman pipa baja API 5L Grade B di dalam limbah minyak bumi dengan penambahan inhibitor sikloheksilamina terhadap laju korosinya. Sampel pipa baja API 5L Grade B disiapkan dalam bentuk kupon, potongan pipa dengan ukuran tertentu. Suhu perendaman dipelajari pada 30, 45, 60, 75, dan 90 °C, sedangkan waktu perendaman dipelajari selama 48, 72, dan 96 jam. Hasil penelitian menunjukkan, perendaman pada suhu 90 °C dengan penambahan inhibitor memberikan laju korosi terbesar, yaitu 0,788 mm/tahun posisi BLC (bottom line corrosion) dan 0,115 mm/tahun pada posisi TLC (top line corrosion). Sedangkan perendaman selama 96 jam dengan penambahan inhibitor memberikan laju korosi terbesar, yaitu 0,807 mm/tahun posisi BLC dan 0,133 mm/tahun pada posisi TLC.

Kata kunci: inhibitor korosi, laju korosi, limbah minyak bumi, pipa baja

Abstract. Corrosion is a common problem that occurs in metal processing equipment, especially carbon steel pipes, in the petroleum processing industry. Corrosion can occur at various rates depending on various factors, such as the type of medium, temperature, and the contact time between the metal and the medium. Corrosion rate can be inhibited by adding inhibitor technique to the medium. The purpose of this study was to study the effect of temperature and time of immersion of API 5L Grade B steel pipes in petroleum waste with the addition of cyclohexylamine inhibitor on the corrosion rate. Samples of API 5L Grade B steel pipe are prepared in the form of coupons, pipe pieces of a certain size. The immersion temperatures were studied at 30, 45, 60, 75, and 90 °C, while the immersion times were studied for 48, 72, and 96 hours. The results showed that immersion at a temperature of 90 °C with the addition of an inhibitor gave the highest corrosion rate, namely 0.788 mm/year at the BLC (bottom line corrosion) position and 0.115 mm/year at the TLC (top line corrosion) position. Meanwhile, immersion for 96 hours with the addition of an inhibitor gave the highest corrosion rate, namely 0.807 mm/year at BLC position and 0.133 mm/year at TLC position.

Keywords: corrosion inhibitor, corrosion rate, petroleum waste, steel pipe

1. Pendahuluan

Total konsumsi energi nasional masih didominasi pemenuhannya oleh energi jenis BBM (bahan bakar minyak), yaitu sekitar 39% dari konsumsi energi final di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 875 juta SBM (Setara Barel Minyak) [1].

Pemenuhan kebutuhan BBM tersebut salah satunya disediakan melalui pengolahan minyak bumi mentah. Pada pengolahan minyak bumi mentah dihasilkan limbah dalam bentuk padat, cair, maupun gas. Limbah cair tersebut dapat bersifat korosif karena keberadaan senyawa pengotor berupa asam, basa, dan garam dari tahap pemurnian minyak bumi mentah [2].

Penanganan limbah cair pada pengolahan minyak bumi mentah melibatkan sistem perpipaan. Salah satu jenis bahan logam pada konstruksi pipa adalah baja karbon jenis baja API (*American Petroleum Institute*) 5L Grade B. Pipa baja tersebut termasuk pipa baja karbon sedang dengan kadar karbon maksimum 0,3%, mangan maksimum 1,2%, phosphor maksimum 0,05%, dan sulfur maksimum 0,06% [3]. Kontak antara limbah cair bersifat korosif tersebut dengan permukaan pipa baja karbon sangat berpotensi timbulnya korosi. Korosi dapat menyebabkan penurunan struktur dan kerusakan pada sistem perpipaan, sehingga berdampak negatif secara finansial serta kesehatan dan keselamatan kerja maupun lingkungan [4, 5].

Permasalahan korosi dapat diatasi dengan berbagai jenis metode, salah satunya dengan penggunaan inhibitor korosi. Inhibitor korosi merupakan senyawa kimia yang dapat menghambat serangan korosi pada permukaan logam dengan cara pembentukan lapisan film atau senyawa kompleks yang akhirnya mampu mencegah interaksi logam dengan lingkungannya. Inhibitor korosi dari senyawa organik lebih banyak dipilih karena umumnya lebih ramah lingkungan, dan daya inhibisinya lebih baik daripada inhibitor dari senyawa anorganik [6].

Nurjanah menyatakan bahwa sikloheksilamina merupakan inhibitor organik yang mampu menghambat serangan korosi secara efektif [7]. Penelitian lain menunjukkan bahwa sikloheksilamina mampu menginhibisi korosi pada *mild steel*, baja karbon rendah (kadar karbon maksimal 0,2%), dalam lingkungan larutan 0,1 N asam sulfat dengan efisiensi inhibisi maksimal sebesar 81,06% [8]. Studi lain melaporkan, sikloheksilamin paling efektif sebagai inhibitor korosi volatil pada tes inhibisi selama 24 jam terhadap plat baja dalam lingkungan garam NaCl dengan laju korosi paling lambat sebesar $6,7 \mu\text{g cm}^{-2} \text{jam}^{-1}$ [9]. Sikloheksilamina sebagai salah satu inhibitor organik dari kelompok amina umum digunakan untuk mengurangi efek korosi sebagai akibat keberadaan gas CO_2 , H_2S , dan asam-asam organik pada fasilitas di sumur-sumur penambangan minyak bumi [10].

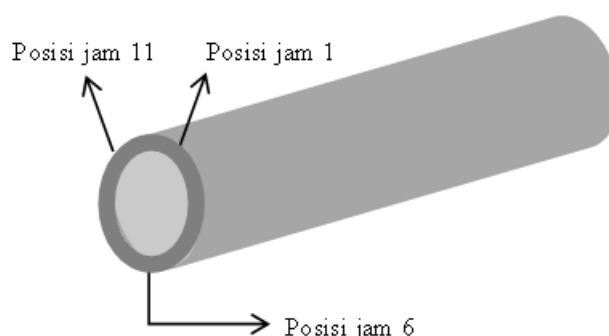
Efektivitas inhibitor organik, seperti sikloheksilamina, dalam menghambat korosi disebabkan oleh pasangan elektron bebas dari atom nitrogennya dapat teradsorpsi pada permukaan logam, dan rantai hidrokarbon pada senyawa tersebut mampu membentuk lapisan film hidrofobik sehingga sikloheksilamina mampu memisahkan permukaan logam dengan lingkungannya secara efektif [10]. Penambahan inhibitor korosi tentu saja tidak mungkin mampu meniadakan terjadinya korosi, namun hanya memperlambat laju korosi. Besarnya laju korosi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti: suhu dan waktu kontak antara permukaan logam dengan media korosif, karakteristik media korosif (keberadaan gas terlarut, pH, laju alir, padatan terlarut), dan konsentrasi inhibitor [11, 12].

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh suhu dan waktu perendaman pipa baja API 5L Grade B di dalam limbah minyak bumi dengan penambahan inhibitor sikloheksilamina terhadap laju korosi pipa baja.

2. Metode Penelitian

2.1. Penyiapan Kupon Baja Karbon dan Sampel Medium Uji Korosi

Pipa baja API 5L *Grade B* (dari PT Bakrie Pipe Industries) sebagai sampel peralatan yang dipelajari laju korosinya pada penelitian ini disediakan dalam bentuk kupon. Kupon dihasilkan dengan memotong bagian-bagian pada pipa baja API 5L *Grade B* pada posisi-posisi yang mewakili kemungkinan utama terjadinya korosi di lapangan, yaitu pada posisi jam 1, 11, dan 6. Sketsa posisi pemotongan pada pipa berdasarkan posisi jarum jam tersebut ditampilkan pada Gambar 1. Pemotongan bagian-bagian dari pipa baja tersebut ditargetkan untuk dihasilkan kupon dengan ukuran $\pm 4,0 \times 5,0 \times 0,6$ cm.



Gambar 1. Skema pengambilan sampel kupon dari pipa baja karbon API 5L *Grade B* pada posisi jam 1, 6, dan 11 pada pipa

Kupon baja dicuci dengan etanol teknis (konsentrasi 70%, Brataco). Permukaan baja kemudian dihaluskan dengan silikon karbida grit ukuran 240, 400, 600, 800, dan 1000. Kupon baja selanjutnya dibilas dengan akuades dan etanol teknis, dikeringkan, diukur kembali dengan jangka sorong, dan disimpan dalam desikator. Penyiapan dan pembersihan kupon sampel logam dilakukan dengan prosedur menurut ASTM G-1 [13]. Sampel kupon baja bersih ditimbang untuk diketahui berat awalnya (W_0).

Medium uji korosi disiapkan dalam dua jenis, yaitu limbah minyak bumi (dari PT Pertamina Unit Pengolahan VI Balongan, Indramayu) tanpa ditambahkan inhibitor sikloheksilamina, dan ditambahkan inhibitor. Limbah minyak bumi berinhibitor disiapkan dengan melarutkan inhibitor sikloheksilamina sebanyak 5 mL sikloheksilamina (0,022 M, Merck) ke dalam 2000 mL limbah minyak bumi di dalam gelas kimia. Pelarutan dilakukan dengan pengadukan menggunakan pengaduk magnet.

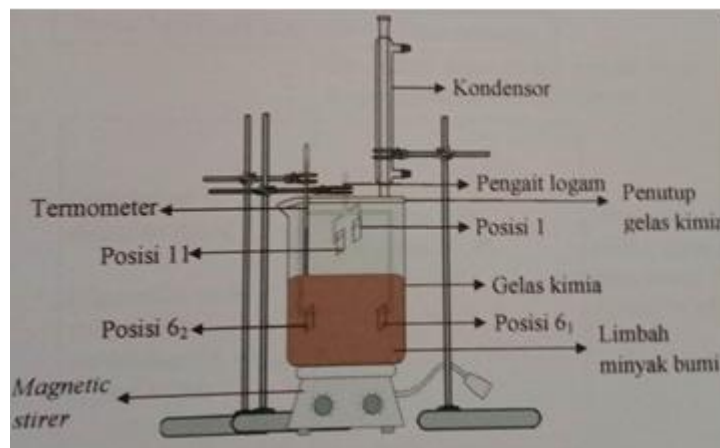
2.2. Penentuan Laju Korosi dengan Metode Berat Hilang (*Weight Loss Method*)

Laju korosi pada sampel kupon dari pipa baja API 5L *Grade B* dilakukan dengan variasi suhu dan waktu perendaman sampel kupon di dalam medium limbah minyak bumi, dengan dan tanpa inhibitor sikloheksilamina. Laju korosi ditentukan dengan metode berat hilang sesuai prosedur menurut Govindasamy & Ayappan [14].

Pada pengujian pengaruh suhu perendaman, satu sampel kupon baja dengan berat awal W_0 direndam seluruhnya di dalam medium uji korosi (limbah minyak bumi

dengan dan tanpa inhibitor sikloheksilamina) pada posisi jam 6. Selain itu, dua sampel kupon baja ditempatkan di atas permukaan medium uji korosi pada posisi 11 dan 1. Uji korosi di dalam medium limbah minyak bumi tanpa inhibitor sikloheksilamina dilakukan sebagai kontrol.

Penempatan kupon baja pada posisi jam 6 merupakan untuk menentukan laju korosi posisi BLC (*bottom line corrosion*), sedangkan pada posisi jam 11 dan 1 untuk menentukan laju korosi rata-rata posisi TLC (*top line corrosion*). Ilustrasi posisi jam 1, 6, dan 11 pada pipa ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan sketsa rangkaian peralatan uji korosi ditampilkan pada Gambar 2. Sampel kupon baja dikontakkan dengan medium uji selama 24 jam, dan dibantu dengan pengadukan (Pengaduk bermagnet, IKA®) pada kecepatan 500 rpm. Setelah uji korosi kupon baja selesai, kupon baja disikat, dicuci dengan etanol teknis, dikeringkan, dan ditimbang. Berat kupon kering setelah uji korosi dicatat sebagai W_t . Suhu perendaman dipelajari pada variasi 30, 45, 60, 75, dan 90 °C.



Gambar 2. Sketsa rangkaian alat eksperimen

Prosedur pengujian laju korosi sejenis dilakukan untuk mempelajari pengaruh waktu perendaman. Waktu perendaman dipelajari selama 48, 72, dan 96 jam. Uji laju korosi pada variasi waktu perendaman tersebut dilakukan pada suhu medium uji (pada tahap uji pengaruh suhu perendaman) yang memberikan laju korosi terbesar. Laju korosi dihitung dengan Persamaan (1) berikut:

$$LK = \frac{K W}{A T D} \quad (1)$$

dengan: LK = laju korosi (mm/tahun), K = konstanta laju korosi ($8,76 \times 10^4$), W = $W_0 - W_t$ = berat logam sampel hilang (g), A = luas permukaan logam sampel (cm^2), T = waktu perendaman (jam), D = densitas logam sampel (untuk baja karbon, D = $7,86 \text{ g/cm}^3$). A, luas permukaan logam sampel (kupon), dihitung dengan pendekatan Persamaan (2).

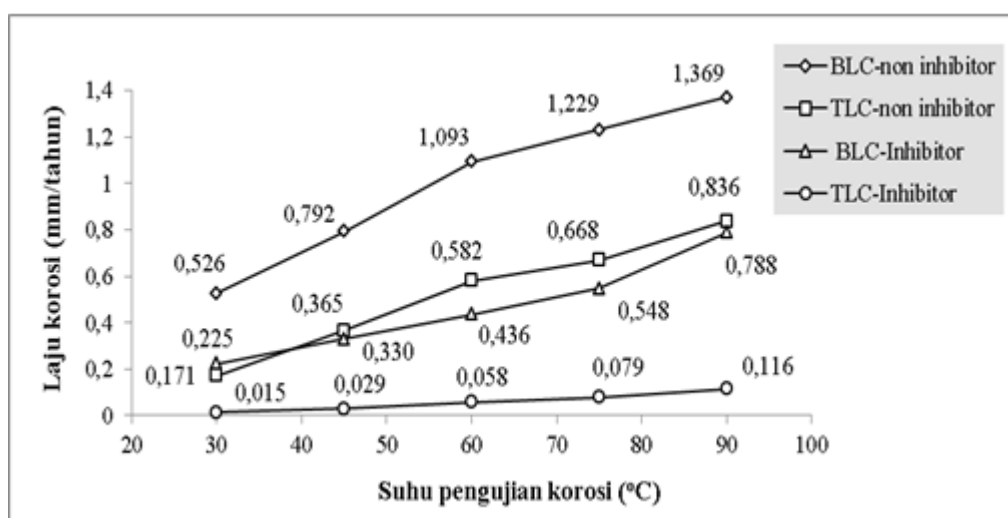
$$A = 2 [(p l) + (p t) + (l t)] - 2 \pi r^2 + 2 \pi r t \quad (2)$$

dengan: p, l, t = panjang, lebar, tebal kupon uji (cm), r = pendekatan jari-jari kupon = t (cm).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Laju Korosi berdasarkan Variasi Suhu Perendaman

Laju korosi terhadap sampel kupon dari pipa baja karbon API 5L Grade B dipelajari pada variasi suhu perendaman di dalam medium sebesar 30, 45, 60, 75, dan 90 °C. Hasil penentuan laju korosi berdasarkan variasi suhu perendaman, tanpa dan dengan penambahan inhibitor korosi sikloheksilamina, tersebut ditampilkan pada Gambar 3. Laju korosi dihitung pada posisi BLC (*bottom line corrosion*) dan TLC (*top line corrosion*), sedangkan inhibitor sikloheksilamina 0,022 M ditambahkan sebanyak 0,25 %-v/v.



Gambar 3. Hubungan antara suhu medium korosif dengan laju korosi pada uji korosi kupon baja selama 24 jam tanpa dan dengan inhibitor sikloheksilamina

Hasil penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3 diperoleh kecenderungan bahwa peningkatan suhu medium (limbah minyak bumi) mengakibatkan kenaikan laju korosi pada baja. Peningkatan laju korosi tersebut menunjukkan semakin banyak besi oksida yang terbentuk selama korosi. Pembentukan besi oksida selama korosi menyebabkan pengurangan kadar besi pada sampel baja. Kenaikan suhu medium sebenarnya akan menurunkan kelarutan oksigen di dalam medium, sehingga memungkinkan menyebabkan terjadi penurunan laju korosi. Namun pada penelitian ini sistem korosi diselenggarakan pada sistem tertutup, sehingga kadar oksigen terlarut dapat dipertahankan di dalam medium. Kondisi sistem korosi tertutup tersebut mengakibatkan laju korosi terus meningkat seiring dengan kenaikan suhu medium [15].

Selain itu, peningkatan suhu medium dapat meningkatkan koefisien difusi antar spesi kimia (ion besi dan oksigen) di dalam mediumnya [16], sehingga terjadi peningkatan laju perpindahan oksigen terlarut dan ion besi ke dan dari permukaan logam selama peristiwa korosi. Akibatnya laju korosi meningkat seiring dengan kenaikan suhu.

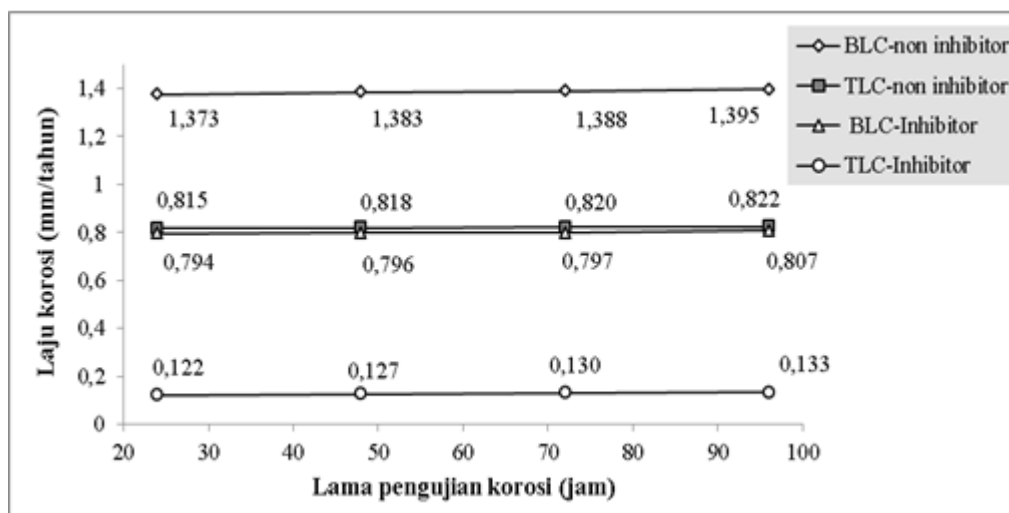
Korosi sampel kupon baja pada posisi jam 6 (BLC), di dalam medium tanpa inhibitor sikloheksilamina menunjukkan, peningkatan suhu medium menyebabkan

kenaikan laju korosi dari 0,525 mm/tahun sampai 1,369 mm/tahun. Laju korosi tanpa inhibitor tersebut mampu diturunkan dengan keberadaan inhibitor sikloheksilamina. Pada peningkatan suhu medium antara 30 – 90 °C, penambahan inhibitor korosi sikloheksilamina mampu menekan laju korosi BLC menjadi 0,225 mm/tahun sampai 0,788 mm/tahun. BLC merupakan korosi yang terjadi dengan mekanisme korosi erosi. Penambahan inhibitor sikloheksilamina, dimana inhibitor tersebut teradsorpsi pada permukaan logam, menyebabkan permukaan logam lebih terproteksi oleh korosi erosi tersebut.

Perlakuan sejenis (medium tanpa dan dengan inhibitor sikloheksilamina) pada korosi TLC, korosi posisi jam 11 dan 1, diperoleh kecenderungan yang sama. TLC terjadi karena adsorpsi uap air dari medium (limbah minyak bumi) ke permukaan logam (pipa). Adsorpsi uap air ini berlangsung secara simultan membentuk lapisan film air. Lapisan film air pada permukaan langit-langit logam tersebut, ditambah keberadaan oksigen, mengakibatkan terjadinya TLC. Keberadaan inhibitor sikloheksilamina mampu memperlambat laju korosi TLC pada interval suhu uji medium menjadi 0,015 – 0,115 mm/tahun, dari 0,170 – 0,836 mm/tahun jika tanpa inhibitor. Perlambatan laju korosi TLC dengan keberadaan inhibitor sikloheksilamina di dalam medium tersebut disebabkan oleh permukaan logam terlindungi oleh lapisan sikloheksilamina yang menguap kemudian teradsorpsi. Hal tersebut membuktikan bahwa sikloheksilamina merupakan inhibitor korosi yang volatil atau Volatile Corrosion Inhibitor, VCI [9, 10].

3.2. Laju Korosi berdasarkan Variasi Waktu Perendaman

Pengaruh waktu perendaman sampel kupon baja terhadap laju korosi di dalam medium dengan dan tanpa inhibitor sikloheksilamina dipelajari pada variasi 24,48, 72, dan 96 jam. Hasil perhitungan laju korosi berdasarkan variasi waktu perendaman Gambar 4.

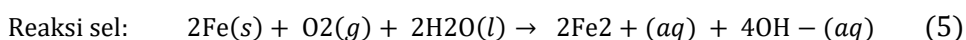
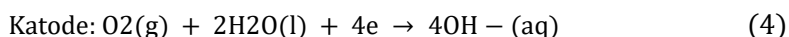
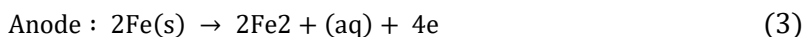


Gambar 4. Hubungan antara lama uji korosi dengan laju korosi pada uji korosi kupon baja (suhu 90 °C) tanpa dan dengan inhibitor sikloheksilamina

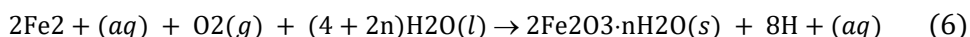
Data pada Gambar 4 tersebut menunjukkan bahwa seiring dengan semakin lama perendaman sampel kupon baja di dalam medium, terjadi peningkatan laju korosi. Peningkatan waktu perendaman berarti memperlama waktu kontak antara zat korosif (medium, limbah minyak bumi) dengan sampel kupon baja, sehingga meningkatkan kelarutan ion besi di dalam medium korosifnya [17].

Laju korosi di dalam medium tanpa inhibitor menunjukkan nilai laju lebih besar daripada di dalam medium dengan inhibitor, baik korosi jenis BLC maupun TLC. Laju korosi BLC lebih besar dibandingkan laju korosi TLC pada setiap variasi waktu perendaman yang dipelajari. Laju korosi tertinggi terjadi pada waktu perendaman selama 96 jam (4 hari), yaitu sebesar 1,395 mm/tahun (korosi BLC) dan 0,822 mm/tahun (korosi TLC) di dalam medium tanpa inhibitor, sedangkan korosi di dalam medium dengan inhibitor dicapai sebesar 0,807 mm/tahun pada korosi BLC dan 0,133 mm/tahun pada korosi TLC. Keberadaan inhibitor sikloheksilamina di dalam medium korosif, berdasarkan hasil penelitian tersebut, mengindikasikan telah mampu menginhibisi peristiwa korosi dengan mekanisme proteksi permukaan logam sebagai akibat teradsorpsinya molekul-molekul sikloheksilamina pada permukaan logam.

Peristiwa korosi pada sampel kupon baja terjadi melalui reaksi elektrokimia dengan perkiraan reaksi pada Persamaan (3), (4), dan (5).



Ion Fe^{2+} kemudian mengalami oksidasi lebih lanjut menjadi besi oksida terhidrasi (karat besi) menurut Persamaan (6) berikut:



4. Kesimpulan

Peningkatan suhu medium korosif (limbah minyak bumi) dan waktu kontak antara medium korosif dengan kupon baja mengakibatkan korosi terjadi dengan laju semakin tinggi. Penambahan sikloheksilamina sebagai inhibitor korosi organik ke dalam medium korosif mampu memperlambat laju korosi dari kupon baja. Oleh karena itu, keberadaan inhibitor korosi di dalam medium korosif terbukti mampu memberikan proteksi terhadap permukaan logam dari kerusakan akibat korosi.

Korosi pada posisi BLC, bottom line corrosion (kupon baja terendam medium korosif) cenderung terjadi dengan laju korosi lebih cepat daripada korosi di posisi TLC, top line corrosion (kupon baja di atas permukaan medium korosif). Hal tersebut menunjukkan bahwa kontak antara logam dengan medium korosif di posisi BLC lebih efektif dan intensif dibandingkan di posisi TLC. Selain itu membuktikan bahwa sikloheksilamina merupakan inhibitor korosi yang volatil.

Daftar Pustaka

1. BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), Outlook Energi Indonesia 2020, Indonesia (2021).
2. S. Matar, Chemistry of Petrochemical Processes. 2nd Edition, Gulf Publishing Co., Texas, USA (2000).
3. B. Irawan, Pengaruh Perubahan Suhu Annealing Hasil Pengelasan SAW Baja API 5L Grade B terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang (2010).
4. A. Y. El-Etre & M. Abdullah, Natural honey as corrosion inhibitor for metals and alloys C-steel in high saline water, Corrosion Sciences, Vol. 42 (2000), p. 731–738.
5. A. P. Teixeira, Reliability of pipelines with corrosion defects, International J. of Pressure Vessels and Piping, Vol. 85 (2008), p. 228–237.
6. S. Martinez & I. S. Tagljar, Correlation between the molecular structure and the corrosion inhibition efficiency of chestnut tannin in acidic solutions, J. of Molecular Structure, Vol. 640 (2003), p. 167–174.
7. L. Nurjanah, Korosi Baja Karbon API 5L Grade B dalam Larutan Asam Asetat Jenuh Karbondioksida yang Diinhibisi Sikloheksilamina dengan Variasi Waktu Perendaman dan Laju Alir, Skripsi, Universitas Padjadjaran, Bandung (2010).
8. H. Kumar & T. Dhanda, Cyclohexilamine an effective corrosion inhibitor for mild steel in 0.1 N H₂SO₄: Experimental and theoritical (molecular dynamics simulation and Frontier Molecular Orbital) study, Journal of Molecular Liquids, Vol. 327 (2021), p. 114847.
9. M. A. G. Valente Jr., L. M. Goncalves, J. P. Filho, A. A. Cardoso, J. A. Rodrigues, C. S. Fugivara, & A. V. Benedetti, Corrosion protection of steel by volatile corrosion inhibitors: vapor analysis by gas-diffusion microextraction and mass loss and electrochemical impedance in NaCl deliquescence test, J. Braz. Chem. Soc. (2020), Vol. 31, No. 10, p. 2038–2048.
10. C. G. Dariva & A. F. Galio, Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications, Developments in Corrosion Protection Chapter 16, INTECH (2014), p. 365–379.
11. Halimatuddahlia, Pencegahan Korosi dan *Scale* pada Proses Produksi Minyak Bumi, USU Digital Library, Medan (2003).
12. S. Widharto, Karat dan Pencegahannya, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta (2001).
13. Alabama Spelcialty Products Incorporation (ALSPI), Corroton Coupons and Weight Loss Analysis, <http://metalsamples.com>. 15 Juli 2022.
14. R. Govindasamy & S. Ayappan, Study of corrosion inhibition properties of novel semicarbazones on mild steel in acidic solutions, J. Chil. Chem. Soc., Vol. 60 No. 1 (2015), p. 2786–2798.
15. D. A. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, Macmillan Publishing Co., Singapura (1992).
16. P. Atkins, J. de Paula, J. Keeler, Atkins' Physical Chemistry, 11th Edition, Oxford University, New York (2016).
17. A. D. Usman, A. F. Victoria, L. N. Okoro, Weight loss corrosion study of some metals in acid medium, J. of Advances Chemistry, Vol. 11 No. 2 (2016), p. 3434–3440

IDENTIFIKASI ZONA AKUIFER MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS-DC DI DAERAH KIPAS LAVA PEGUNUNGAN MALABAR KABUPATEN BANDUNG JAWA-BARAT

ASEP HARJA ¹*, BERLIANA AYU APRILIA ², KUSNAHADI SUSANTO, DINI FITRIANI ¹

¹*Departemen Geofisika FMIPA, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat*

²*Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat*

*email : a.harja@unpad.ac.id

Abstrak. Daerah Haruman memiliki kondisi air yang cukup melimpah saat musim hujan maupun musim kemarau yang ditandai dengan perkebunan yang cukup subur. Maka dari itu, dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi zona akuifer berdasarkan persebaran nilai resistivitas batuan. Selain itu, untuk melihat kemenerusan akuifer dilakukan pengukuran saat musim hujan. Metode yang digunakan adalah metode resistivitas DC dengan konfigurasi Schlumberger. Hasil penelitian telah menunjukkan terdapat tiga lapisan di daerah penelitian, yaitu lapisan akuiklud, akuifer, dan akuifug. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah dibawah 20 Ωm yang diidentifikasi sebagai lapisan akuiklud. Lapisan ini mampu menyimpan air tetapi tidak dapat meloloskan air. Lapisan batuan dengan nilai resistivitas pada rentang 20 Ωm – 100 Ωm merupakan kelompok batuan resistivitas menengah yang diidentifikasi sebagai akuifer yang bersifat permeable. Lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas di atas 100 Ωm diindikasikan sebagai batuan breksi vulkanik yang bersifat akuifug atau tidak dapat menyimpan maupun meloloskan air (impermeable). Dengan tidak adanya lapisan akuifug di atas lapisan akuifer, maka diperkirakan akuifer pada daerah penelitian merupakan akuifer dangkal yang bersifat bebas (Unconfined Aquifer) dengan kedalaman kurang dari 40 meter.

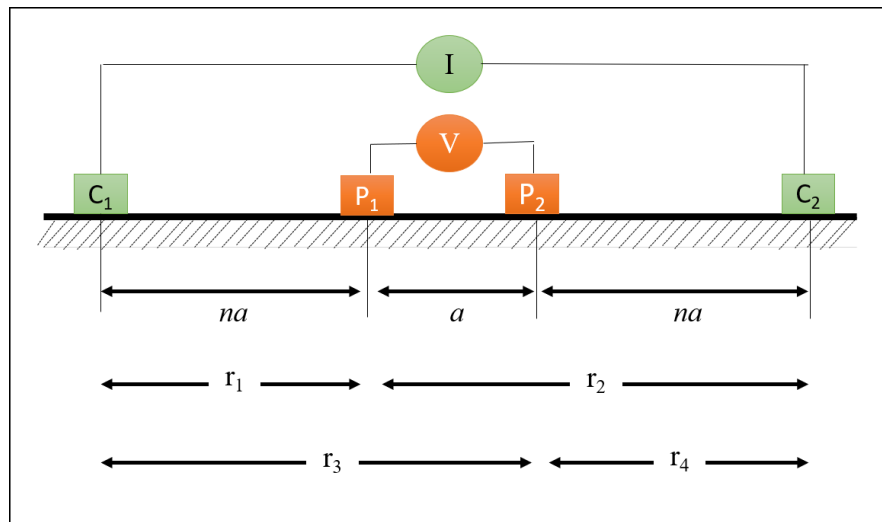
Kata kunci: metode geolistrik, resistivitas, akuifer

Abstract. Haruman area have abundant water conditions during rainy or dry seasons which are marked by fertile estate. Therefore, this research aims to identify the aquifer zone based on the distribution of rock resistivity. In addition, to see the continuity of aquifer, measurements were made during rainy seasons too. The method used in this research is geoelectric resistivity method with Schlumberger configuration. The results of the study have shown that there are three layers in the study area, namely aquiklud, aquifer, and aquiklud layers. Layers which have low resistivity value less than 20 Ωm are identified as aquiklud layers. This layer is able to keep water but can not allow the water. Layers that have resistivity values with range 20 Ωm – 100 Ωm identified as aquifer. Layers that have resistivity values above 100 Ωm identified as volcanic breccia that can not slip off the water (impermeable). Based on interpretation data, it is estimated that the aquifer in this area is shallow unconfined aquifer with a depth of aquifer is 40 meters.

Keywords: geoelectrical method, resistivity, aquifer

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan air yang berada dan tersimpan di dalam tanah. Kedalaman setiap air tanah di setiap tempat berbeda-beda tergantung kedudukan lapisan air tanah tersebut. Akuifer berada pada lapisan tanah yang bersifat *permeable* khususnya di pegunungan. Sebagian besar daerah pegunungan maupun perbukitan ditanami oleh perkebunan yang subur. Oleh karena itu, sebagian besar warga desa memanfaatkan air untuk kepentingan perkebunan. Kondisi air tanah yang melimpah dan mata air di musim kemarau menjadi hal yang menarik dijadikan penelitian dalam bidang hidrologi maka untuk memperoleh kondisi air tanah di suatu daerah dilakukan pengukuran resistivitas yang dikorelasikan antara batuan dengan air pada daerah penelitian.



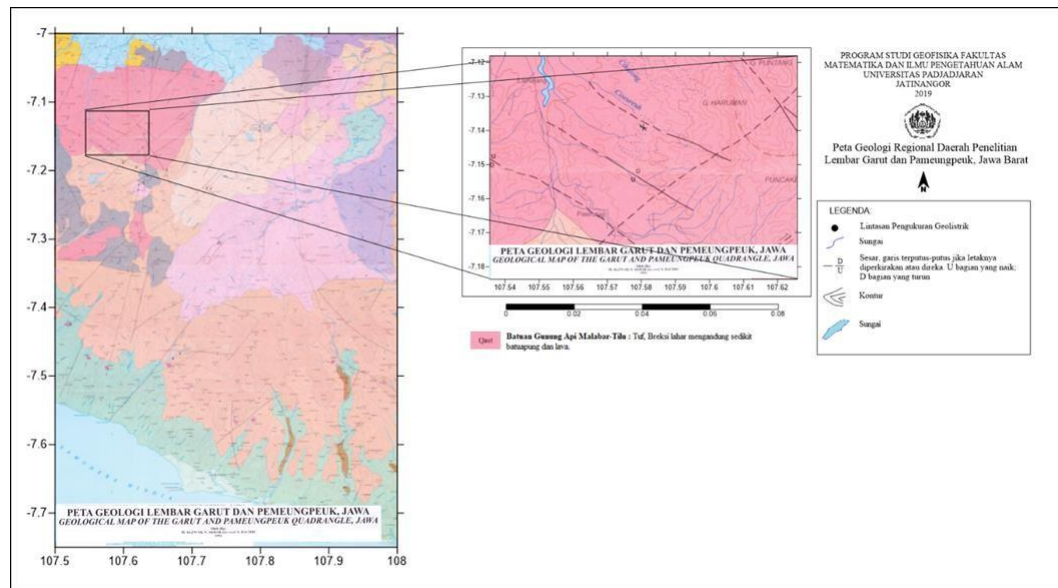
Gambar 1. Susunan Konfigurasi Schlumberger

Survey awal dibutuhkan untuk mengetahui kondisi lapisan tanah bawah permukaan begitu pun untuk pendugaan adanya lapisan akuifer. Metode geofisika yang banyak digunakan untuk survey struktur dangkal yang terkait dengan penentuan bidang gelincir [1], untuk mendapatkan lapisan tanah keras [2] dan lapisan akuifer adalah metode resistivitas [3, 4, 5]. Dari beberapa metode resistivitas yang sudah banyak digunakan untuk mengidentifikasi akuifer dan struktur bawah permukaan, metode Resistivitas DC sudah menunjukkan hasil yang baik dalam pendugaan lapisan akuifer dan batuan dilihat dari distribusi nilai resistivitasnya [6, 7, 8]. Metode resistivitas DC *sounding* dapat digunakan untuk menentukan sebaran nilai resistivitas terhadap kedalaman sedangkan metode resistivitas DC *mapping* mempunyai resolusi lateral yang bagus. Konfigurasi *schlumberger* merupakan salah satu metode resistivitas DC yang cocok untuk pendugaan kedalaman lapisan akuifer beserta ketebalannya. Konfigurasi *schlumberger* dilakukan dengan menempatkan elektroda arus dan elektroda potensial di tanah. Elektroda arus berpindah secara bertahap sedangkan elektroda potensial berada di tempat yang tetap (Gambar 1). Hasil yang didapat berupa nilai resistivitas semu yang kemudian diolah menjadi nilai resistivitas sebenarnya. Kedalaman yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya panjang lintasan yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai resistivitas bawah permukaan dan memprediksi kedalaman akuifer daerah penelitian sehingga dapat berguna bagi masyarakat sekitar.

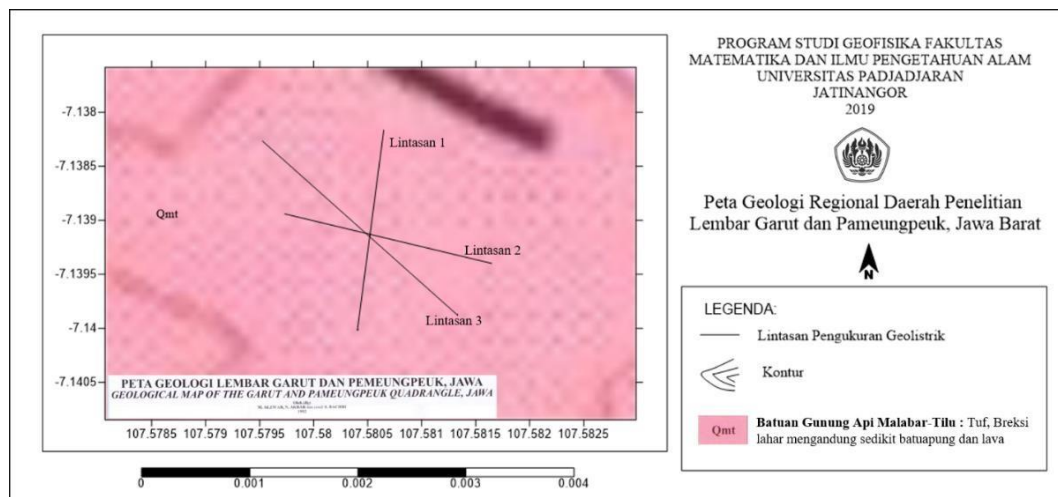
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus dan bulan Desember 2019. Lokasi penelitian terletak di kaki Gunung Haruman, tepatnya di Desa Cimulek, Kecamatan

Cimaung, Kabupaten Bandung (Gambar 2). Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada koordinat $7^{\circ}8'20.661''$ LS ; $107^{\circ}34'49.908''$ BT dengan ketinggian 1300 – 1400 meter di atas permukaan laut.



Gambar 2. Geologi Daerah Penelitian



Gambar 3. Lintasan Pengukuran Geolistrik

Penelitian dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu akuisisi data, pengolahan data, dan interpretasi data. Akuisisi data menggunakan alat-alat diantaranya, Global Position System (GPS), meteran, AGI Supersting R8 Box, dan 28 elektroda. Akuisisi data menggunakan tiga buah lintasan dengan asumsi pada aliran arah akuifer diduga mengalir dari hulu gunung ke hilir gunung. Pengukuran di dua lintasan (lintasan 1 dan lintasan 2) dilakukan pada saat musim kemarau dan satu lintasan (lintasan 3) dilakukan pada saat musim hujan (Gambar 3). Lintasan 1 dan 2 memiliki panjang 210 meter dengan jarak antar elektroda setiap lintasan adalah 7,5 meter, sedangkan lintasan 3 memiliki panjang 270 meter dengan jarak antar elektroda adalah 10 meter. Penelitian ini menggunakan konfigurasi *schlumberger*.

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak EarthImager 2D dengan jenis data yang *diinput* berupa data hasil akuisisi dengan format .stg dan data elevasi dengan format .trn. Interpretasi data dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang sudah diperoleh. Hasil pengolahan berupa penampang lintasan 2D yang berisi informasi sebaran nilai resistivitas batuan bawah permukaan. Nilai resistivitas yang telah diperoleh akan dicocokkan dengan acuan nilai resistivitas batuan yang telah ditetapkan (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai Resistivitas Batuan [9]

No.	Material	Resistivitas (Ωm)
1.	Udara	$\sim$
2.	Pirit/Pyrit	0.01 – 100
3.	Kwarsa/Quartz	500 – 8×10^5
4.	Kalsit/Calcite	1×10^{12} – 1×10^{13}
5.	Garam batu/Rock salt	30 – 1×10^{13}
6.	Granit/Granite	200 – 1×10^5
7.	Andesit/Andesite	1.7×10^2 – 4.5×10^4
8.	Basal/Basalt	10 – 1.3×10^7
9.	Batu gamping/Limestones	500 – 1×10^4
10.	Batupasir/Sandstones	200 – 8000
11.	Batu tulis/Shales	20 – 2000
12.	Pasir/Sand	1 – 1000
13.	Lempung/Clay	1 – 100
14.	Air tanah/Ground water	0.5 – 300
15.	Air laut/Sea water	0.2
16.	Magnetit/Magnetite	0.01 - 1000
17.	Kerikil kering/Dry gravel	600 – 1000
18.	Aluvium/Alluvium	10 – 800
19.	Kerikil/Gravel	101 – 600

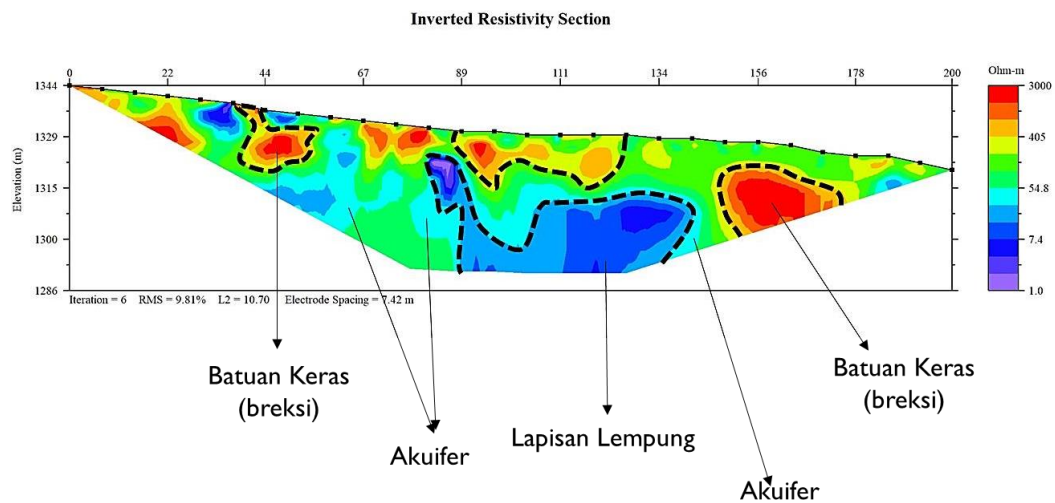
3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengukuran dihitung dan dianalisis menggunakan permodelan inversi dengan menggunakan perangkat lunak EarthImager. Litologi lapisan bawah permukaan pada daerah penelitian dicocokkan dengan tabel referensi nilai resistivitas menurut Telford [9], lalu dikorelasikan dengan kondisi geologi daerah penelitian, dimana litologi daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Gunung Api Malabar-Tilu berupa batuan tufa dan batuan breksi vulkanik yang mengandung sedikit batuapung dan lava [7].

3.1. Lintasan 1

Pengukuran pada lintasan 1 (Gambar 4) mengarah dari arah barat ke timur. Lintasan 1 membentang sejauh 202,5 meter dari arah barat menuju timur dengan jarak antar elektroda sejauh 7,5 meter. Kondisi topografi dari titik *main unit* hingga titik

terakhir cenderung naik. Penampang persebaran resistivitas yang disertai dengan topografi ditunjukkan pada Gambar 4.1. Nilai *error* yang dihasilkan sebesar 9.81%. Persebaran nilai resistivitas dimulai dari 1 Ωm hingga 3000 Ωm . Kedalaman yang dicapai hingga 58 meter. Kondisi porositas batuan mempengaruhi besarnya nilai resistivitas batuan [3, 4, 6]. Semakin besar porositas batuan, maka semakin tinggi nilai resistivitas batuan tersebut.



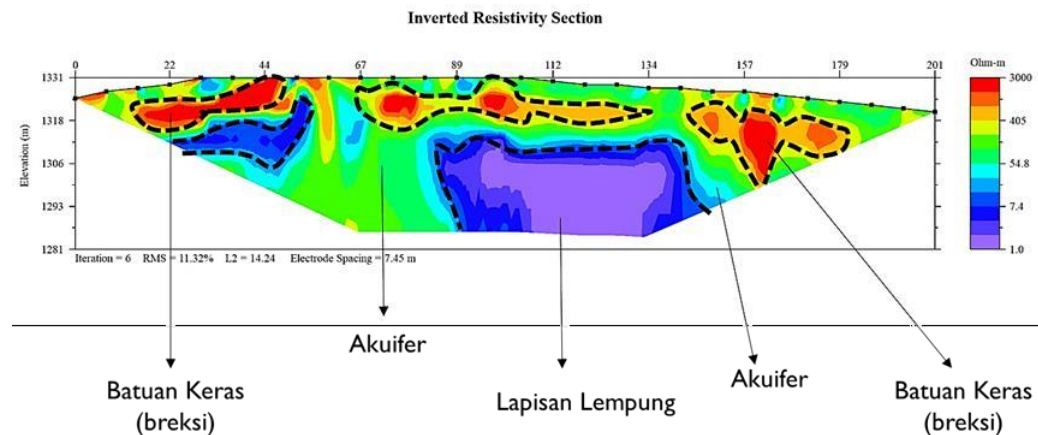
Gambar 4. Penampang Geolistrik Lintasan 1

Berdasarkan hasil penampang, nilai resistivitas dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Nilai resistivitas rendah berkisar antara 1,5 Ωm – 15 Ωm yang ditandai dengan warna ungu hingga biru tua. Nilai resistivitas rendah ini cukup tersebar pada kedalaman 13 meter – 50 meter yang berada pada jarak 90 meter – 150 meter. Nilai resistivitas rendah ini diduga sebagai batuan lempung yang menyimpan air tetapi tidak dapat meloloskan air (akuiklud). Batu lempung mempunyai nilai resistivitas sedang ditandai dengan warna biru muda dan hijau dengan nilai resistivitas pada rentang 20 Ωm – 80 Ωm . Nilai resistivitas sedang ini diduga merupakan lapisan batuan tufa kasar yang dapat meloloskan air dan bersifat *permeable*. Lapisan ini diduga merupakan lapisan akuifer. Pada penampang di atas hampir keseluruhan tersebar nilai resistivitas yang sedang yang menandakan bahwa letak akuifer di lintasan 1 memiliki potensi yang bagus. Kemudian terdapat nilai resistivitas yang tinggi ditandai dengan warna merah. Nilai resistivitas tinggi berada pada jarak 150,5 meter – 180 meter yang berada di kedalaman 6 meter – 23 meter. Nilai resistivitas tinggi diduga berupa batuan lava breksi yang terkubur didalam yang tidak dapat menyimpan dan tidak dapat meloloskan air (akuifug). Nilai resistivitas tinggi ini juga cukup tersebar di daerah sekitar permukaan di kedalaman sekitar 3 meter. Sesuai dengan kondisi di lapangan, memang banyak batuan breksi yang tersingkap.

3.2.Lintasan 2

Lintasan 2 membentang dari arah utara menuju selatan dengan memotong tepat di tengah lintasan 1 agar kedua data dapat dikorelasikan. Kondisi topografi di lintasan 2 cenderung naik kemudian turun dan sekitarnya terdapat perkebunan sayuran.

Nilai *error* yang dihasilkan sebesar 11,2%. Nilai resistivitas rendah berada pada rentang $1\ \Omega\text{m} - 7\ \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna ungu hingga biru tua, nilai resistivitas sedang berada pada rentang $20\ \Omega\text{m} - 100\ \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna biru muda hingga hijau, dan nilai resistivitas tinggi berada pada rentang lebih dari $100\ \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna merah (Gambar 5).

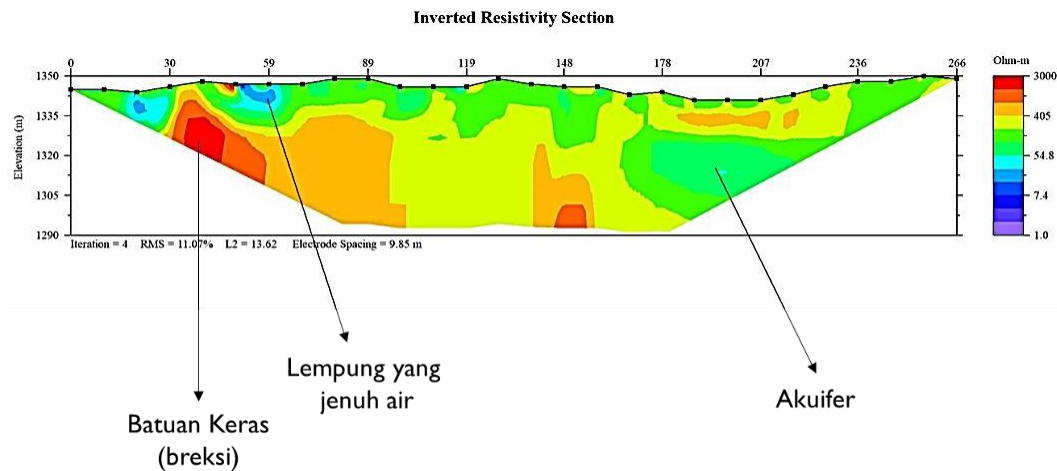


Gambar 5. Penampang Geolistrik Lintasan 2

Nilai resistivitas rendah berada pada jarak (90– 140) meter dengan kedalaman (22 – 50) meter. Nilai resistivitas rendah ini diduga merupakan lapisan batuan yang menjebak air tetapi tidak dapat meloloskan air (*impermeable*). Lapisan ini diduga merupakan lempung yang tersaturasi air. Nilai resistivitas sedang yang ditandai dengan warna biru muda hingga hijau berada tepat disekeliling lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah dan tersebar cukup merata. Nilai resistivitas sedang ini merupakan lapisan batuan tufa kasar yang bersifat *permeable*. Sedangkan daerah dengan nilai resistivitas tinggi yang berada pada jarak (20-46) m , (95-110) m, (22-136) m, dan (144-167) m yang ditandai dengan warna merah diindikasikan sebagai batu breksi vulkanik yang bersifat *impermeable* (tidak dapat meloloskan dan menyimpan air)

3.3. Lintasan 3

Lintasan 3 memotong lintasan 1 dan 2 secara diagonal dari arah tenggara menuju barat daya. Kondisi topografi daerah yang dilalui lintasan 3 cenderung menurun kemudian naik dengan keadaan sekitarnya berupa perkebunan sayuran seperti bawang daun dan pohon jeruk. Nilai *error* yang dihasilkan sebesar 11%. Topografi pada lintasan ini semakin tinggi ke arah tenggara dengan kondisi sekitar terdapat perkebunan jeruk dan sayuran. Nilai resistivitas dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu rendah, sedang, dan tinggi (Gambar 6). Nilai resistivitas rendah mempunyai nilai $1\ \Omega\text{m} - 10\ \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna biru muda. Nilai resistivitas sedang mempunyai rentang nilai $15\ \Omega\text{m} - 100\ \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna hijau. Sedangkan nilai resistivitas tinggi mempunyai rentang nilai lebih dari $150\ \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna merah.

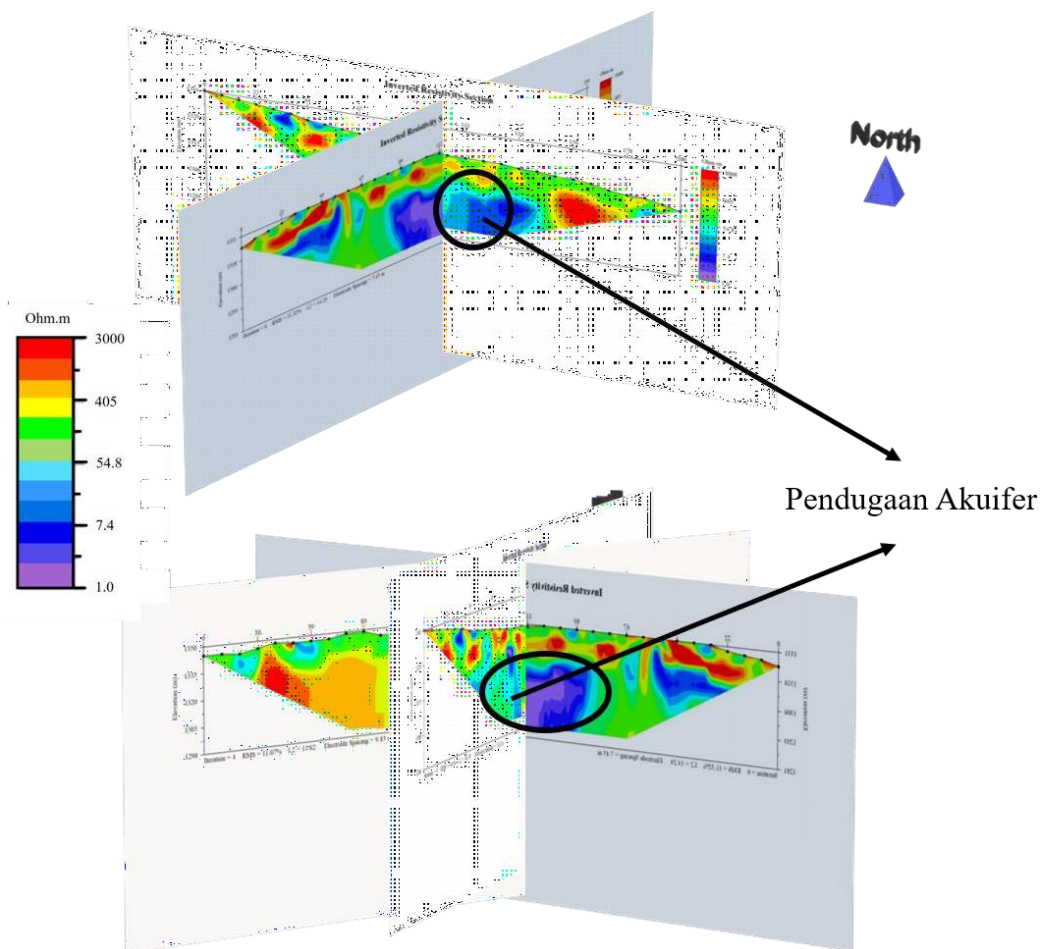


Gambar 6. Penampang Geolistrik Lintasan 3

Nilai resistivitas rendah diindikasikan sebagai lapisan lempung yang dapat menampung atau menahan air tetapi tidak dapat meloloskan air. Nilai resistivitas sedang berada di titik akhir pengukuran diduga merupakan lapisan akuifer yang cukup lebar. Nilai resistivitas besar diindikasikan merupakan batuan yang kompak berupa breksi. Batu breksi tersebut menahan permukaan tanah agar tanah tidak bergerak saat terjadi hujan dan sebagai penahan jalannya aliran akuifer.

3.4. Identifikasi Tipe Lapisan Akuifer

Peninjauan identifikasi lapisan akuifer didasarkan pada rentang nilai resistivitas batuan, jenis lapisan batuan, kedalaman, serta bagaimana sebaran nilai resistivitas tersebut. Berdasarkan hasil penampang (Gambar 7), akuifer cenderung berada di tengah dari setiap lintasan dan tidak terlalu menyebar ke segala arah. Batuan lempung menjadi tempat berkumpulnya air karena batuan tersebut bersifat sukar meloloskan air. Batuan tufa kasar merupakan lapisan akuifer yang dapat menyimpan dan menyekat air. Batuan breksi vulkanik berada di atas lapisan akuifer walaupun tidak terlalu lebar. Dengan demikian, tipe akuifer pada daerah penelitian merupakan akuifer bebas (Unconfined Aquifer) karena akuifer ini terletak di bawah lapisan yang kedap air. Lapisan akuifer yang terlihat di penampang berada pada kedalaman kurang dari 40 meter, sehingga akuifer ini termasuk akuifer dangkal.



Gambar 7. Tampilan Penampang Geolistrik Setelah digabung

4. Kesimpulan

Berdasarkan sebaran nilai resistivitas daerah penelitian, lapisan bawah permukaan dibagi menjadi tiga lapisan, yaitu akuiklud, lapisan akuifer, dan lapisan akuifug. Lapisan akuiklud ditandai dengan lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah dengan rentang $1 \Omega\text{m} - 20 \Omega\text{m}$ berada pada kedalaman dibawah 15 meter. Lapisan ini diidentifikasi sebagai batuan lempung yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat meloloskan air. Lapisan akuifer ditandai dengan lapisan yang memiliki nilai resistivitas sedang dengan rentang nilai $20 \Omega\text{m} - 100 \Omega\text{m}$. Lapisan ini diidentifikasi sebagai batuan tufa kasar yang berada pada kedalaman kedalaman 15 meter kebawah tepat berada di sisi batuan lempung. Lapisan akuifug ditandai dengan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi yaitu $100 \Omega\text{m} - 3000 \Omega\text{m}$ bahkan lebih. Lapisan ini diduga batuan breksi vulkanik.

Lapisan akuifer mempunyai kondisi porositas yang baik yang ditinjau dari litologi akuifer tersebut. Batu tufa kasar memiliki kondisi porositas dan permeabilitas yang baik untuk meloloskan air sehingga batu tufa kasar dijadikan sebagai lapisan yang baik untuk menyusun akuifer. Tipe akuifer pada daerah penelitian merupakan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akuifer dangkal kurang dari 40 meter.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Erispro LPDP, DikTi dan DRPMI Unpad seluruh seluruh pihak yang telah memberikan izin, dukungan, dan bantuan selama proses penelitian. Terutama kepada pihak Program Studi Geofisika Universitas Padjadjaran

Daftar Pustaka

1. Santoso, B., Wijatmoko, B., Supriyana, E., *Identifikasi Bidang Gelincir Berdasarkan Paramaeter idika Batuan (Studi Kasus: Daerah Rawan Longsor Di Jalan Kereta Api KM 110, Purwakarta*, Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika, Vol. 4 No. 02 (2020), 123-130. 10.24198/jiif.v4i2.27579
2. Mashudi, Nurhasanah, Muhandi, *Identifikasi Kedalaman Lapisan Tannah Keras Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Studi Kasus: Jalan Kota Pontianak)*, Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika, Vol. 05, No. 1, (2021) 59-64. 10.24198/jiif.v5i1.31227
3. Fazriati, E., Purnama, A., Algifari, G.A., Muslimah, I.S.A., Sumanto, F.H.P., Kirana, K.H., & Susanto, K., *Cross-Section Resistivity Detection of Tree (Swietenia Magahoni and Gmelina) Using ERT Method*. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 8(1) (2022), 39–44.
4. Montahaei, M., *Audio-Magnetotelluric Modeling for 2D Characterization of Shallow Sedimentary Basins and Groundwater System in Central Zagros, Iran*, Pure Appl. Geophys. 179 (2022), 4567–4594.
5. Susilawati, A.; Niode, M.; Surmayadi, M.; Pratomo, P.M.; Nurhasan; Mustopa, E.J.; Sutarno, D.; Srigutomo, W., *Resistivity and Density Structure of Limboto Lake—Pentadio, Gorontalo, Indonesia Based on Magnetotelluric and Gravity Data*. Appl. Sci. (2023), 13, 644. <https://doi.org/10.3390/app13010644>.
6. Anisa, Nurhakim, Novianti, YS., *Hidrologi dan limnologi danau bekas tambang aluvial Kota Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan*, Jurnal Himsapta, Vol. 7 No. 3 Desember 2022 : 143-146.
7. Harja, A, Ma'arif F.R., Nanda, M.D., Duvanovsky, A.A., Tangke, T. , Zhilal Ikhwana Shafa, Z.I., Fillsanim S., Gunawan, I., , Susanto, K., *Studi Hidrogeofisika Gunung Malabar Sebagai Gunung Tertinggi pada Sistem Hidrologi Cekungan Bandung*, Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral Vol. 22 No. 4 Nopember 2021 hal. 223-230.
8. Telford, M.W., et al, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press (1976)
9. Deden Zaenudin M., Boy Yoseph CSSSA, Undang Mardiana, Muhammad Kurniawan Alfadli, Febriwan Mohammad, *Sistem Akuifer Air Tanah Daerah Sukomoro, Kabupaten Banyuasin – Sumatera Selatan*, Dinamika Rekayasa Vol. 17 No. 2 (2021) Hal. 137 – 147.

CHARACTERISTICS OF GRAPHENE LIKE MATERIAL SYNTHESIZED FROM COMMERCIAL ACTIVATED CARBON OF COCONUT SHELL USING A MODIFIED HUMMERS METHODS

DEWI ASANINGSIH AFFANDI, NORMAN SYAKIR, FITRILAWATI *

*Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21 Jatinangor, Sumedang 45363 Indonesia*

**email : fitrilawati@unpad.ac.id*

Abstract. Commercial activated carbon of coconut shell (CS) was used as the raw material for synthesis of graphene like material using modified Hummers method. The structure of carbon CS is amorphous and contains natural minerals such silica, potassium, magnesium and calcium as impurities. Prior to use, we carried out a thermal pre-treatment process (heating) on CS in order to remove the impurities. Pieces of CS were grounded to the size of 200 mesh (CS1), then heated at a temperature of 850°C with heating rate 5°C/min for 2 hours in a furnace. The obtained material was referred as CS2. A precursor of CS1 or CS2 were mixed with sulfuric acid solution until homogen in a glass beaker that placed in an ice bath. Then, potassium permanganate powder was slowly added into the solution while stirring. After that, distilled water and H₂O₂ were added into the solution to stop the oxidation process. The produced precipitate was passed through purification, ultrasonication and drying processes. The obtained material synthesized from CS1 is referred as H-CS1 and the one synthesized from CS2 is referred as H-CS2. The characterization results using FTIR, Raman, XRD and Uv-Vis show the obtained materials have characteristic as reduced graphene oxide (rGO) with ID/IG = 1.0056 in H-CS1 and ID/IG ratio = 0.9476 in H-CS2. This result indicates that thermal pre-treatment process has lower impurity and defect on H-CS2.

Keywords: graphene, coconut shell activated carbon, modified Hummers method

Abstrak. Karbon aktif komersial yang terbuat dari tempurung kelapa (CS) digunakan sebagai bahan baku sintesis bahan graphene like menggunakan metode Hummers yang dimodifikasi. Struktur karbon CS bersifat amorf dan mengandung mineral alami seperti silika, kalium, magnesium, dan kalsium sebagai pengotor. Sebelum digunakan, dilakukan proses pre-treatment secara termal (pemanasan) pada CS untuk menghilangkan pengotor. Butiran CS dihaluskan hingga berukuran 200 mesh (CS1), kemudian dipanaskan pada suhu 850°C dengan laju pemanasan 5°C/menit selama 2 jam dalam furnace. Bahan yang diperoleh disebut sebagai CS2. Bahan CS1 atau CS2 dicampurkan dengan larutan asam sulfat sampai homogen dalam gelas beaker yang ditempatkan dalam ice bath. Kemudian, bubuk kalium permanganat perlahan ditambahkan ke dalam larutan sambil diaduk. Setelah itu, ditambahkan akuades dan H₂O₂ ke dalam larutan untuk menghentikan proses oksidasi. Endapan yang dihasilkan kemudian difurifikasi, ultrasonikasi dan dikeringkan. Bahan yang disintesis dari CS1 disebut sebagai H-CS1 dan yang disintesis dari CS2 disebut sebagai H-CS2. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR, Raman, XRD dan Uv-Vis menunjukkan bahan yang diperoleh memiliki karakteristik sebagai reduced graphene oxide (rGO) dengan ID/IG = 1,0056 pada H-CS1 dan rasio ID/IG = 0,9476 pada H-CS2. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pre-treatment secara termal telah mengurangi ketidakmurnian dan cacat pada H-CS2.

Kata Kunci: graphene, karbon aktif tempurung kelapa, metode Hummers yang dimodifikasi

1. Introduction

Coconut shell is the hardest part of the skin that protects coconut fruit, which contains organic elements such as carbon about 18.29% [1]. Coconut shells become waste from the coconut processing industry, so utilization of coconut shell waste is important to obtain high economic value and functionalization. Coconut shell can be processed into activated carbon materials and used as adsorbents. Activated carbon is produced from the carbonization process, which can increase its carbon content to 76.32%. The activation process increases surface area of activated carbon to 185.447 m²/g [1]. High surface area of activated carbon lead to an adsorption efficiency of 88.37 – 93.3% and an adsorption capacity of 320.5 mg/g, which is larger than other biomass materials such as rice, banana fiber, coffee peel, spruce, and pistachio nut shells [1,2].

However, the adsorption capacity of activated carbon is still much smaller compared to other carbon materials such as carbon nanotube (CNT), graphene, graphene oxide, and reduced graphene oxide (rGO). The raw material to obtain rGO is graphite, which has an orderly arrangement of carbon atoms and is generally produced using the chemical method. Some of these chemical methods to obtain graphene oxide are Brodie, Staudeumaier's, and Hummers [3,4,5]. Previous research has said that graphene synthesis results are best produced using Hummers. Hummers method much more oxidized than Staudeumaier's method [6].

In the Hummers method, NaNO₃, H₂SO₄ and KMnO₄ are used in synthesis process. In the method, the synthesis results in heavy metal ions (Mn²⁺) and there is also risk of explosion due to a presence of unstable and highly reactive Mn₂O₇ gases. Thus, some studies have modified the Hummers method by removing NaNO₃ materials, and only use H₂SO₄ and KMnO₄ [7]. The method has the advantages such simple, lower production costs, materials used are environmentally friendly, and require faster reaction time [8]. However, there are obstacles in making rGO using graphite as raw materials because it is expensive since difficult to obtain due to tightening supply from China and Africa, and increasing demand [9]. Therefore, it is important to obtain an alternative of raw materials that have a high carbon content. Activated carbon of coconut shell (CS) is one of raw material candidates to obtain reduced graphene oxide.

Carbon raw materials from natural materials have an amorphous structure or irregular arrangement of carbon atoms with a low microcrystalline layer orientation and direction. Therefore, it is necessary to carry out an heating process (thermal pre-treatment) to improve the regularity of carbon atoms so it will close to the natural graphite. Previous research successfully obtained semi-crystalline coconut shell carbon by heating at 1.500°C [10]. The chemical activation process using KOH then continued the heating process at a temperature of 800°C. In the pyrolysis process, tar products can be removed due to further heating at temperatures above 800 °C [10].

In this study, we synthesis graphene like material from commercial activated carbon of coconut shell using modified Hummer method and investigate an effect of the pre-treatment at higher temperature on the characteristics of the obtained material.

2. Methods

The commercial activated carbon of coconut shell (coconut shell, CS) was obtained in the localmarket. The CS pieces were grinded, then sifted through a 200-mesh

screen and the results was referred as CS1. The CS1 were pre-treated by heating in the furnace at 850°C for 2 hours with a heating rate of 5°C/minute in air. Then, carbon powder was washed using aquades to remove ash with a ratio of 1:10. The solution was filtered using filter paper to obtain a precipitate and dried using an oven at 100°C for 1 hour. The pretreated carbon powder was referred as CS2.

The synthesis of rGO was carried out using the modified Hummers method. A concentrated sulfuric acid solution of 93 mL (H_2SO_4 , 95–97%, Merck) was slowly poured into a glass beaker that placed in an ice bath. Then, 4 grams of CS1 or CS2 powder were added to the solution and stirred until homogen. After that, 12 grams of potassium permanganate (KMnO_4) powder was slowly added into the solution while stirring. During the process an oxidation reaction occurs and temperature was controlled not to exceed 10°C. Then, the ice bath was replaced with an oil bath, and the solution remains stirring for 30 minutes, until the solution turns into a paste. A total of 200 mL of aquades was slowly added and stirred for 15 minutes. Furthermore, aquades in the amount of 333 mL were added into the solution, followed by added 10 mL hydrogen peroxide solution (30% H_2O_2 , Merck) and stirred for 1 hour. The solution was then precipitated to produce a solid (paste) and liquid phase. The liquid phase part was removed and the solid phase (paste) was taken.

The paste was purified by dissolved it in hydrochloric acid (HCl, 5%) and aquades with a ratio of 1:20. The obtained products were a centrifugated at a speed of 4,000 rpm and then re-dispersed in 200 mL aquades. Exfoliation of the product was carried out by a sonication process using an ultrasonication bath at room temperature for 30 minutes. Then followed by centrifugation at a speed of 4,000 rpm to obtain a paste. The pasta was oven-dried at 100°C for 2 hours. The obtained products were referred as H-CS1 and H-CS2 powder.

Characterization using JEOL JSM 6510LA Scanning Electron Microscopy/Energy Disperse X-Ray Spectroscopy (SEM/EDS) to measure surface morphology and sample composition. UV-Vis spectrometer (Shimadzu UV Spectrophotometer UV-1800) was used to measure the absorbance spectrum of obtained product. Fourier Transform Infrared Spectroscopy was used to identify the functional groups of the sample. Characterization of X-Ray Diffraction (Bruker D8 Advance) to determine the structure of the product and Raman spectroscopy (HORIBA) to observe defects or irregularities of samples.

3. Results and Discussion

Figure 1 shows a surface morphology of the commercial activated carbon from coconut shell that used to synthesize graphene like material. Small piece of the activated carbon was shiny black in color. It was reported that the black color are characterizes of materials that have gone through a carbonization process and composed of carbon atoms. It has a rough pore surface texture and irregular pore distribution. These pores were might formed during the activation process and resulted a bigger pore. Due to a carbonization and activation processes, an evenly homogeneous black flat section reveals that the material is dominated by organic elements carbon.

The white part of the material around the pores indicates another element (inorganic) that identified as impurity. EDS measurement shows that commercial activated carbon from coconut shells contain other elements (inorganic) such as silica, potassium, magnesium, and calcium as shown in Table 1. The amorphous element of the activation carbon might enter the material during a production process. Natural mineral elements found in coconut shell raw materials are silica (0.2%) and potassium (1.4%) [11]. The mass percentage of elements (K, Si, and Mg) in the coconut shell is not as high as the biomass material of rice husks.

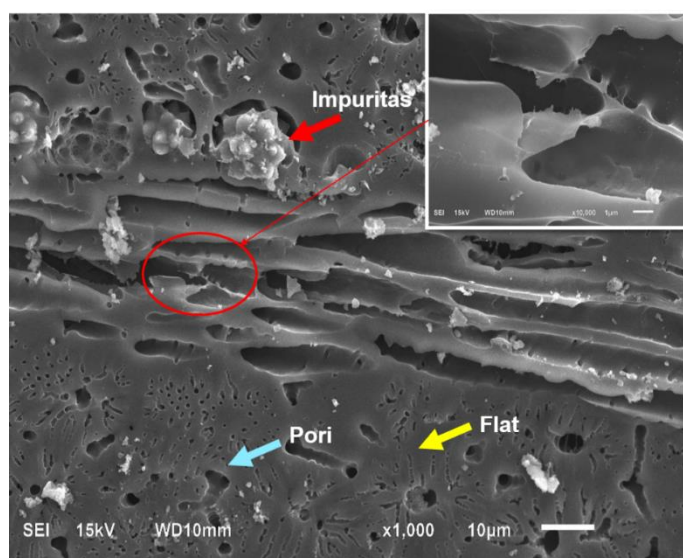


Figure 1. Morphology of Raw material coconut shell (CS1)

Table 1. Composition coconut shell Raw Material (CS1)

Element	%Massa
C	32,86
O	37,11
Mg	1,07
Si	3,70
K	0,55
Ca	24,70

Figure 2. shows FTIR spectra of CS1 material that has absorption band at 3189.57 cm^{-1} which is hydroxyl functional group (O-H), carboxyl group (C – O - OH) peak at 2096.18 cm^{-1} , C=C at 1438.84 cm^{-1} and a peak of carbonyl group absorption (C=O) at 1586.13 cm^{-1} . The ether group (C-O) has bands in the range ($1300 - 800\text{ cm}^{-1}$), Alkane group (C-C) at 491.94 cm^{-1} and (C-H) at 774.97 cm^{-1} . It was identified that there was a functional group Ca – O at 875.5 cm^{-1} which is impurity.

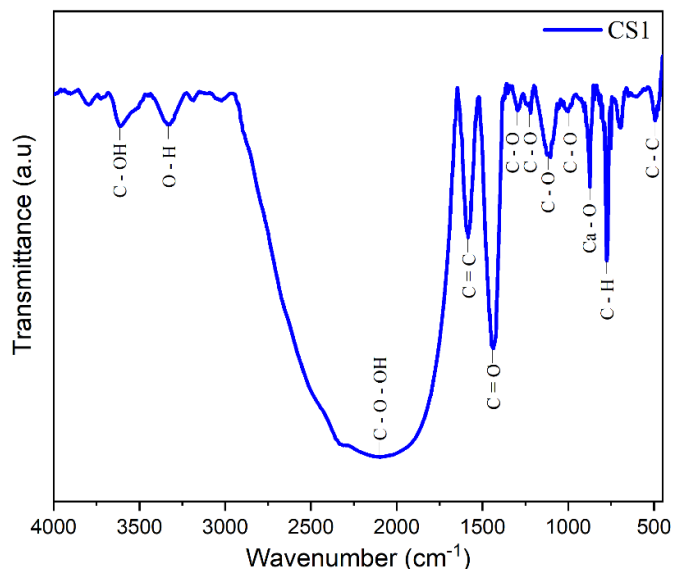


Figure 2. Functional groups in raw materials of activated carbon powder of coconut shell (CS1)

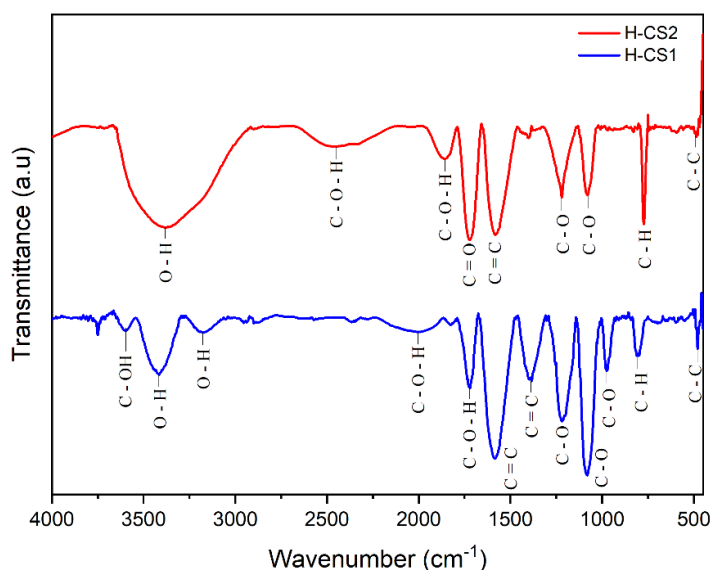


Figure 3. Comparison of functional groups of graphene like material obtained using modified Hummers method from activated carbon of coconut shell without pre-treatment process (H-CS1) and the one with pre-treatment process (H-CS2)

Figure 3. shows functional groups of C = C and O - H are indicated that the synthesized material, H-CS1 and H-CS2, are rGO. The two functional groups are bound to each other and form a hexagonal structure of carbon atoms, which are located in the rGO layer [12]. The aromatic functional group (C = C) in H-CS1 at (1395 and 1583) cm^{-1} , while on H-CS2 material, at 1580,32 cm^{-1} . The figure also shows a presence of absorption bands resulting from the vibration of epoxy functional groups (C - O) at 972 cm^{-1} , 1082,6 cm^{-1} and 1217.55 cm^{-1} . The absorption band of the carbonyl functional group (-C-O- or C=O) at H-CS1 is much sharper compared to H-CS2. While H-CS2 material has a much sharper hydroxyl

functional group (O-H) at $3383,29\text{ cm}^{-1}$ compare to H-CS1. An increase of temperature in the pre-treatment process causes a loss of impurity such as calcium [13]. The presence of a higher oxygen group in H-CS2 due to oxidation because the pre-treatment process was done on air, not in inert atmosphere.

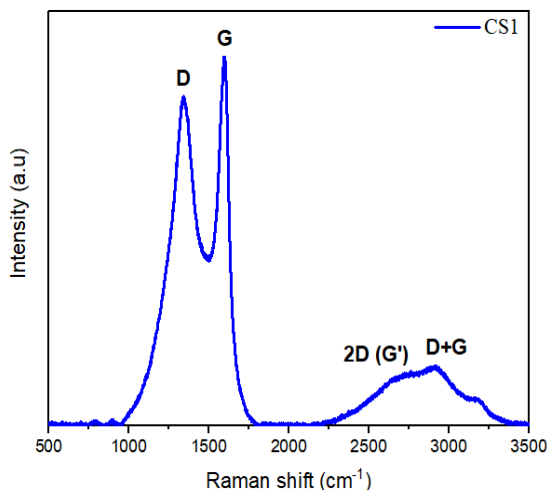


Figure 4. The Raman spectrum of the raw material (CS1)

The Raman spectrum of 200-mesh commercial activated carbon of coconut shell as raw material (CS1) is shown in Figure 4. The CS1 sample has the D band at $1339,15\text{ cm}^{-1}$ with an intensity of $I_D = 395,767$ and G band at $1596,89\text{ cm}^{-1}$ with an intensity of $I_G = 440,656$. Besides, it also has 2D band at $2710,05\text{ cm}^{-1}$ with an intensity of $I_{2D} = 61,738$ and $I_{(D+G)}$ at $2695,62\text{ cm}^{-1}$ with an intensity of $I_{(D+G)} = 57,15$. Ratio $I_D/I_G = 0,8981$ in CS1, which is higher compared to previous studies on activated carbon coconut shell (ACCS) with $I_D/I_G = 0,69$ [14]. The higher value of the CS1 indicates that the defect in CS1 material is much higher. Defects in the structure of a material are caused by the presence of other elements (impurities). The impurity is in the form of oxygen content due to the carbonization process

The shape of the raman spectra of H-CS1 and H-CS2 samples shown in Figure 5 has almost similar with CS1. It is related to D-band and G-band which corresponds to the rGO shape prepared using graphite as raw material [15]. This is caused by the presence of oxygen content which changes the basal makeup of carbon in the material after going through an oxidation process (Hummers modification). Based on the spectra it is obtained the intensity ratio of $I_D/I_G = 1.0056$ in the H-CS1 and $I_D/I_G = 0.9476$ in the H-CS2 sample. rGO material synthesized using *graphite* raw materials has value of $I_D/I_G = 1.01$ [15]. This shows that the intensity ratio of I_D/I_G on H-CS2, is much lower than of H-CS1. The smaller the value of the I_D/I_G ratio, the better the quality of the material since has a lower defect. Pre-treatment process (heating) at a temperature of 850°C , causes the H-CS2 sample has better regularity. Previous research succeeded in obtaining carbon with a semi-crystalline structure by heating at $1,500^\circ\text{C}$ [10].

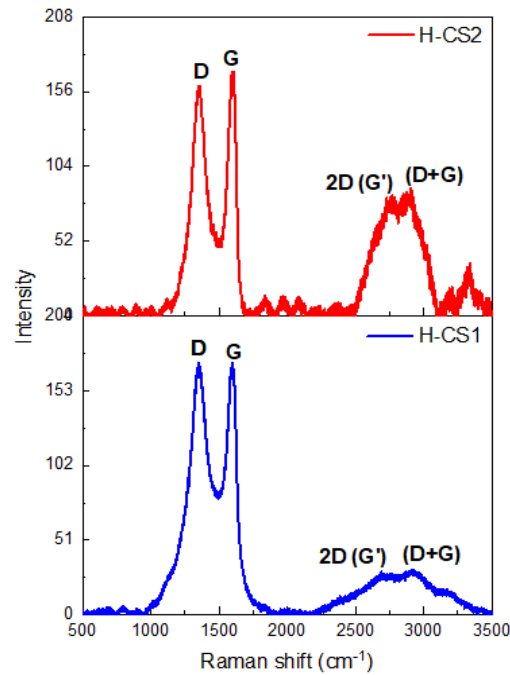


Figure 5. Raman spectra of graphene like material synthesized using the modified Hummers method from activated carbon of coconut shell without pre-treatment process (H-CS1) and the one with pre-treatment process (H-CS2)

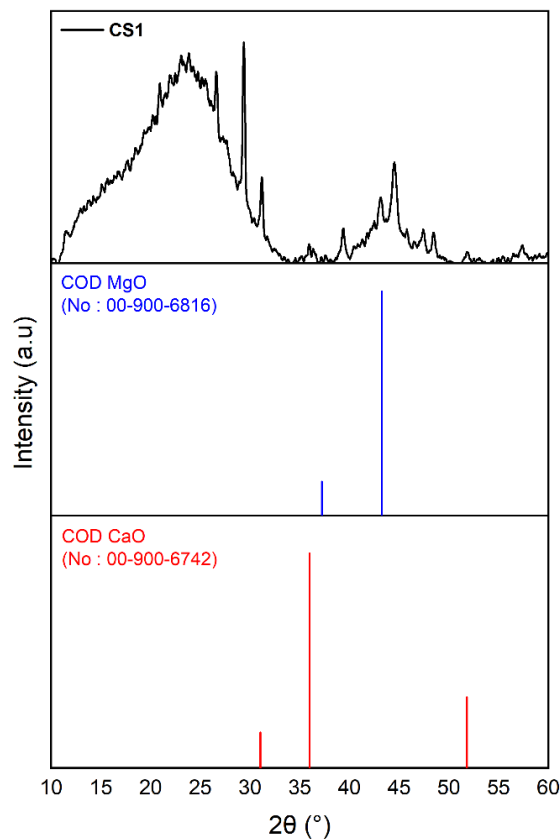


Figure 6. Diffraction peaks of raw materials (CS1)

The structure information of activated carbon of coconut shell compared to COD data are shown in Figure 6. The elements of impurity compounds at the CS1 material are MgO ($2\theta = 43.26^\circ$) and CaO ($2\theta = 31.03^\circ$). The impurity of a natural element (mineral) might enter the raw coconut shell during activation process. Diffraction peak at $2\theta = 23.783^\circ$ is related to orderly carbon atomic structure as reported in previous studies [16].

Peaks related to CaO and MgO impurities are already disappeared in H-CS1 and H-CS2, that might due to chemical reaction during synthesis and thermal pre-treatment process on H-CS2 as shown in Figure 7. Broad peaks in the area $(10-30)^\circ$ related to superposition of two peaks ($2\theta = 15.59^\circ$ and 23.783°) at CS1, ($2\theta = 15.18^\circ$ and 23.99°) at H-CS1 and ($2\theta = 15.63^\circ$ and 23.73°) at H-CS2.

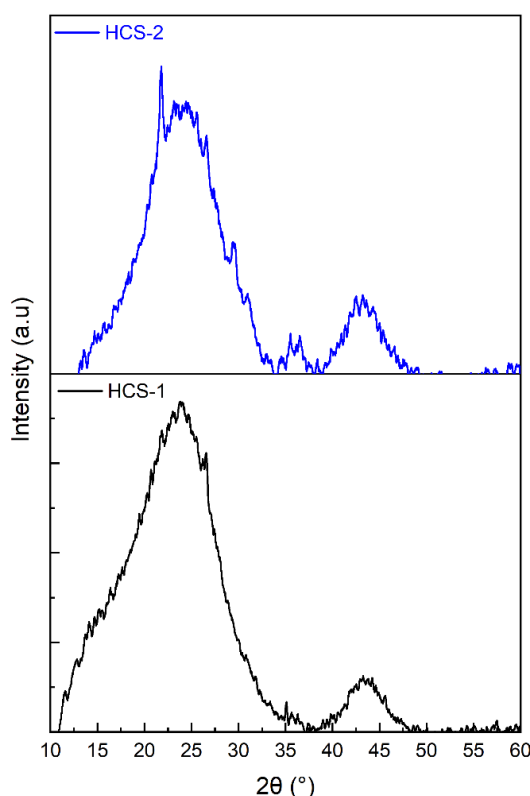


Figure 7. XRD pattern of H-CS1 and HCS-2 obtained from the modified Hummer synthesis

These broad peaks indicate that the material compose of two or more planes that stacking together with different distances layers. Thus, decomposition processing was carried out with the aim to find the component of peaks of diffraction and obtain the percentage of each component. Decomposition was carried out using the Gaussian formula. The decomposition process divided by the total area of the entire diffraction peak curve will represent the percentage (%) of each structure in CS1, H-CS1, and HCS2.

The results of decomposition are shown in Figure 8 which each XRD pattern consist of three peak components. In CS1, the larger percentage of regular structures of carbon atoms is at $2\theta = 23.666^\circ$, which is about 81.716%. Thus, the regular carbon

structure of graphite is the most component in CS1. Then, most component in H-CS1 is at $2\theta = 23.577^\circ$ and in H-CS2 materials at $2\theta = 23.807^\circ$.

Table 2 and Table 3 show decomposition results of CS1, H-CS1 and H-CS2. The three component decomposition indicate that there are varied distance (d) between layers of the carbon plane (two-dimensional structure of graphene) on CS1, H-CS1 and H-CS2. The distance between carbon layers at $2\theta = 23.666^\circ$ related to $d = 3.755 \text{ \AA}$, that is close to $d = 3.34 \text{ \AA}$ of the graphite material [17]. The distance between carbon layers of H-CS1 and H-CS2 are $d = 3.768 \text{ \AA}$ and $3.768 \text{ \AA}$, respectively. The distance of carbon layers of H-CS1 and H-CS2 are also close rGO material of graphite raw material ($d = 3.68 \text{ \AA}$) [17].

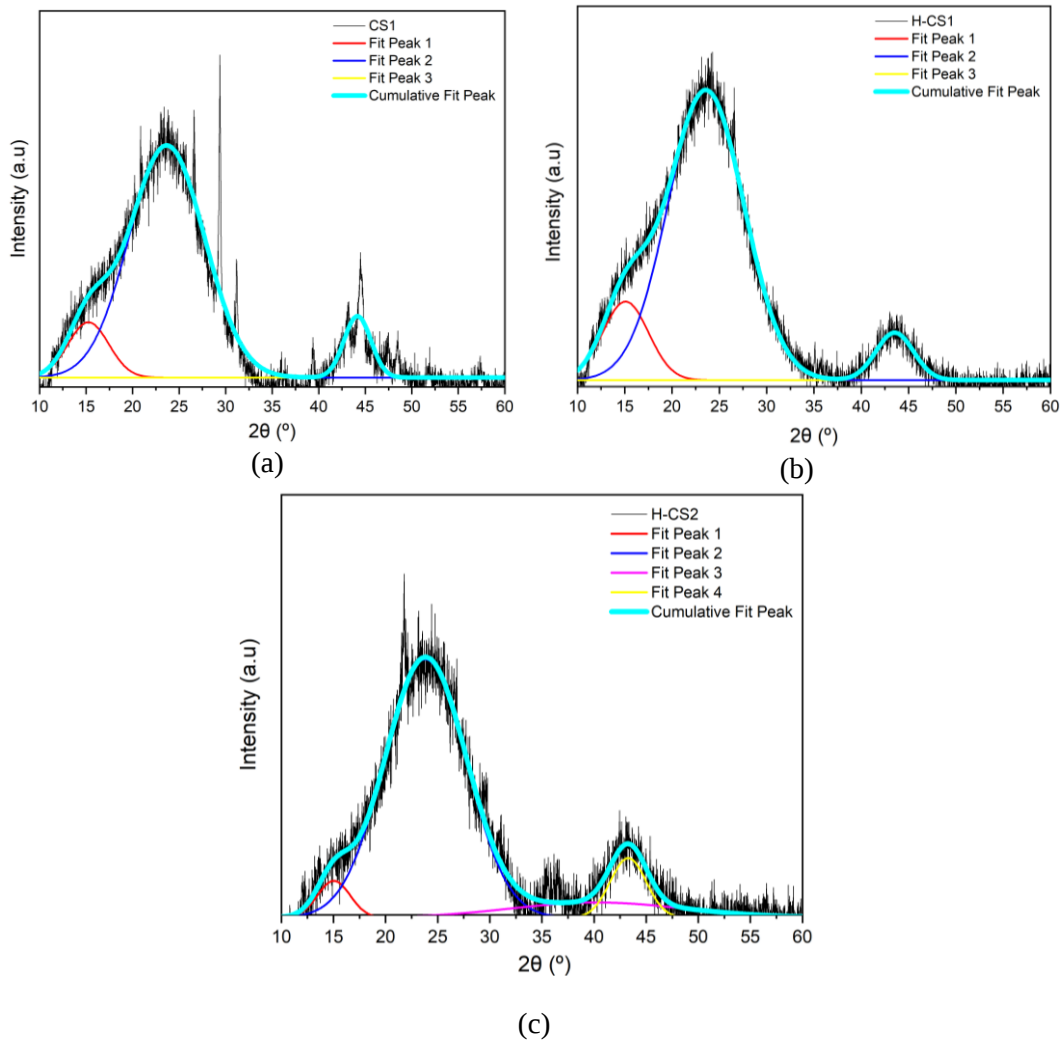


Figure 8. Results of XRD decomposition of (a) CS1 (b) H-CS1 and (c) HCS-2

The diffraction peaks in the H-CS2 are smaller than the H-CS1 sample, namely at the 1st and 4th diffraction peaks, which are marked as shifting to smaller diffraction peak values. The smaller the peak value of diffraction, the greater the distance between the carbon plane layers (two-dimensional graphene structure) in the H-CS2 sample is than that of H-CS1 due to the presence of oxygen groups inserted between the carbon plane layers due to the pre-treatment process.

Table 2. Gaussian decomposition results of CS1

Parameter	Peak 1	Peak 2	Peak 3
2 θ (°)	15,251	23,666	44,16
Wide (w)	5,155	9,534	3,422
Area (A)	444,1	3445,578	326,81
Total Area (A)	4216,488		
Structures (%)	10,532	81,716	7,750

Table 3. Gaussian decomposition results of H-CS1 and HCS-2

Parameter	HCS-1			HCS-2			
	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Peak 4
2 θ (°)	15,088	23,577	45,532	15,032	23,807	40,319	43,283
Wide (w)	5,716	9,463	4,693	3,69	9,223	19,542	4,078
Area (A)	816,88	4991,15	405,21	155,35	2718,34	340,224	277,238
Total Area (A)	6213,238			3491,15			
Structures (%)	13,147	80,330	6,521	4,449	77,864	9,745	7,941

4. Conclusions

The effect of pre-treatment on activated carbon can be seen in the results of rGO synthesis using the modified Hummers method (H-CS1 and H-CS2). Pre-treatment process can eliminate impurities or Ca-O functional groups and increase oxygen groups. The distance between layers of the carbon plane (the two-dimensional structure of graphene) in the H-CS2 sample is greater than that of H-CS1. In addition, the pre-treatment process resulted in the regularity of the double-single bond of carbon, which can be seen from the value of the intensity ratio $I_D/I_G = 0.9476$ in H-CS2 much smaller than $I_D/I_G = 1.0056$ for H-CS1. The lower the I_D/I_G value, the better the material quality with defect and lower impurity.

Acknowledgement

This work was partly funded by Project Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) contract no 2064/UN6.3.1/PT.00/2022 dated 17th March 2022.

References

1. S. Esmar Budi, Hadi Nasbey, Setia Budi, Erfan Handoko, Puji Suharmanto, Ranggi Sinansari, "Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa," in *Seminar Nasional Fisika*, pp. 62–66, 2012.
2. R. H. Khuluk and A. Rahmat, "Removal of Methylene Blue by Adsorption onto Activated Carbon From Coconut Shell (Cocos Nucifera L.)," *Indones. J. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 229–240, 2019.
3. B.C. Brodie, "On the Atomic Weight of Graphite Author (s): B . C . Brodie Source : Philosophical Transactions of the Royal Society of London , Vol . 149

- (1859), pp . 249- Published by : Royal Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/108699> Accessed : 27-04-,” *Philos. Trans. R. Sociaty London*, vol. 149, no. 1859, pp. 249–259, 1859.
4. L. Staudenmaier, “Verfahren zur Darstellung der Graphitslure,” 1898.
 5. W. S. Hummers and R. E. Offeman, “Preparation of Graphitic Oxide,” *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 80, no. 6, p. 1339, 1958.
 6. H. L. Poh, F. Šaněk, A. Ambrosi, G. Zhao, Z. Sofer, and M. Pumera, “Graphenes prepared by Staudenmaier, Hofmann and Hummers methods with consequent thermal exfoliation exhibit very different electrochemical properties,” *Nanoscale*, vol. 4, no. 11, pp. 3515–3522, 2012.
 7. K. Krishnamoorthy, M. Veerapandian, K. Yun, and S. J. Kim, “The chemical and structural analysis of graphene oxide with different degrees of oxidation,” *Carbon N. Y.*, vol. 53, pp. 38–49, 2013.
 8. D. C. Marcano *et al.*, “Improved Synthesis of Graphene Oxide,” *Am. Chem. Soc.*, vol. 4, no. 8, 2010.
 9. S. P. Jon Stibbs, “Multiple factors lead to graphite electrode price surge,” *FastMarket*, 2022. [Online]. Available: <https://www.fastmarkets.com/insights/multiple-factors-lead-to-graphite-electrode-price-surge#:~:text=Fine graphite flake prices surged,tonne on April 1%2C 2021>.
 10. F. R.-R. Harry Marsh, *Activated Carbon*. Elsevier Science & Technology Books, 2006.
 11. A. K. Bledzki, A. A. Mamun, and J. Volk, “Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties,” *Compos. Sci. Technol.*, vol. 70, no. 5, pp. 840–846, 2010.
 12. Samnur *et al.*, “Comparative Study and Characterization of Reduced Graphene Oxide (RGO) and Porous Reduced Graphene Oxide (P-RGO) Based on Coconut Shell Waste,” *J. Nano- Electron. Phys.*, vol. 13, no. 6, pp. 1–6, 2021.
 13. M. Muniyalakshmi, K. Sethuraman, and D. Silambarasan, “Synthesis and Characterization of Graphene Oxide from Coconut Husk Ash,” *Mater. Today Proc.*, vol. 21, pp. 408–410, 2020.
 14. A. N. Mohan, B. Manoj, and S. Panicker, “Facile synthesis of graphene-tin oxide nanocomposite derived from agricultural waste for enhanced antibacterial activity against *Pseudomonas aeruginosa*,” *Sci. Rep.*, no. February, pp. 1–13, 2019.
 15. Y. Chen *et al.*, “Reduced graphene oxide films with ultrahigh conductivity as Li-ion battery current collectors,” *Nano Lett.*, vol. 16, no. 6, pp. 3616–3623, 2016.
 16. T. K. Rout, “Pyrolysis of coconut shell,” *Rourkela*, no. 211, p. 58, 2013.
 17. N. M. S. Hidayah *et al.*, “Comparison on graphite, graphene oxide and reduced graphene oxide: Synthesis and characterization,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1892, 2017.

IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN GUNUNG SEMERU PASCA ERUPSI TAHUN 2022

FIRDHA KUSUMA AYU ANGGRAENI *, SRI ASTUTIK, MUHAMMAD RAFI NURLYAN,
ROSITA DWI UTAMI, ORCHIDA ZHA FIRAH PUTRI, DINDA MAUDINA

*Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember
Jl. Kalimantan No.3, Sumbersari, Jember, Jawa Timur, Indonesia 68121*

**email : firdhakusuma@unej.ac.id*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa material-material limpasan yang dibawa oleh Gunung Semeru untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan setelah erupsi tahun 2022. Metode yang digunakan yaitu metode kualitatif yang dihasilkan dari pengamatan melalui Oasis Montaj. Mencari nilai bouguer kemudian dipisahkan menjadi nilai anomali regional dan anomali residual menggunakan Filter Butterworth. Hasil pengolahan data Gunung Semeru di kabupaten Lumajang diperoleh dengan penggambaran pola Anomali Bouguer Lengkap. Kemudian dipetakan ke dalam kontur dengan software surfer. Anomali Bouguer lengkap gunung semeru dengan sebaran anomali berkisar antara +128,7 sampai +277,9 mGal. Anomali paling rendah ditunjukkan dengan warna biru tua dan anomali tinggi ditunjukkan dengan warna ungu muda. Selanjutnya melakukan slicing anomali residual yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan menggunakan lintasan. Hasil slicing anomali residual berkisar antara -4,2 sampai 2,4 mGal. Pemodelan inversi 2D didapatkan melalui data langsung hasil slicing yang berupa data koordinat x dan y serta data gravitasi yang selanjutnya diolah menggunakan ZondGM2D. Parameter yang cocok observasi (Go) yang digambarkan dengan lingkaran kecil dan komputasi (Gc) yang digambarkan dengan garis lurus.

Kata kunci: Gravitasi, Anomali Bouger, Anomali Residual, Anomali Regional, Pemodelan Inversi 2D

Abstract. This research aims to analyze runoff materials carried by Mount Semeru to find out the description of the subsurface structure after the eruption in 2022. The method used is a qualitative method derived from observations through the Montaj Oasis. Finding the bouguer value which then separated into regional anomaly values and residual anomalies using the Butterworth Filter. The results of data processing on Mount Semeru in Lumajang district were obtained by describing the Complete Bouguer Anomaly pattern. Then, the result is mapped into the contour with the surfer software. The complete Bouguer anomaly of Mount Semeru with anomaly distribution ranging from +128.7 to +277.9 mGal. The lowest anomaly is shown in dark blue and the highest anomaly is shown in light purple. Next, the residual anomaly slicing is carried out which aims to determine the subsurface structure using a trajectory. Residual anomaly slicing results ranged from -4.2 to 2.4 mGal. The 2D inversion modeling is obtained through direct slicing data in the form of x and y coordinates as well as gravity data which is then processed using ZondGM2D. Parameters that match observations (Go) are depicted by small circles and computations (Gc) are represented by straight lines.

Keywords: Gravitation, Bouguer Anomaly, Residual Anomaly, Regional Anomaly, 2D inversion modeling

1. Pendahuluan

Provinsi Jawa Timur secara fisik terdiri dari Gunung api Kuarter yang membentang dari Kabupaten Magetan hingga Kabupaten Banyuwangi. Daerah vulkanik aktif ditandai dengan letusan dengan intensitas rendah hingga sedang. Selanjutnya, bentuk morfologi ini dikendalikan oleh geomorf analitik asli (karst) dan fluvial. Gunung api terbentuk oleh pergerakan dari lempeng Indo-Australia di Samudra Hindia yang mendorong kerak benua ke wilayah Jawa Timur bagian selatan. Oleh karena itu, terjadi penunjaman atau Bergeraknya lempeng tektonik ke bawah lempeng lainnya pada kerak samudera yang disertai dengan pengangkatan kerak benua yang akan membentuk jalur-jalur magma. Gerakan yang terjadi pada gunung api berada pada daerah lereng yang sedikit curam sampai sangat curam serta penyusun gunung api berupa material batuan muda dengan curah hujan sedang sampai lembab [12].

Gunung api adalah rekahan atau lubang kepundan yang berbentuk kerak bumi tempat keluarnya gas atau cairan magma, atau cairan lain yang keluar menuju permukaan bumi. Material ini dihasilkan melalui penggabungan beberapa material dalam satu kesatuan endapan [9]. Material akan dikeluarkan atau diersipkan ke permukaan bumi biasanya dengan membentuk kerucut terpancung. Klasifikasikan gunung api menurut sumber erupsi dibagi menjadi dua, yakni erupsi pusat dan erupsi samping. Erupsi pusat ini merupakan erupsi yang keluar melalui lereng tubuh gunung. Sedangkan erupsi samping bisa dibedakan menjadi dua, yaitu erupsi celah dan erupsi eksentrik. Struktur cekungan dari gunung api dapat dibedakan menjadi struktur rekahan, kawah, graen, depresi vulkanotektonik, dan kaldera. Endapan lahar adalah akuifer yang baik dengan permeabilitas dan porositas yang tinggi, dapat mempengaruhi tingginya potensi curah hujan air tanah yang tinggi [11]. Potensi sumberdaya air berhubungan dengan faktor kondisi geomorfologi [1]. Potensi air yang sangat baik akan mempengaruhi suatu lingkungan menjadi bersih. Kondisi lingkungan yang bersih tentu dapat menyehatkan masyarakat dan mengurangi adanya kemiskinan [5].

Secara garis besar, terdapat dua metode dalam geofisika yaitu metode aktif dan metode pasif. Metode pasif merupakan metode yang dilakukan dengan mengukur medan alami yang dipancarkan oleh Bumi seperti radiasi, medan magnetik bumi, gravitasi bumi, medan listrik dan elektromagnetik bumi. Sementara metode aktif, merupakan metode yang memberikan medan gangguan yang bisa berupa ledakan dinamit, pemberian listrik ke dalam tanah, pengiriman sinyal radar dan lain sebagainya. Pemberian medan gangguan dilakukan untuk mengukur respons yang dihasilkan oleh Bumi. Respons yang dihasilkan kemudian ditangkap dan menjadi data yang diinginkan [7].

Metode dalam geofisika digunakan tergantung dalam kebutuhannya. Dalam dunia eksplorasi gas bumi, metode seismik sering kali digunakan. Metode magnetik digunakan untuk mencari target tambang yang mengandung besi/baja. Penelitian ini menggunakan metode gravitasi karena pengerjaannya cenderung mudah dan dengan biaya yang relatif murah dan bisa digunakan untuk melihat struktur bawah permukaan dengan baik dengan melibatkan densitas batuan yang terdapat dalam permukaan bumi. Metode gravitasi akan memunculkan anomali-anomali yang merupakan hasil dalam penelitian. Anomali dihasilkan karena adanya perbedaan densitas material batuan satu sama lain yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur batuan permukaan bumi. Anomali pada metode gravitasi disebut Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yaitu anomali yang telah dikoreksi

sehingga anomali yang diperoleh hanya dipengaruhi dapag massa dan material batuan penyusun [2].

Terdapat beberapa metode geofisika yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu lapisa permukaan bumi. Pertama terdapat metode geolistrik yang merupakan metode grafitasi dengan memanfaatkan sifat aliran listrik di dalam bumi berdasarkan hukum-hukum kelistrikan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan [3]. Kedua terdapat metode geofisika yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi suatu lapisan permukaan bawah bumi yang didasari oleh variasi rapat massa batuan pada suatu daerah penelitian yaitu dengan menggunakan metode gravitasi [13]. Metode gravitasi dipilih dikarenakan dapat memberikan informasi yang cukup detail tentang struktur geologi dan kontras densitas batuan. Metode gravitasi pada penelitian ini digunakan untuk mengukur suatu percepatan gravitasi di bawah permukaan bumi, karena adanya suaru perbedaan densitas batuan dari suatu daerah.

Berdasarkan uraian di atas peneliti sangat tertarik untuk mengkaji lebih dalam fenomena tersebut. Penelitian ini memiliki tujuan menganalisa material – material limpasan yang dibawa oleh Gunung Semeru untuk mengetahui sketsa struktur bawah permukaan setelah erupsi tahun 2022.

2. Metode Penelitian

2.1. Data Gravitasi

Data yang digunakan untuk penelitian ini berupa data anomali gravitasi sekunder melalui citra satelit yang dapat diakses pada website http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi. Melalui website tersebut didapatkan data topografi dan anomali gravitasi suatu daerah yang dimasukkan adalah posisi geografisnya sehingga didapatkan data yang telah tergrid dengan teratur dalam format ASCII-XYZ. Tidak semua bagian Gunung Semeru termasuk kawasan dalam penelitian ini, adapun kawasan penelitian Gunung Semeru yang diteliti memiliki koordinat batas utara 9111755 UTM Y, batas barat 697379.1 UTM X, batas selatan 9093374 UTM Y dan batas timur 725022.3 UTM X.

2.2. Prosedur Penelitian

Data anomali gravitasi yang didapatkan dari citra satelit dikoreksi sampai koreksi udara bebas, dan koreksi dalam penelitian ini hanya mencakup koreksi terrain dan koreksi Bouguer. Hal pertama yang harus dilaksanakan yaitu memperbaiki terrain (koreksi terrain). Lokasi penelitian dengan struktur topografi yang tidak rata, seperti pegunungan atau gunung, memerlukan koreksi terrain. Sehingga penelitian pada wilayah Gunung Semeru akan menggunakan koreksi medan karena merupakan wilayah gunung.

Langkah pertama yang harus dilakukan sebelum akhirnya mendapatkan koreksi terrain adalah dengan mengkonversi koordinat berupa latitude dan longitude yang didapat dari google earth ke koordinat berupa UTM X dan UTM Y. konversi koordinat tadi dilakukan dengan menggunakan aplikasi surfer. Penggunaan aplikasi surfer dapat dengan mudah mengkonversi koordinat secara otomatis. Setelah didapatkan koordinat berdasarkan UTM, kemudian penghitungan koreksi medan dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi global mapper dan oasis montaj. Aplikasi global mapper digunakan untuk membuat batas berupa grid daerah

anomali regional dan residual yang dimasukkan peta Digital Elevation Modelling (DEM) provinsi Jawa Timur. Data koreksi terrain kemudian bisa diperoleh melalui aplikasi oasis montaj.

Setelah didapatkan koreksi terrain langkah berikutnya yaitu melakukan koreksi Bouguer. Koreksi Bouguer ini didapatkan dari rumus berikut:

$$g_{BC} = 0.04191\rho h \quad (1)$$

dengan ρ merupakan densitas batuan dan h adalah ketinggian dari permukaan laut [14].

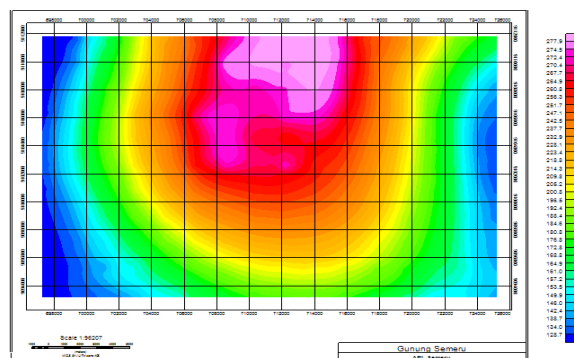
Metode yang digunakan dalam koreksi Bouguer, terhadap rata – rata kerapatan batuan di lokasi penelitian yaitu metode parasnis. Metode parasnis ini untuk mengetahui kerapatan batuan dengan cara melakukan plotting nilai koreksi Bouguer dikurangi dengan koreksi terrain terhadap nilai koreksi udara bebas. Selanjutnya membuat garis lurus yang digunakan untuk mendapatkan gradien dari kurva yang dihasilkan. Nilai gradien ini adalah nilai kerapatan rata-rata pada daerah penelitian. Kemudian, setelah didapatkan nilai koreksi terrain dan Bouguer maka dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai anomali Bouguer lengkap dengan rumus berikut [14]:

$$g_{ABL} = g_{FA} - g_{BC} + g_{TC} \quad (2)$$

Setelah kita melakukan pengolahan data menggunakan *Oasis Montaj*, lalu kita memberikan *Butterworth Filter* untuk dapat mengamati data struktur bawah permukaan Gunung Semeru pada tahun 2022. *Filter butterworth* merupakan jenis filter pengolahan sinyal yang dirancang dengan memiliki sebuah flat respon frekuensi yang memungkinkan dalam suatu passband sehingga disebut dengan maximally flat magnitude filter. Respon dari *filter butterworth* adalah maksimal datar atau tidak memiliki riak pada passband serta memiliki pelemahan yang cukup tajam pada frekuensi stopband. Filter ini memberikan optimasi pada daerah passband [8].

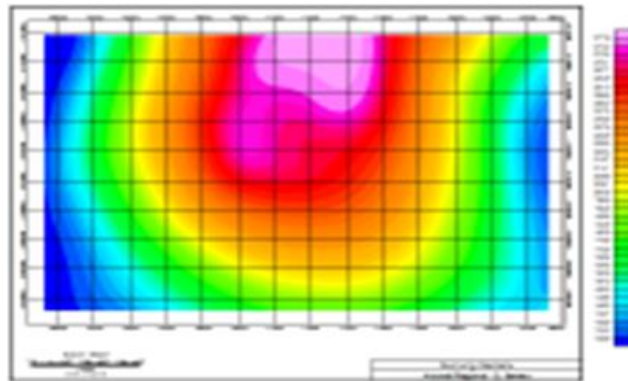
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data Gunung Semeru di kabupaten Lumajang didapatkan dengan penggambaran pola Anomali Bouguer Lengkap. Kemudian dipetakan ke dalam kontur dengan *software surfer* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



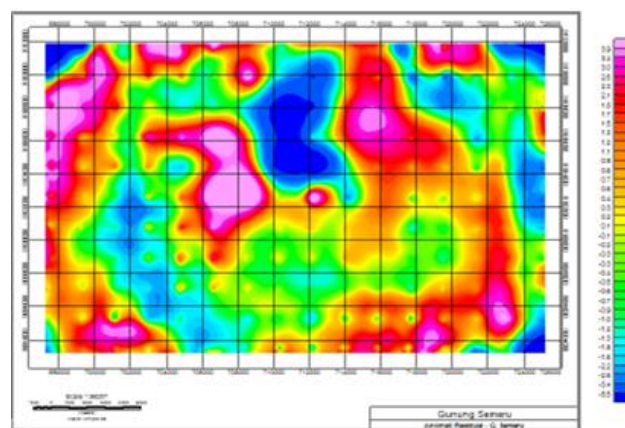
Gambar 1. Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap Gunung Semeru

Gambar 1 menunjukkan anomali Bouguer lengkap gunung semeru dengan sebaran anomali berkisar antara +128,7 sampai +277,9 mGal. Anomali terendah muncul dalam warna biru tua dan anomali tertinggi dalam warna ungu muda. Setelah mendapatkan nilai anomali bouguer lengkap, *Filter Butterworth* digunakan untuk memisahkannya menjadi dua bagian, yaitu anomali regional dan anomali residual. Pada suatu prinsip matematis, ini merupakan proses yang memungkinkan untuk dilakukannya pemisahan anomali karena objek-objek di bawah permukaan akan memunculkan respon gaya berat secara spasial dengan frekuensi yang tinggi dan rendah [5].



Gambar 2. Peta Kontur Regional Gunung Semeru

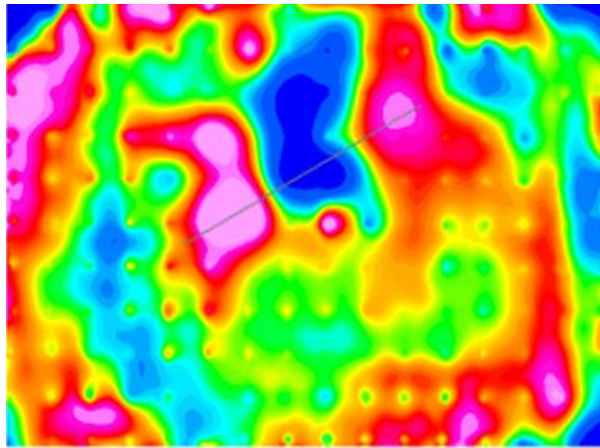
Berdasarkan Gambar 2 Peta Kontur Regional menunjukkan persebaran anomali tinggi, anomali sedang, dan anomali rendah. Nilai anomali regional berkisar antara +128,5 sampai +277,9 mGal, nilai anomali tinggi berkisar antara +232,9 sampai +277,9 mGal, nilai anomali sedang berkisar antara +188,5 sampai +228,2 mGal, dan nilai anomali rendah berkisar antara +128,5 sampai +184,6 mGal. Keberadaan anomali tinggi dapat diinterpretasikan dengan adanya batuan beku, sedangkan keberadaan anomali rendah dapat diinterpretasikan dengan adanya batuan sedimen atau batuan lapuk [6].



Gambar 3. Peta Kontur Residual Gunung Semeru

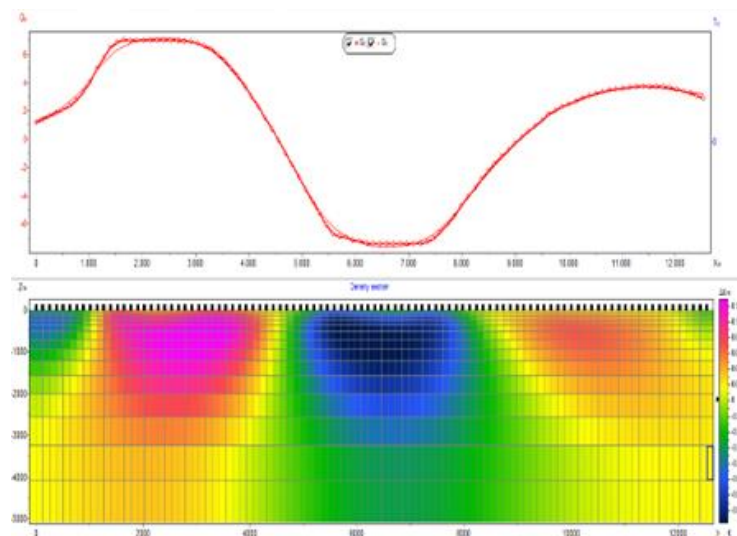
Setelah data anomali regional didapatkan, kemudian mencari data anomali residual dengan cara mengurangi nilai anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional yang ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai anomali residual berkisar antara -5,5 sampai +3,9 mGal. Nilai anomali bernilai negatif karena memiliki nilai kerapatan

yang sangat rendah dibandingkan dengan daerah di sekitarnya. Nilai anomali tinggi berkisar antara +2,3 sampai +3,9 mGal, nilai anomali sedang berkisar antara -0,1 sampai +0,9 mGal, dan nilai anomali rendah berkisar antara -5,5 sampai -1,0 mGal.



Gambar 4. Slicing Anomali Residual

Tahapan selanjutnya melakukan slicing anomali residual yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan menggunakan lintasan. Hasil slicing anomali residual berkisar antara -4,2 sampai 2,4 mGal. Kemudian, dilakukan pemodelan inversi 2 Dimensi dengan ZondGM2D yang ditunjukkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Pemodelan Inversi 2 Dimensi

Pemodelan inversi 2D didapatkan melalui data langsung hasil slicing yang berupa data koordinat x dan y serta data gravitasi yang selanjutnya diolah menggunakan ZondGM2D. Pemodelan tersebut bertujuan untuk mengetahui model densitas batuan yang terdapat di bawah permukaan pada sepanjang daerah yang telah diiris. ZondGM2D merupakan nilai kontras densitas bukan nilai densitas. nilai densitas suatu batuan diperoleh dari mengurangkan densitas bantuan dominan dengan nilai kontras densitas [13]. Pemodelan inversi ini bertujuan untuk mencari parameter

model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data hasil pengamatan. Parameter tersebut adalah observasi (G_o) yang digambarkan dengan lingkaran kecil dan komputasi (G_c) yang digambarkan dengan garis lurus. Disebelah kiri terdapat sumbu y yang menunjukkan kedalaman bumi, dan pada sebelah kanan terdapat sumbu x yang menunjukkan kontras densitas.

Gambar diatas merupakan hasil pemodelan dua dimensi dan penginversian yang ditunjukkan dengan garis lurus dan garis titik-titik. Garis titik-titik tersebut merupakan g observasi sementara garis lurus merupakan g komputasi. Tujuan melakukan penginversian tersebut adalah untuk antara g observasi dan g komputasi terlihat sama bentuknya. Setelah garis titik - titik dan garis lurus kita dapatkan, akan muncul gambar bawah permukaan. Dari gambar diatas juga bisa kita lihat persebaran jenis batuan apa saja yang ada dalam bawah permukaan Gunung Semeru. Hal itu, dapat tergambarkan dari corak warna yang tergambarkan ddi gambar tersebut. Dapat dilihat juga kedalaman dari anomali rendah 5500 m – 7500 m. sementara anomali tinggi berada pada kedalaman 1500 m – 3200 m. telah diterangkan diatas bahwa batuan yang ada dapat kita ketahui dengan melihat warna pada gambar. Jika diperhatikan ada warna yang dominan, yaitu biru, ungu muda, oranye, hijau, dan kuning. Selain warna yang dominan, terdapat juga warna biru tua pekat yang diduga merupakan sebagai keberadaan kantong magma dari Gunung Semeru. Nilai densitas kuning berada dari rentang 0.02 hingga 0.04. nilai densitas biru dan ungu muda berada pada rentang -0.08 hingga 0.12. nilai densitas hijau dan oranye berada pada rentang -0.04 hingga 0.06. Jika dihitung, maka akan memiliki nilai densitas sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Nilai Densitas Permukaan Gunung Semeru

Warna	Kontras densitas	Densitas (densitas rata-rata (2.7315) dikurang kontras densitas)
Kuning	0.02 - 0.04	2.6915 – 2.7115 gr/cm ³
Biru dan ungu muda	(-0.08) – (0.12)	2.6115 - 2.8115 gr/cm ³
Hijau dan oranye	(-0.04) – (0.06)	2.6715 – 2.7715 gr/cm ³

Berdasarkan Tabel 1 menunjukan bahwa densitas batuan yang terdapat dibawah permukaan gunung semeru memiliki rentang diantara 2.6115 gr/cm³ hingga 2.8115 gr/cm³. Batuan yang memiliki densitas dengan nilai yang sama seperti diatas adalah batuan dolomit, andesit, granit, grano diorite, diabase, basalt, beku asam, dasar beku, sekis, batu pasir, batu kapur, serpih, dan gabro. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ayu dkk pada tahun 2013, batuan yang terkandung dalam Gunung Semeru adalah batuan sedimen, pasir, shale, limestone, kapur, solomite, batuan dengan rongga gas di dalam, batuan metamorf, dan batuan beku.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini berupa gambaran struktur bawah permukaan Gunung Semeru. Terdapat variasi nilai anomaly yang didapatkan dari mulai rendah hingga tinggi pada Anomali Bourguer Lengkap berkisar antara +128,7 sampai +277,9 mGal. Ketika dilakukan slicing juga nampak anomaly yang rendah hingga tinggi, hal ini terjadi karena Gunung Semeru merupakan Gunung aktif yang memiliki dapur magma dan digambarkan dengan anomaly rendah, sedangkan anomaly tinggi merupakan sebuah batuan. Penelitian mengenai gunung semeru sudah pernah dilakukan oleh Anggraeni (2021) mengenai pemisahan anomaly regional dan residual gunung semeru pada saat sebelum terjadi erupsi. Pada penelitian tersebut diperoleh nilai Anomali Bourguer Lengkap berkisar antara 0 – 130 mGal, dan nilai anomaly rendah diperkirakan sebagai kantung magma sementara nilai anomaly yang bernilai tinggi diperkirakan sebagai batuan beku [2].

Daftar Pustaka

1. A. Ashari, 2017. Geomorphology of the Southern Flank of Merapi Volcano in Relation to the Potential Hazards and Natural Resources: A Review. *Geomedia*. Vol. 15(2): 183– 192.
2. F. K. A. Anggraeni, 2021. Pemisahan Anomali Regional dan Residual Data Gravitasi Gunung Semeru Jawa Timur. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 10(4): 421-427.
3. Kanyawan, O. E., dan Zulfian. 2020. Identifikasi struktur lapisan bawah permukaan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis sebagai informasi awal rancang bangun pondasi bangunan. *Prisma Fisika*. Vol. 8(3): 196-202.
4. A.J. Kurnianti, H. Dwi, H. Fajar, dan L. Agus, 2017. Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual Menggunakan Filter Gaussian Daerah Mamuju, Sulawesi Barat. *Explorium*. Vol. 38(2): 89-98.
5. F. Kurnianto, D. Rakhmasari, F. Ikhsan, B. Apriyanto, & E. Nurdin, (2018). The Environment Analysis Of Population Growth, Unemployment, And Poverty Level In Maesan District Bondowoso Regency. *Geosfera Indonesia*. Vol. 3(2): 113-121. doi:10.19184/geosi.v3i2.8439.
6. A.D. Maulana, dan D.A. Prasetyo, 2019. Analisa Matematis pada Koreksi Bouguer dan Koreksi Medan Data Gravitasi Satelit Topex dan Penerapan dalam Geohazard Studi Kasus Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah. *Jurnal Geosaintek*. Vol. 5(3): 91.
7. Z. Noer, & I. Dayana, 2022. *Buku Fisika dan Teknologi Superkonduktor*. GUEPEDIA.
8. B. Nurdiyanto, H. Eddy, N. Drajat, S. Bambang, dan S. Pupung, 2011. Penentuan Tingkat kekerasan batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol. 12(3): 211-220.
9. D.I. Purnamawati, dan N. Aisyah, 2012. Tinjauan Dampak Banjir Lahar Kali Putih, Kabupaten Magelang Pasca Erupsi Merapi 2010. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. Vol. 5(1):19-30.
10. J. Purnomo, S. Koesuma, and M. Yunianto, (2013), Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravitasi Menggunakan Metode Moving

- Average, Polynomial dan Inversion. *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 3(1): 10.
11. S. Ratih, N. H. Awanda, C. A. Sputra & A. Ashari, 2018. Hidrogeomorfologi Mataair Kaki Vulkan Merapi Bagian Selatan. *Geomedia: Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta*. Vol. 16(1): 1-12.
 12. K. Sugianti, D. Mulyadi & D. Sarah, 2014. Pengklasan Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. *Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*. Vol. 24(2): 93-104.
 13. Jamaluddin., Maria., Hamriani, R., dan Rohima, S.A. 2019. Permodelan Geologi Bawah Permukaan Bantar Karet, Jawa Barat Menggunakan Metode Gravitasi. *Jurnal Geoelebes*. Vol. 3(2): 59-65.
 14. Jusmi, Fitri. 2018. Pemetaan Anomali Bouguer Lengkap dan Topografi Serta Penentuan Densitas Bouguer Batuan Daerah Panas Bumi Pamancalan. *Jurnal Dinamika*. Vol. 9(1): 1-9

ANALISIS SIFAT FISIS TANAH PADA STABILITAS TANAH LEMPUNG DENGAN PENAMBAHAN KAPUR TOHOR (CAO)

SHELA OCTAVIA SIPANGKAR ¹*, MARDIAN PESLINOF ², YOZA FENDRIANI ¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jambi

Jl. Jambi - Muara Bulian No.KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi, Telp. 0741-583377

²Lembaga Penelitian Sains dan Teknologi

Jl. Jambi - Muara Bulian No.KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi, Telp. 0741-583377

*email : shela07octavia@gmail.com

Abstrak. Tanah lempung kurang baik dijadikan tanah dasar pembangunan jalan sehingga perlu distabilisasi dengan kapur agar memperbaiki sifat fisis tanah lempung. Tujuan penelitian yaitu melakukan Pengujian Sifat Fisis Tanah Lempung dengan variasi penambahan kapur, melakukan analisis terhadap hasil uji sifat fisis tanah lempung dengan penambahan kapur tohor (CaO) dan melakukan analisis stabilitas tanah lempung berdasarkan uji sifat fisis tanah yang dilakukan. Metode penelitian adalah metode eksperimen pengujian laboratorium meliputi pengujian konsistensi atterberg, pengujian berat jenis dan analisa saringan. Hasil penelitian adalah tanah tanpa campuran memiliki indeks plastisitas, berat jenis dan analisa saringan secara berturut sebesar yaitu 14,48%, 2,57gr/cc dan 98,34%, tanah dengan campuran kapur 2,5% memiliki indeks plastisitas dan berat jenis sebesar 12,54% dan 2,72gr/cc, tanah dengan campuran kapur 5% memiliki indeks plastisitas dan berat jenis sebesar 10,81% dan 2,75gr/cc, tanah dengan campuran kapur 7,5% memiliki indeks plastisitas dan berat jenis sebesar 8,62% dan 2,77gr/cc, tanah dengan campuran kapur 10% memiliki indeks plastisitas dan berat jenis sebesar 5,51% dan 2,78 gr/cc, tanah dengan campuran kapur 12,54% memiliki indeks plastisitas dan berat jenis sebesar 3,83% dan 2,79gr/cc, tanah dengan campuran kapur 15% memiliki indeks plastisitas dan berat jenis sebesar 1,92% dan 2,81gr/cc. Kesimpulan penelitian bahwa semakin besar persen penambahan kapur tohor (CaO) maka akan semakin besar nilai berat jenis dan batas plastis tanah lempung sedangkan untuk nilai batas cair dan indeks plastisitasnya semakin menurun. Stabilitas tanah lempung akan semakin stabil jika persentase penambahan kapur tohor (CaO) semakin besar.

Kata kunci: Tanah Lempung, Stabilitas, Kapur Tohor (CaO)

Abstract. Clay soil is not good for road construction, so it needs to be stabilized with lime in order to improve the physical properties of clay. The research objectives are to test the physical properties of clay with variations in the addition of lime, to analyze the results of the physical properties of clay with the addition of quicklime (CaO) and to analyze the stability of clay based on the physical properties of the soil. The research method is an experimental method of laboratory testing including Atterberg consistency testing, specific gravity testing and sieve analysis. The results showed that the unmixed soil had a plasticity index, specific gravity and sieve analysis of 14.48%, 2.57gr/cc and 98.34%, respectively, a soil with a lime mixture of 2.5% had a plasticity index and a specific gravity of 12.54% and 2.72gr/cc, soil with a mixture of 5% lime has a plasticity index and specific gravity of 10.81% and 2.75gr/cc, soil with a mixture of lime 7.5% has a plasticity index and specific gravity of 8.62% and 2.77gr/cc, soil with a mixture of 10% lime has a plasticity index and specific gravity of 5.51% and 2.78 gr/cc, soil with a mixture of lime 12.54% has a plasticity index and specific gravity of 3.83% and 2.79gr/cc, soil with a mixture of 15% lime has a plasticity index and specific gravity

of 1.92% and 2.81gr/cc, respectively. The conclusion of the study is that the greater the addition of quicklime (CaO) the greater the value of the specific gravity and plastic limit of the clay while the liquid limit value and plasticity index decrease. The stability of the clay will be more stable if the percentage addition of quicklime (CaO) is greater.

Keywords: Clay, Stability, Quicklime (CaO)

1. Pendahuluan

Tanah merupakan elemen penting sebagai penopang bagi struktur diatasnya. Jenis tanah yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan adalah tanah lempung, karena sifat tanah lempung mudah dibentuk, mudah lengket ketika menyerap air dan mengeras ketika kering [1]. Namun terdapat kekurangan tanah kering yaitu sulit mengeluarkan air yang terperangkap didalam porinya sehingga tidak mempunyai kekuatan stabil menahan beban konstruksi jalan diatasnya. Untuk itu, tanah lempung perlu dilakukan stabilisasi tanah[2].

Stabilisasi tanah adalah proses perbaikan sifat fisis tanah dengan penambahan bahan tertentu. Stabilisasi tanah dengan kapur lebih cocok dengan waktu ikatan yang lebih lama, sehingga dapat menguntungkan bila terjadi penundaan pekerjaan yang agak lama. Jenis kapur yang digunakan untuk stabilitas tanah yaitu kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan kapur CaO. Kapur yang baik untuk digunakan adalah kapur tohor (CaO). Kapur tohor (CaO) yaitu kapur yang berasal dari hasil pembakaran batuan kapur yang berbentuk oksida dari kalsium atau magnesium [3].

Penelitian stabilisasi tanah telah dilakukan oleh Soehardi et al., (2017) dengan judul “Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur Dan Waktu Pemeraman” menggunakan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$, penelitian Laras et al., (2017) dengan judul “Pengaruh Penambahan Kapur Dengan Lamanya Waktu Perawatan Terhadap Kekuatan Dan Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif” menggunakan kapur bangunan dengan variasi penambahan kapur 6%, 8%, 9%, 10%, penelitian Pinasang et al., (2017) dengan judul “Analisis Campuran Kapur-Fly Ash dan Kapur-Abu Sekam Padi Terhadap Lempung Ekspansif” menggunakan kapur dari gunung kapur Jawa Barat dengan variasi penambahan kapur 2.5%, 5%, 7.5%. Ketiga penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa semakin banyak penambahan kapur yang digunakan maka tanah lempung akan semakin stabil [3,4,5].

Berdasarkan latarbelakang diatas, penelitian ini dilakukan menggunakan Kapur Tohor (CaO). Tujuan penelitian untuk: (1) melakukan pengujian sifat fisis tanah lempung dengan variasi penambahan kapur, (2) melakukan analisis terhadap hasil uji sifat fisis tanah lempung dengan penambahan kapur tohor (CaO), (3) melakukan analisis stabilitas tanah lempung berdasarkan uji sifat fisis tanah yang dilakukan. Hasil penelitian diharapkan dapat sebagai pertimbangan dalam pembuatan jalan pada daerah tanah lempung.

2. Metode Penelitian

Pengujian sifat fisis tanah yang dilakukan ialah pengujian nilai Atterberg, Pengujian Berat Jenis Tanah dan Analisa Saringan. Alat dan bahan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Metode penelitian ini menggunakan metode Eksperimen di Laboratorium. Bahan penelitian ini yaitu Kapur Tohor (CaO) dan dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, batas konsistensi tanah (Atterber Limit), nilai kadar air optimum

menggunakan sampel tanah sebelum penambahan kapur dan setelah penambahan kapur 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% dan 15%

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian Alat dan Bahan Penelitian

No	Pengujian		Alat	Bahan
1	Pengujian Atterberg	Nilai	1. Alat Pengaduk berfungsi untuk mencampurkan material secara merata. 2. Cawan berfungsi sebagai wadah bahan. 3. Chassagrande berfungsi sebagai alat pengujian nilai atterberg. 4. Kaca berfungsi sebagai wadah dalam melakukan pengadukan 5. Neraca berfungsi sebagai alat penimbang. 6. Oven berfungsi sebagai pemanas bahan uji.	1. Tanah Lempung sebagai bahan pengujian 2. Kapur sebagai bahan pencampur untuk stabilisasi tanah.
2	Pengujian Berat Jenis Tanah	Jenis	1. Cawan berfungsi sebagai wadah bahan. 2. Piknometer berfungsi sebagai wadah dalam melakukan pemanasan bahan uji. 3. Hotplate berfungsi sebagai pemanas bahan uji 4. Neraca berfungsi sebagai alat penimbang. 5. Oven berfungsi sebagai pengering bahan uji. 6. Saringan Nomor 10 Berfungsi menyaring tanah uji.	1. Tanah Lempung sebagai bahan pengujian 2. Kapur sebagai bahan pencampur untuk stabilisasi tanah.
3	Pengujian Saringan	Analisa	1. Cawan berfungsi sebagai wadah bahan. 2. Lumpang Porselen berfungsi sebagai penghalus bahan. 3. Neraca berfungsi sebagai alat penimbang. 4. Oven berfungsi sebagai pengering bahan uji. 5. Saringan Nomor 4 Berfungsi menyaring tanah uji. 6. Saringan Nomor 10 Berfungsi menyaring tanah uji. 7. Saringan Nomor 40, 200 Berfungsi menyaring tanah uji.	1. Tanah Lempung sebagai bahan pengujian 2. Kapur sebagai bahan pencampur untuk stabilisasi tanah.

Setelah diperoleh hasil uji sifat fisis tanah maka dilakukan analisa terhadap masing-masing pengujian sifat fisis tanah. Analisa hasil didasarkan pada teori yang ada

pada literatur. Penarikan kesimpulan penelitian adalah persentase kadar kapur yang optimal dalam memperbaiki sifat fisis tanah lempung.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sifat Fisis Tanah

Analisa Saringan

Tabel 2. Hasil uji analisa saringan tanah tanpa campuran

Saringan	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Jumlah Prosentase	
			Diatas	Melalui
2. 1/2	0	0	0	100
1. 1/2	0	0	0	100
1	0	0	0	100
3/8	0	0	0	100
4	0	0	0	100
10	0,10	0,10	0,02	99,98
40	2,87	2,97	0,594	99,40
200	5,32	8,29	1,658	98,34

Pada tabel 2, terlihat sampel tanah asli memiliki jumlah prosentase ialah 98,34%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, jika sampel lolos uji saringan nomor 200 lebih dari 35% maka sampel tanah termasuk kategori tanah berbutir halus yaitu lanau atau lempung. Pada percobaan, sampel tanah asli yang lolos uji saringan nomor 200 ialah sebesar 98,34%, artinya sampel tanah berbutir halus. Hardiyatmo (2012) menyatakan hal terpenting dalam tanah berbutir halus adalah sifat plastisitas. Semakin besar nilai Indeks plastis suatu tanah lempung, maka Semakin besar pula masalah yang ditimbulkan oleh tanah tersebut dalam bidang konstruksi.

Pengujian Konsistensi Atterberg

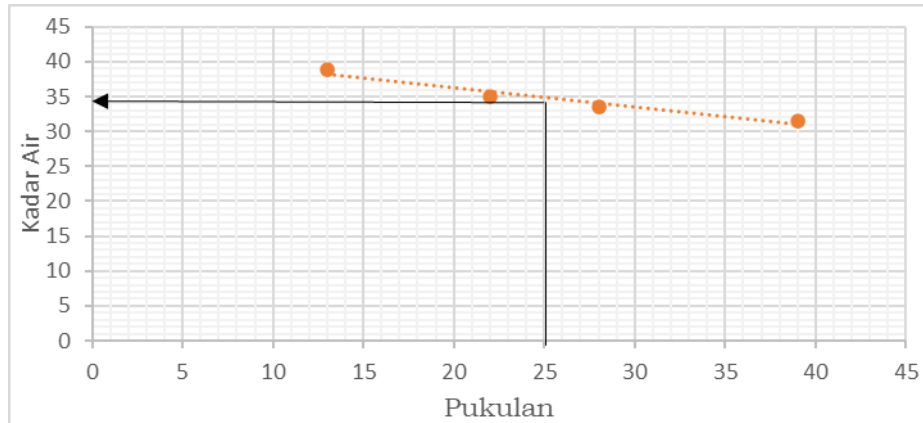
(a). Tanah Tanpa Campuran

Tabel 3. Hasil pengujian konsistensi atterberg tanah tanpa campuran

Jenis Parameter	Batas Cair				Batas Plastis	
	Banyaknya Pukulan	39	28	22	13	
Nomor Cawan	1	2	3	4	A	B
Berat Cawan+tanah basah	31,91	37,01	30,44	28,50	15,29	16,95
Berat Cawan+tanah kering	27,16	30,90	25,65	24,23	14,67	16,30
Berat Air (gr)	4,75	6,11	4,79	4,27	0,62	0,65
Berat Cawan (gr)	12,06	12,70	11,98	12,63	11,32	13,20
Berat Tanah Kering (gr)	15,1	18,2	13,67	11,60	3,35	3,10
Kadar Air (gr)	31,45	33,57	35,04	36,81	18,50	20,96

Berdasarkan tabel, rata-rata dari jumlah kadar air pada batas cair yaitu 34,21% sehingga nilai batas cair yaitu 34,21%. Dari batas cair, diketahui nilai indeks plastisitas tanah lempung yang diuji yaitu 14,48%. Nilai ini berdasarkan hasil selisih batas cair dan batas plastis tanah. Sedangkan nilai batas cair berdasarkan

grafik yaitu grafik dibuat dengan memplot nilai pukulan terhadap kadar air dari percobaan batas cair, lalu diambil 25 ketukan sebagai titik tengah sehingga didapat nilai kadar air untuk batas cair.



Gambar 1. Grafik Kadar Air Dan Pukulan Tanah Tanpa Campuran

Berdasarkan gambar grafik batas cair untuk sampel tanah tanpa campuran ialah 34,21% dan batas plastisnya ialah 19,73%. Sedangkan untuk indeks plastisnya didapat dari selisih batas cair dan batas plastis yaitu 14,48%.

(b). Tanah dengan campuran kapur

Tabel 4. Hasil Pengujian Konsistensi Atterberg

Variasi Sampel	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)	Indeks Plastisitas(PI)
Tanah + 0% Kapur	34,21 %	19,73 %	14,48 %
Tanah + 2,5% Kapur	32,37 %	19,83 %	12,54 %
Tanah + 5% Kapur	30,76 %	19,95 %	10,81 %
Tanah + 7,5% Kapur	28,67 %	20,05 %	8,62 %
Tanah + 10% Kapur	26,01 %	20,50 %	5,51 %
Tanah + 12,5% Kapur	24,63 %	20,80 %	3,83 %
Tanah + 15% Kapur	22,82 %	20,90 %	1,92 %

Dari tabel 4, dapat terlihat bahwa hasil pengujian Atterberg pada tanah asli, diperoleh batas cair 34,21 %. Kemudian seiring dengan penambahan kapur, nilai batas cair akan berkurang. Semakin besar kadar kapur yang ditambahkan pada tanah, makasemakin besar penurunan nilai batas cairnya. Penurunan ini sampai pada nilai 22,82 % pada variasi tanah dengan campuran kapur 15 %.

Pengujian Berat Jenis

(a). Tanah Tanpa Campuran

Berat jenis tanah menunjukkan perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air pada volume tanah. Dari tabel 5 dalam pengujian berat jenis digunakan sebanyak 2 sampel. Sehingga berat jenis tanah asli yang didapat pada pengujian berat jenis

tanah asli di rata-ratakan dari 2 sampel tersebut. Jadi untuk hasil yang didapat, berat jenis tanah asli sebesar 2,57 gr/cc.

Tabel 5. Hasil pengujian berat jenis tanah tanpa campuran

Jenis Parameter	Hasil Percobaan	
	A	B
Nomor Piknometer		
Berat Piknometer + Sampel (gr)	93,38	93,56
Berat Piknometer (gr)	78,00	78,36
Berat Tanah (gr)	15,38	15,20
Temperatur (°)	25	25
Berat Piknometer + Air + Tanah pada suhu 25°C (gr)	191,01	185,69
Berat Piknometer pada suhu 25°C (gr)	181,62	176,29
w ₅ (gr)	197	191,49
Isi Tanah (gr)	5,99	5,89
Berat Jenis (gr/cc)	2,56	2,58
Rata-rata (gr/cc)	2,57	

(b). Tanah dengan campuran kapur

Tabel 6. Pengujian berat jenis tanah dengan campuran kapur

Variasi Sampel	Berat Jenis (gr/cc)
Tanah + 0% Kapur	2,57
Tanah + 2,5% Kapur	2,72
Tanah + 5% Kapur	2,75
Tanah + 7,5% Kapur	2,77
Tanah + 10% Kapur	2,78
Tanah + 12,5% Kapur	2,79
Tanah + 15% Kapur	2,81

Dari hasil pengujian berat jenis tabel 6, diperoleh nilai berat jenis tanah asli 2.57 gr/cc. Kemudian dengan adanya penambahan stabilisator kapur pada campuran tanah, nilai berat jenis meningkat seiring dengan meningkatnya variasi kadar stabilisator kapur. Nilai berat jenis tertinggi yaitu pada nilai 2,81gr/cc untuk variasi 15% kapur. Nilai ini akan mempengaruhi permeabilitas tanah. Tanah yang dijadikan sebagai tanah dasar untuk jalan yaitu tanah yang memiliki permeabilitas rendah. Semakin tinggi berat jenis maka tanah tersebut akan memiliki nilai permeabilitas yang rendah.

3.2. Analisis Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah

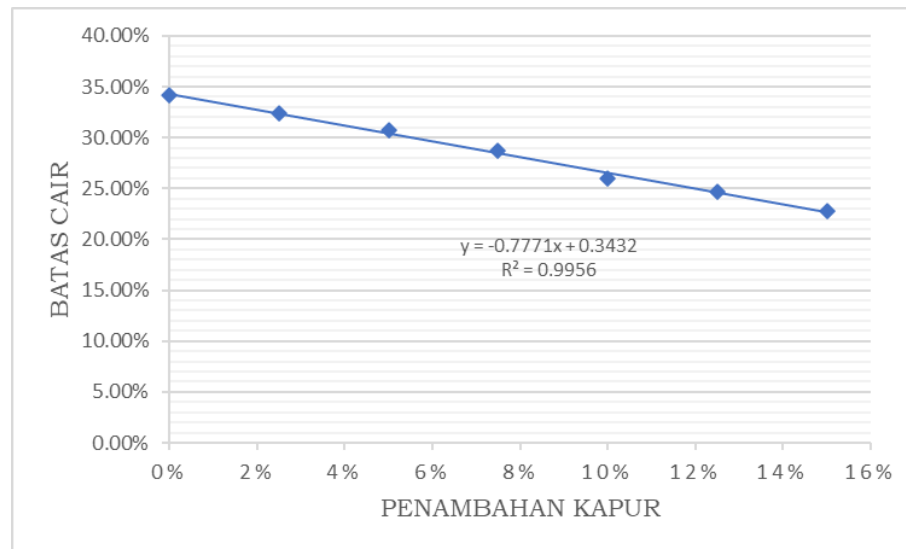
Pengujian Konsistensi Atterberg

(a). Nilai Batas Cair

Dari gambar 2 terlihat bahwa adanya penambahan kapur membuat batas cair mengalami penurunan. Penurunan batas cair berhubungan secara linier dengan penambahan kapur. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan antara batas cair dan kapur yaitu:

$$Y = ax + b = -0,771x + 0,3432 \quad (1)$$

Dari persamaan regresi, diketahui penambahan kapur memiliki hubungan negatif terhadap batas cair. Nilai konstanta $a = 0,771$ artinya setiap peningkatan kapur 1 satuan akan membuat batas cair menurun sebesar 0,771. Nilai konstanta $b = 0,3432$ artinya apabila penambahan kapur sebesar 0 maka batas cair menjadi 0,3432. Lalu untuk nilai R^2 yaitu menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9956. Nilai ini berarti bahwa, 99,56 % variabel penambahan kapur dapat menjelaskan variabel batas cair dan 0,44 % dijelaskan oleh variabel lainnya yang tidak diketahui.



Gambar 2. Grafik Hubungan Batas Cair Terhadap Penambahan Kapur

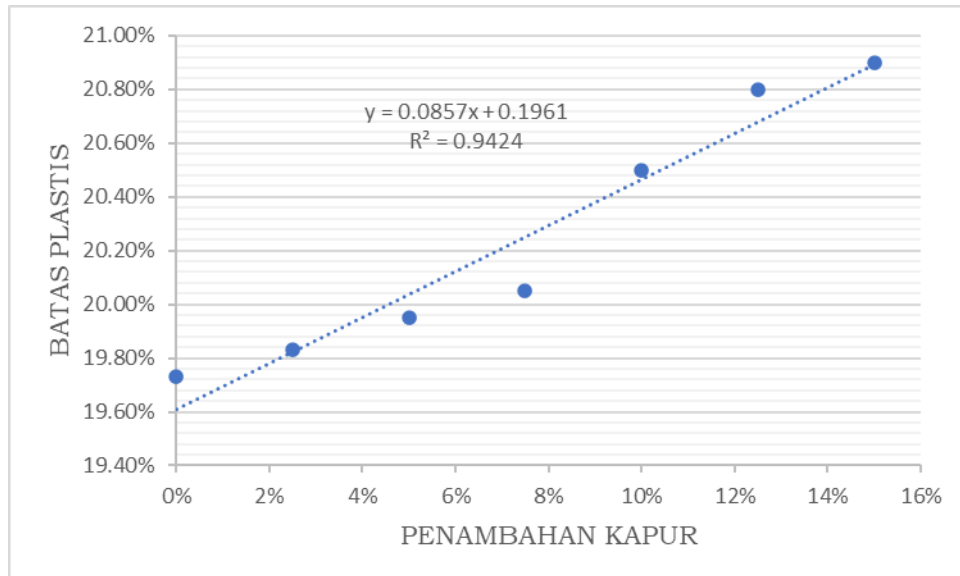
Pada tanah tanpa campuran, batas cair maksimum mencapai 34,21 % pada tanah tanpa campuran sedangkan batas cair terendah pada penambahan 15% kapur sebesar 22,82%. Penurunan ini dikarenakan Penambahan kapur tohor menimbulkan peningkatan muatan positif (kation) dalam air pori. Penambahan kation ini memungkinkan terjadinya proses tarik menarik antara an-ion dari partikel tanah lempung dengan kation dari partikel kapur tohor serta kation dari partikel kapur tohor dengan anion dari partikel air (proses pertukaran ion/cation exchange). Proses ini mengganggu proses Tarik menarik antara an-ion dari partikel tanah lempung dengan kation dari partikel air serta proses tarik menarik antara an-ion dan kation dari partikel air, sehingga partikel tanah lempung kehilangan daya tarik antar partikelnya. Berkurangnya daya tarik antar partikel tanah lempung dapat menurunkan kohesi tanah lempung. Penurunan kohesi ini menyebabkan mudah terlepasnya partikel tanah lempung dari ikatannya. Penambahan kapur tohor yang semakin banyak akan menyebabkan semakin menurunnya nilai kohesi. Dengan turunnya nilai kohesi akan menyebabkan turunnya nilai batas cair (*Liquid Limit*).

(b). Batas Plastis

Dari Gambar 3 terlihat bahwa adanya penambahan kapur membuat batas plastis mengalami peningkatan. Peningkatan batas plastis berhubungan secara linier

dengan penambahan kapur. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan antara batas plastis dan kapur yaitu:

$$Y = ax + b = 0,8857x + 0,1961 \quad (2)$$



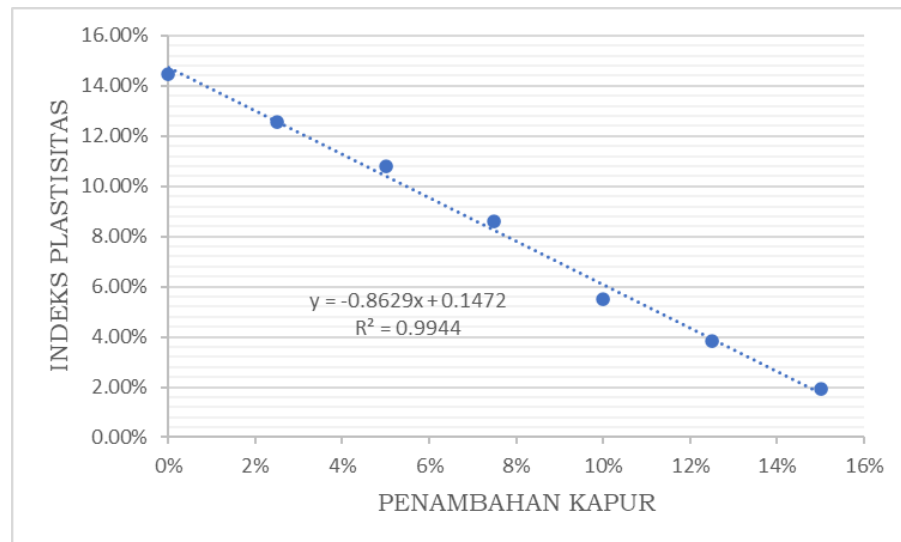
Gambar 3. Grafik Hubungan Batas Plastis Dan Penambahan Kapur

Dari persamaan regresi diketahui penambahan kapur memiliki hubungan positif terhadap batas plastis. Nilai konstanta $a = 0,8857$ artinya setiap peningkatan kapur 1 satuan akan membuat batas plastis meningkat sebesar 0,8857. Nilai konstanta $b = 0,1961$ artinya apabila penambahan kapur sebesar 0 maka batas plastis menjadi 0,1961. Lalu untuk nilai R^2 yaitu menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9424. Nilai ini berarti bahwa, 94,24 % variabel penambahan kapur dapat menjelaskan variabel batas cair dan 5,76 % dijelaskan oleh variabel lainnya. Hal ini sejalan dengan referensi pada tinjauan pustaka yang menyatakan bahwa Peningkatan batas plastis disebabkan oleh penambahan kapur yang dikarenakan terjadinya penurunan kohesi tanah yang menyebabkan ikatan antar butir tanah semakin tidak lekat. Peningkatan nilai batas plastis ini disebabkan oleh proses hidrasi stabilisator yang memperkuat ikatan antar partikel tanah menjadi butiran yang lebih stabil.

(c). Indeks Plastisitas

Dari Gambar 4 terlihat bahwa adanya penambahan kapur membuat indeks plastisitas mengalami penurunan. Ketika nilai batas cair menurun dan nilai batas plastis meningkat, maka nilai indeks plastisitas akan menurun. Penurunan indeks plastisitas berhubungan secara linier dengan penambahan kapur. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan antara indeks plastisitas dan kapur yaitu:

$$Y = ax + b = -0,8629x + 0,1472 \quad (3)$$

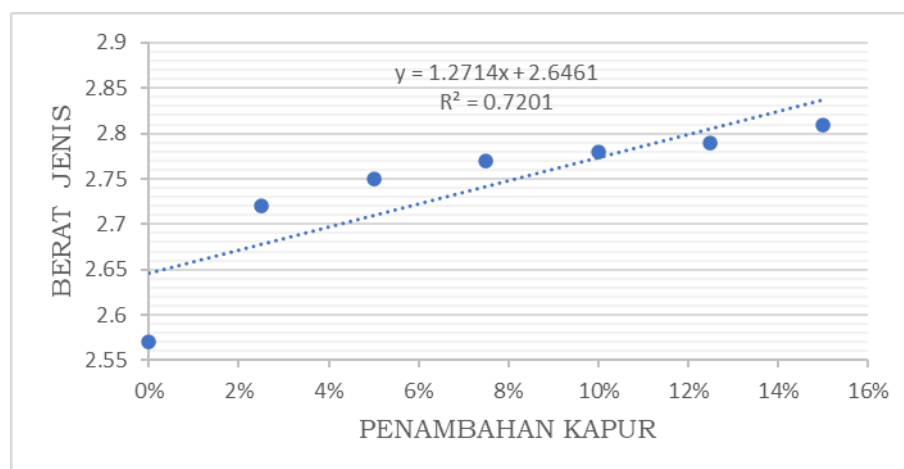


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Nilai Indeks Plastisitas

Dari persamaan regresi tersebut diketahui bahwa penambahan kapur memiliki hubungan yang negatif terhadap indeks plastisitas. Nilai konstanta $a = 0,8629$ artinya setiap peningkatan kapur 1 satuan akan membuat indeks plastisitas menurun sebesar 0,8629. Nilai konstanta $b = 0,1472$ artinya apabila penambahan kapur sebesar 0 maka indeks plastisitas menjadi 0,1472. Lalu untuk nilai R^2 yaitu menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9944. Nilai ini berarti bahwa, 99,44 % variabel penambahan kapur dapat menjelaskan variabel batas cair dan 0,56 % dijelaskan oleh variabel lainnya.

Kapur yang dicampur dengan butiran mineral lempung bereaksi membentuk kalsium silikat yaitu gel yang keras untuk mengikat partikel tanah. Gel silika melapisi serta mengikat partikel-partikel lempung dan menutupi pori tanah. Hal tersebut mengakibatkan turunnya nilai indeks plastisitas dan batas cair.

Pengujian Berat Jenis



Gambar 5. Grafik Hubungan Berat Jenis dengan Penambahan Kapur

Dari Gambar 5 terlihat bahwa Adanya Penambahan kapur membuat berat jenis mengalami peningkatan. Peningkatan berat jenis berhubungan secara linier dengan penambahan kapur. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan antara berat jenis dan kapur yaitu:

$$Y = ax + b = 1,2714x + 2,6461 \quad (4)$$

Dari persamaan regresi tersebut diketahui bahwa penambahan kapur memiliki hubungan yang positif terhadap berat jenis. Nilai konstanta $a = 1,2714$ artinya setiap peningkatan kapur 1 satuan akan membuat berat jenis meningkat sebesar 1,2714. Nilai konstanta $b = 2,6461$ artinya apabila penambahan kapur sebesar 0 maka berat jenis tanah menjadi 2.6461. Lalu untuk nilai R^2 yaitu menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,7201. Nilai ini berarti bahwa, 72,01 % variabel penambahan kapur dapat menjelaskan variabel berat jenis dan 10% dijelaskan oleh variabel lainnya.

Kapur tohor memiliki berat jenis 3,34 gr/cm³ sedangkan berat jenis tanah lempung tanpa penambahan kapur yaitu 2,57gr/cm³ lalu terjadi peningkatan berat jenis seiring dengan penambahan kapur. Hal ini disebabkan karena nilai berat jenis bahan aditif kapur lebih besar dibanding dengan tanah asli. Kenaikan ini disebabkan karena perbedaan berat jenis kedua bahan. Ketika tanah dicampur dengan kapur terjadi perubahan tekstur tanah di mana partikel-partikel tanah menjadi menggumpal, sehingga partikel tanah memiliki ukuran yang lebih besar sehingga menyebabkan kenaikan nilai berat jenis. Bercampurnya 2 bahan dengan berat jenis yang berbeda, sehingga penurunan berat jenis terjadi pada kapur yang terkandung dalam tanah dan peningkatan berat jenis terjadi pada tanah yang mengandung kapur. Selain itu, proses sementasi pada tanah dan kapur, menyebabkan terjadinya penggumpalan yang merekatkan antar partikel, rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras dan lebih sulit ditembus air. Rongga pori yang terisolir oleh lapisan sementasi kedap air akan terukur sebagai volume butiran dan selanjutnya meningkatkan nilai berat jenis tanah.

3.3. Analisis Stabilitas Tanah Berdasarkan Pengujian Sifat Fisis Tanah

Kapur tohor jika bereaksi dengan air akan membentuk ion hidroksida hingga sifatnya menjadi alkalin/basa ($pH > 7$). Kapur mengandung ion-ion positif (kation) Ca^{++} dan Mg^{++} , merupakan ion positif sejenis yang terkandung dalam butiran halus tanah, sehingga memiliki potensi untuk terjadinya pertukaran ion. Ion sodium yang berasal dari larutan alkali diserap oleh permukaan butiran halus tanah hingga permukaan butirannya cenderung saling mengikat. Efeknya adalah meningkatkan kohesi antar butiran dan meningkatkan kekuatan konsistensi tanah. Proses ini diikuti oleh flokulasi butiran-butiran halus tanah menjadi gumpalan-gumpalan butir kasar, menambah batas plastis dan menurunkan batas cair. Efek keseluruhan adalah memperkecil indeks plastis.

Indeks plastisitas tanah dapat menggambarkan kualitas tanah tersebut. Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering.

Indeks dengan rentang 0-10 % termasuk klasifikasi tanah dasar yang sangat baik untuk dijadikan tanah dasar jalan.

Pada tanah tanpa campuran memiliki indeks plastis sedang yang membuat Ketika mineral tersebut menyerap air maka volume tanah akan meningkat. Semakin banyak air yang terserap, semakin bertambah volume tanah. Perubahan volume ini dapat merusak kekuatan struktur bangunan yang menempati tanah tersebut. Pondasi, lantai, dan dinding yang retak pada suatu bangunan merupakan ciri khas kerusakan yang disebabkan oleh tanah. Namun, setelah ditambahkan kapur, indeks plastisitas menurun dan berdasarkan referensi pada tinjauan pustaka, maka tanah sampel uji yang stabil yaitu tanah dengan variasi penambahan kapur .5%, 10%, 12.5% dan 15%.

Pengujian berat jenis dilakukan untuk memperlihatkan kerapatan dari partikel secara keseluruhan. Kerapatan partikel tanah mempengaruhi permeabilitas pada tanah karena semakin besar ruang pori pada tanah maka semakin mudah air untuk terus mengalir mengikuti gravitasi. Porositas atau ruang pori adalah rongga antar tanah yang biasanya diisi air atau udara. Pori sangat menentukan sekali dalam permeabilitas tanah, semakin besar pori dalam tanah tersebut, maka semakin cepat pula permeabilitas tanah tersebut. Pada stabilisasi tanah dengan kapur, Dengan adanya penambahan nilai berat jenis pada pengujian menyebabkan menurunnya nilai permeabilitas. Penambahan nilai Berat jenis tanah yang meningkat dengan volume yang sama membuat butiran-butiran tanah semakin rapat sehingga membuat pori semakin kecil. Penyempitan pori ini akan menyebabkan air sulit mengalir sehingga menyebabkan penurunan permeabilitas. Pada kondisi dimana air yang merembes melalui sampel sangatlah kecil maka dapat dikatakan sampel dengan penambahan kapur 15% memiliki permeabilitas yang paling kecil karena memiliki berat jenis yang paling tinggi diantara semua variasi penambahan kapur. Hal ini akan membuat lapisan tanah atas akan memiliki permeabilitas rendah sehingga apabila terjadi hujan maka air susah untuk masuk menembus tanah lapisan dalam. Apabila hal ini terjadi maka akan mengurangi masalah tanah ambles atau tanah retak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Terdapat perbedaan terhadap nilai batas cair, batas plastis, indeks plastisitas dan berat jenis. Semakin besar persen penambahan kapur tohor (CaO) maka akan semakin besar nilai berat jenis dan batas plastis tanah lempung sedangkan untuk nilai batas cair dan indeks plastisitasnya semakin menurun.
- Terdapat nilai batas cair paling rendah yaitu 22,82%, nilai batas plastis paling tinggi yaitu 20,90% , nilai indeks plastisitas paling rendah yaitu 1,92% dan nilai berat jenis paling tinggi yaitu 2,81 gr/cc.
- Stabilitas tanah lempung akan semakin stabil jika persentase penambahan kapur tohor (CaO) semakin besar. Penambahan dengan variasi kapur tohor (CaO) sudah mendapatkan indeks plastisitas dengan potensi mengembang rendah dan termasuk klasifikasi tanah baik pada campuran kapur 7,5% dengan nilai indeks plastisitas 8,62%.

Daftar Pustaka

1. V. V. Gracella, B. Nugroho & I. Kamil, Pengaruh Karakteristik Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Bahan Tambah Serbuk Batu Bata, Prosiding Snitt Poltekba, Vol (5), (2021), 133-138.
2. M. Yunus & I. Rauf, Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Nilai Plastisitas Tanah Lempung Di Kabupaten Fakfak Propinsi Papua Barat. Logic, Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi, Vol.18(1), (2018), 26-31.
3. F. Soehardi, L. Fadrizal dan D.P. Lusi, Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur Dan Waktu Pemeraman, Jurnal Lingkungan, Vol.1(1), (2017), 54-59.
4. A. W. Laras, A. S. Eko dan Z. Yulvi, Pengaruh Penambahan Kapur Dengan Lamanya Waktu Perawatan Terhadap Kekuatan dan Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif, Jurnal Teknik Sipil, Vol.1(1) 2017), 1-8.
5. H. C. Hardiyatmo, Mekanika Tanah II, Edisi Kelima, Gajah Mada University Press, (1999), Yogyakarta.

KARAKTERISTIK ADSORBEN AMPAS TEH DALAM MENYERAP ION LOGAM TIMBAL MENGGUNAKAN MODEL ISOTERM LANGMUIR

AKBAR PERDANA¹, AHMAD ZARKASI², DADAN HAMDANI¹, ADRIANUS INU NATALISANTO¹, RAHMAWATI MUNIR^{1*}

¹Laboratorium Fisika Teori dan Material, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman
Jl. Barong Tongkok, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Samarinda, Kalimantan Timur

²Laboratorium Elektronika dan Instrumenasi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman
Jl. Barong Tongkok, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Samarinda, Kalimantan Timur

*email : rahmawati@fmipa.unmul.ac.id

Abstrak. Timbal merupakan salah satu logam berat pencemar air yang sangat berbahaya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan kandungan logam berat tersebut adalah adsorpsi. Dalam proses adsorpsi, pemilihan adsorben sangat penting untuk memaksimalkan proses adsorpsi. Karenanya, penting untuk mengetahui karakteristik dan performa adsorben dalam menyerap logam berat. Model isoterm dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik dan performa dari suatu adsorben. Penelitian ini dilakukan untuk meninjau karakteristik dan performa adsorben ampas teh dalam menyerap ion timbal menggunakan model isoterm. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa mekanisme penyerapan ion timbal oleh ampas teh terjadi secara fisisorpsi, yaitu ikatan ion. Adapun sifat adsorpsi yang terjadi adalah menguntungkan. Ini menunjukkan bahwa ketertarikan ion timbal terhadap ampas teh besar. Kapasitas maksimum ampas teh dalam menyerap ion timbal adalah 3,0353 mg/g. Ini menunjukkan bahwa satu gram ampas teh dapat menyerap sebesar 3,0353 mg ion timbal..

Kata kunci: Adsorpsi, Ampas Teh, Timbal, Pencemaran Air, Isoterm

Abstract. Lead is one of the most dangerous heavy metals to pollute water. One method that can be used to remove heavy metal content is adsorption. In the adsorption process, the selection of adsorbent is very important to maximize the adsorption process. Therefore, it is important to know the characteristics and performance of the adsorbent in absorbing heavy metals. The isotherm model can be used to predict the characteristics and performance of an adsorbent. This research was conducted to review the characteristics and performance of tea leaves adsorbent in adsorbing lead ions using an isotherm model. The results of the study showed that the mechanism of absorption of lead ions by tea leaves occurs by physisorption, namely ionic bonding. The adsorption properties that occur are favorable. This shows that the attraction of lead ions to tea leaves is large. The maximum capacity of tea leaves to absorb lead ions is 3.0353 mg/g. This shows that one gram of tea dregs can absorb 3.0353 mg of lead ions.

Keywords: Adsorption, Tea Leaves, Lead, Water Pollution, Isotherm

1. Pendahuluan

Pencemaran air sungai masih menjadi masalah serius hingga saat ini. Salah satu bahan pencemar air sungai tersebut adalah logam berat seperti timbal (Pb). Logam berat pencemar air ini berasal dari limbah industri dan pertambangan yang dibuang ke sungai [1].

Pencemaran air oleh logam timbal menjadi masalah yang serius. Secara kenampakan, timbal tidak dapat dideteksi dalam air. Ini karena timbal tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Namun, jika masuk ke dalam tubuh, logam timbal dapat menimbulkan masalah yang serius. Pada orang dewasa, logam timbal dapat meningkatkan masalah stroke dan kanker, sedangkan pada anak-anak logam timbal dapat mengganggu proses pertumbuhan dan perkembangannya [2]

Ada banyak metode pengolahan air yang telah berhasil diterapkan untuk meningkatkan kualitas air secara biologis dan fisikokimia. Diantara metode tersebut, metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang paling cocok dan banyak digunakan untuk pengolahan air. Metode adsorpsi efektif digunakan dalam meningkatkan kualitas air karena murah, ramah lingkungan, dan tidak menghasilkan produk intermediat [3].

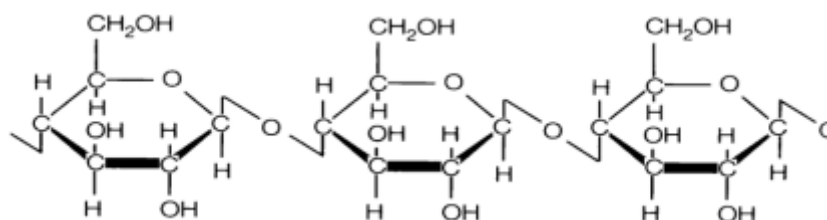
Tingkat keberhasilan suatu proses adsorpsi bergantung kepada interaksi antara adsorben dan adsorbat dalam larutan (Unuabonah dkk, 2019). Oleh karena itu pemilihan bahan adsorben menjadi sangat penting untuk mengoptimalkan proses adsorpsi. Ampas teh merupakan limbah organik yang dapat digunakan sebagai adsorben. Kandungan selulosa yang cukup tinggi dalam ampas teh menjadikan ampas teh mampu menghilangkan logam berat dalam air, seperti Pb, Fe, dan Cu [1].

Penelitian yang telah dilakukan oleh [1] menunjukkan bahwa ampas teh dapat digunakan sebagai adsorben dalam menyerap ion timbal. Efektivitas maksimum ampas teh dalam menyerap logam timbal mencapai 93,75%. Selain itu, diperoleh juga pengaruh massa adsorben dan waktu kontak dalam meningkatkan efektivitas proses adsorpsi.

Penelitian ini dilakukan untuk menjelaskan secara lebih dalam karakteristik dari adsorben ampas teh dalam menyerap logam berat timbal. Untuk melakukan hal tersebut, digunakan model isoterm. Model isoterm merupakan sebuah kurva yang menggambarkan fenomena proses adsorpsi. Informasi penting yang dibawa oleh kurva ini adalah parameter fisikokimia dan asumsi mengenai mekanisme adsorpsi, sifat permukaan, tingkat afinitas, dan kapasitas adsorpsi [4].

1.1 Struktur Selulosa

Selulosa merupakan komponen dari sel dinding tumbuhan yang berfungsi sebagai penguat struktur dinding sel tumbuhan. Selulosa menampung sekitar 40% dari total karbon yang berada di tanaman. Molekul selulosa adalah rantai 14.000 unit D-glukosa yang disatukan oleh ikatan hidrogen. Struktur kimia selulosa dapat dilihat pada Gambar 1 [5].



Gambar 1. Struktur Selulosa

Gugus aktif hidroksil (OH) pada selulosa dapat berfungsi sebagai zat penyerap. Gugus hidroksil menyebabkan sifat polar pada molekul selulosa. Inilah yang menyebabkan selulosa lebih kuat menyerap zat-zat yang bersifat polar, seperti ion logam [5].

1.2 Model Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir merupakan model empiris yang mengasumsikan bahwa proses adsorpsi terjadi secara homogen, yaitu energi aktivasi sorpsi dan entalpi konstan untuk setiap molekul. Ketebalan lapisan yang dibentuk dari molekul terserap adalah satu lapisan. Langmuir menjelaskan bahwa proses perpindahan zat menuju sebuah permukaan padat didasarkan pada prinsip kinetik, dimana laju antara proses adsorpsi dan desorpsi harus sama [6].

Persamaan non linier dari model isoterm Langmuir adalah sebagai berikut:

$$q_e = Q_m \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

Dengan q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), Q_m adalah kapasitas maksimum adsorpsi (mg/g), C_e adalah konsentrasi kesetimbangan (mg/L), dan K_L adalah konstanta Langmuir (L/mg) [7]. Dengan mengubah susunan persamaan tersebut, dapat diperoleh persamaan berbentuk linier sebagai berikut [8].

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{Q_m} + \frac{1}{Q_m K_L} \quad (2)$$

Analisis model isoterm secara linier merupakan pendekatan alternatif untuk memprediksi proses adsorpsi secara keseluruhan. Peneliti merasa lebih mudah melakukan analisis model isoterm secara linier dibanding non-linier [7].

Lebih jauh, [9] mendefinisikan sebuah konstanta tak berdimensi, yaitu faktor pemisah (R_L) sebagai berikut:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_o} \quad (3)$$

Dengan C_o merupakan konsentrasi larutan sebelum proses adsorpsi. Faktor pemisahan digunakan untuk menjelaskan sifat adsorpsi, apakah ia linier ($R_L = 1$), menguntungkan ($0 < R_L < 1$), tak menguntungkan ($R_L > 1$), atau ireversibel ($R_L = 0$) [6].

2. Metode Penelitian

2.1 Teknik Pengambilan Data

Dalam pembuatan model isoterm, dibutuhkan data konsentrasi kesetimbangan larutan. Untuk mengetahui data kesetimbangan tersebut, perlu dilakukan proses adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan dengan cara memasukan 1gram adsorben ampas teh ke dalam larutan timbal dengan volume 50 mL. Variasikan konsentrasi awal larutan timbal adalah 20, 30, 40, dan 50 mg/L. Setelah itu diaduk larutan timbal selama 30 menit, kemudian disaring. Hasil larutan yang disaring tersebut kemudian diukur konsentrasinya menggunakan AAS.

2.2 Teknik Pengolahan Data

Data konsentrasi kesetimbangan yang telah diperoleh kemudian akan digunakan bersama dengan data konsentrasi awal, massa adsorben, dan volume, dalam menghitung persamaan model yang sesuai dengan hasil eksperimen. Model isoterm

yang digunakan adalah model isoterm Langmuir dengan bentuk persamaan linier. Untuk mencari persamaan model yang sesuai dengan hasil eksperimen, digunakan analisis regresi linier.

Regresi merupakan metode statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel [10]. Pada metode regresi linier, dihitung nilai gradien dan intersep dengan persamaan berikut

$$b = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} \quad (4)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Dengan a merupakan intersep, b merupakan gradien, $\bar{x}$ merupakan nilai rata-rata dari x , $\bar{y}$ merupakan nilai rata-rata dari y , $\overline{xy}$ merupakan nilai rata rata dari perkalian data x dan y , dan $\overline{x^2}$ merupakan nilai rata rata dari x^2 [11].

Pada persamaan model, dapat diketahui bahwa C_e merupakan variabel x , dan q_e/C_e merupakan variabel y . Nilai C_e diperoleh dari data konsentrasi kesetimbangan larutan setelah proses adsorpsi. Adapun nilai q_e merupakan kapasitas adsorpsi hasil ekseperimen yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (5)$$

Dengan q_e merupakan kapasitas adsorpsi (mg/g), C_o merupakan konsentrasi awal adsorbat (mg/L), C_e merupakan konsentrasi setimbang ion zat terlarut pada kesetimbangan (mg/L), m merupakan massa adsorben (g), dan V merupakan volume adsorbat (L) [7].

Untuk menentukan kuat hubungan antara data hasil eksperimen dan persamaan model, digunakan koefisien determinan. Persamaan koefisien determinan adalah sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

Nilai koefisien determinan berada pada rentang antara 0 dan 1. Semakin mendekati nilai 1, menunjukan semakin kuat hubungan antara data eksperimen dan model isoterm [10].

2.3 Analisis Model Isoterm Langmuir

Hasil perhitungan dari regresi linier akan memberikan nilai gradien (b) dan intersep (a). Dari data tersebut, dapat dicari nilai-nilai konstanta pada persamaan Langmuir dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_m = \frac{1}{b} \quad (7)$$

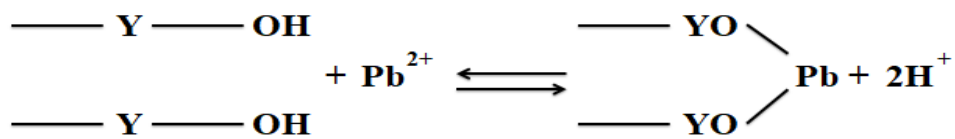
$$K_L = \frac{1}{aQ_m} \quad (8)$$

Konstanta-konstanta tersebut akan digunakan untuk menjelaskan karakteristik adsorben ampas teh. Konstanta Q_m menunjukkan kapasitas maksimum adsorben dalam menyerap adsorbat dan konstanta K_L menunjukkan sifat adsorpsi yang terjadi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Mekanisme Penyerapan Timbal oleh Ampas Teh

Gambar 2 menunjukkan mekanisme pengikatan ion timbal oleh adsorben ampas teh. Gugus hidroksil bermuatan -1, sedangkan ion timbal bermuatan +2. Sehingga setiap ion timbal akan diikat oleh dua gugus hidroksil. Karena gugus hidroksil dan ion timbal bersifat polar, maka ikatan yang terjadi antara adsorben ampas teh dan logam timbal adalah ikatan ion, yang merupakan interaksi secara fisisorpsi.



Gambar 2. Mekanisme Penyerapan Timbal oleh Gugus Hidroksil

3.2 Hasil Perhitungan Model Isoterm Langmuir

Tabel 1 menunjukkan konsentrasi larutan sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Data pada tabel tersebut akan digunakan untuk mencari persamaan model isoterm Langmuir. Hasil perhitungan data dengan menggunakan model regresi linier ditunjukkan pada Tabel 2.

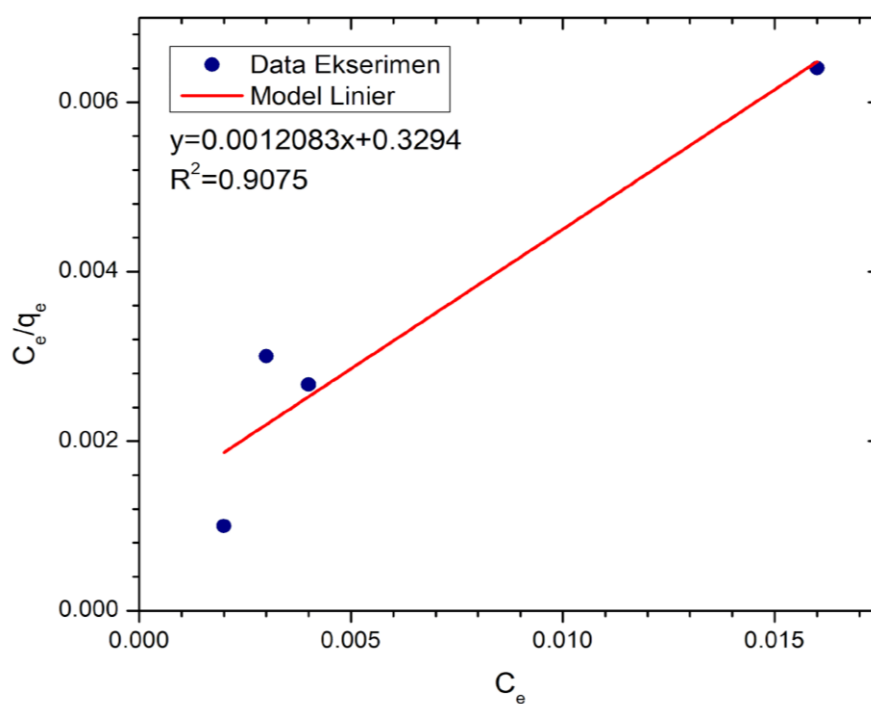
Tabel 1. Kandungan Timbal Setelah Proses Adsorpsi

Nama Sampel	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Kesetimbangan (mg/L)
A	20	0.003
B	30	0.004
C	40	0.002
D	50	0.016

Dengan menggunakan hasil perhitungan nilai rata-rata pada tabel, dapat diketahui nilai gradien dan intersep dari persamaan model. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai gradien dan intersep dari model berturut-turut adalah 0,3294 dan $1,2083 \times 10^{-3}$. Plot data hasil eksperimen dan persamaan model dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 2. Perhitungan Data Eksperimen Menggunakan Regresi Linier

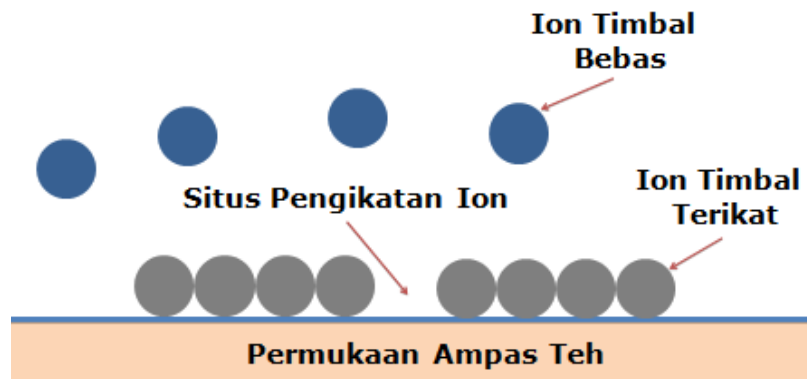
	$x (C_e)$	$y (C_e/q_e)$	xy	x^2
	0.003	0.003000	9.00135×10^{-6}	0.000009
	0.004	0.002667	1.0068×10^{-6}	0.000016
	0.002	0.001000	2.0001×10^{-6}	0.000004
	0.016	0.064020	1.0243×10^{-4}	0.000256
Rata-rata	0.00625	0.003274	3.1026×10^{-5}	0.000071

**Gambar 3.** Plot Model Linier Isoterm Langmuir

Selanjutnya, dapat ditentukan juga nilai koefisien determinan. Hasil perhitungan koefisien determinan adalah 0.9075. Nilai koefisien determinan yang mendekati 1 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara model isoterm Langmuir dengan hasil percobaan. Sehingga, model tersebut dapat digunakan untuk menggambarkan proses adsorpsi yang terjadi antara adsorben ampas teh dan ion logam timbal.

3.3 Interpretasi Model Isoterm Langmuir

Berdasarkan pada asumsi dari model isoterm Langmuir, diketahui bahwa lapisan logam timbal yang terbentuk di permukaan ampas teh memiliki ketebalan satu lapisan, seperti diilustrasikan pada Gambar 4. Selain itu, isoterm Langmuir juga mengasumsikan permukaan yang homogen. Ini juga mengindikasikan bahwa adsorben ampas teh yang terbentuk memiliki permukaan homogen, dengan setiap situs aktif hanya terdiri atas gugus hidroksil.



Gambar 4. Ilustrasi Pengikatan Ion Timbal oleh Ampas Teh

Selanjutnya, berdasarkan nilai gradien dan intersep dari persamaan model yang diperoleh, dapat dihitung nilai Q_m dan K_L pada model isoterm Langmuir. Hasil perhitungan nilai Q_m adalah 3,0353 mg/g, menunjukkan bahwa kapasitas maksimum 1 gram ampas teh dalam menyerap ion timbal adalah 3,0353 mg. Hasil perhitungan dari nilai K_L adalah 272,6632 L/mg. Nilai K_L selanjutnya dapat dihubungkan dengan faktor pemisah R_L untuk mengetahui sifat adsorpsi yang terjadi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai koefisien R_L adalah $1,048 \times 10^{-4}$. Berdasarkan nilai R_L , diketahui bahwa sifat adsorpsi yang terjadi adalah menguntungkan. Ini juga menunjukkan bahwa daya tarik logam timbal terhadap adsorben ampas teh besar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil perhitungan, diketahui bahwa model isoterm Langmuir cocok untuk digunakan dalam menggambarkan proses adsorpsi yang terjadi antara ampas teh dan logam timbal. Berdasarkan hasil perhitungan nilai Q_m , diketahui bahwa kapasitas maksimum ampas teh dalam menyerap timbal adalah 3,0353 mg/g. Nilai faktor pemisahan yaitu $1,048 \times 10^{-4}$, berada di antara 0 dan 1, menunjukkan bahwa sifat adsorpsi yang terjadi menguntungkan. Ini menunjukkan bahwa daya tarik logam timbal terhadap adsorben ampas teh besar.

Daftar Pustaka

1. R.F. Azzahra & M. Taufik, Bio-Adsorben Berbahan Dasar Limbah Ampas Teh (*Camellia Sinensis*) Sebagai Agent Penyerap Logam Berat Fe dan Pb pada Air Sungai, *Jurnal Kinetika*, Vol. 11 No. 01 (2020), p. 65-70.
2. B.R. Swistock & W.E. Sharpe, *Lead in Drinking Water* (1994). Pennsylvania: The Pennsylvania State University.

3. E.I. Unuabonah, M.O. Omorogie, N.A Oladoja, Modeling in Adsorption: Fundamental and Applications. Composite Nanoadsorbents (2019), 85-118.
4. K.Y. Foo & B.H. Hameed, Insights into the Modeling of Adsorption Isotherm System. Chemical Engineering Journal (2010), 156: 2-10.
5. D. Abriagni, Optimasi Adsorben Krom (VI) dengan Ampas Daun The (Camellia sinesis L) Menggunakan Metode Spektrofotometri (2011). Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
6. M.A. Al-Ghouti & D.A. Da'ana, Guidelines for the Use and Interpretation of Adsorption Isotherm Models: A Review. Journal of Hazardous Materials (2020), 393: 1-22.
7. X. Chen, Modeling of Experimental Adsorption Isotherm Data. Information Journal (2015), 6: 14-22.
8. J.Liu & X.Wang, Novel Silica-Based Hybrid Adsorbents: Lead(II) Adsorption Isotherm, The Scientific World Journal, (2013).
9. T. Weber & R.Chakravorti, Pore and Solid Diffusion Models for Fixed-Bed Adsorbers, AIChE, 20(2) (1974), p. 228-238.
10. M.H.Kutner, C.J.Nachtsheim, J.Neter, W.Li, Applied Linear Statistical Models. New York: The McGraw-Hill Companies (2005).
11. N.H.Bingham & J.M.Fry, Regression: Linear Model in Statistics, Springer, (2010).