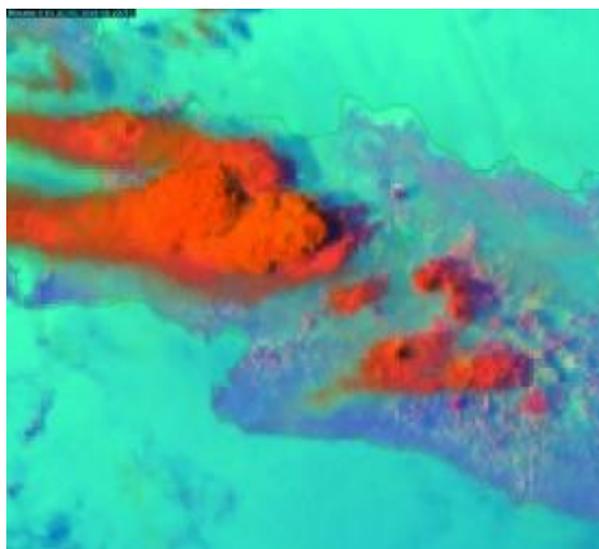
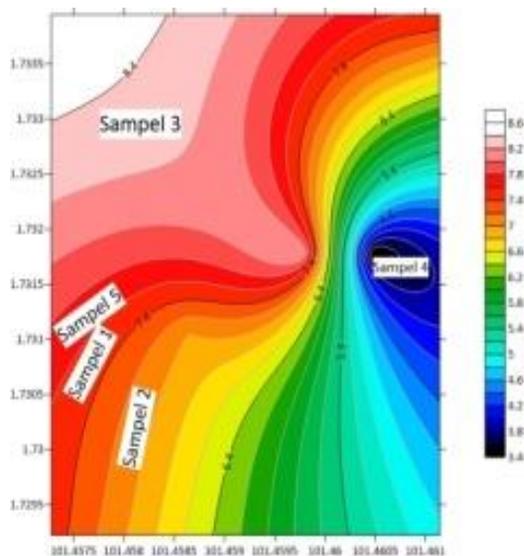


Komunikasi Fisika Indonesia





Susunan Dewan Redaksi Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

Penanggung jawab : Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

Pimpinan Redaksi : Drs. Usman Malik, M.Si

Managing Editor:

1. Dr. Rakhmawati Farma, M.Si, Universitas Riau
2. Romi Fadli Syahputra, S.Si, Universitas Riau
3. Wahyu Candra, S.Si, Universitas Riau
4. Yan Soerbakti, Universitas Riau

Dewan Reviewer / Editorial Board:

- Ketua** : Prof. Dr. Saktioto, S.Si., M.Phil (Universitas Riau)
- Anggota** :
1. Prof. Dr. Erwin, M.Sc (Universitas Riau)
 2. Prof. Dr. Warsito, DEA (Fisika FMIPA Univ. Lampung)
 3. Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc (Universitas Sumatera Utara)
 4. Prof. Dr. Edy Saputra, M.Sc (Universitas Riau)
 5. Prof. Dr. Erman Taer, M.Si (Universitas Riau)
 6. Dr. Minarni, M.Sc (Universitas Riau)
 7. Dr. Okfalisa (UIN Suska Riau)
 8. Dr. Dedi Irawan (Universitas Riau)
 9. Dr. Ing. Rahmondia Nanda Setiadi, M.Si (Universitas Riau)
 10. Dr. Efizal, M.Sc (Universitas Islam Riau)
 11. Dr. Hamzah, M.Sc (Universitas Lancang Kuning)
 12. Rizadi Sasmita Darwis, S.T., M.T. (Politeknik Caltex Riau)

Alamat Redaksi:

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru
Homepage: <https://kfi.ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI>
E-mail: kfi@ejournal.unri.ac.id

DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
STUDI TERMODINAMIKA PENUMBUHAN LAPISAN TIPIS Ga_2Te_3 <i>Yanuar Hamzah, Ariswan</i>	128-135
ANALISIS BOD, COD, DAN TSS PADA LIMBAH INDUSTRI MINYAK SAWIT DENGAN METODE FILTRASI MENGGUNAKAN KARBON AKTIF TEMPURUNG BIJI KARET <i>Ety Jumiaty, Abdul Halim Daulay, Siti Rahma Daulay</i>	136-140
ANALISIS UJI KIMIA KESADAHAN DAN BESI PADA AIR SUNGAI HULU BANGKO DENGAN MEDIA FILTRASI KARBON AKTIF KULIT KACANG TANAH <i>Ety Jumiaty, Abdul Halim Daulay, Putri Indah Sari</i>	141-145
ANALISIS PENGARUH INTRUSI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI KELURAHAN TANJUNG KAPAL <i>Usman Malik, Anjas Priandani</i>	146-153
PENGARUH DOPING TEMBAGA TERHADAP SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KOMPOSISI SERTA SIFAT KRISTALINITAS PASIR ALAM SUNGAI ROKAN DIPREPARASI DENGAN METODE <i>BALL MILLING</i> <i>Salomo, Nanda Rizki Yosefi</i>	154-160
KAJIAN PEMANFAATAN METODE <i>SEVERE HAIL INDEX</i> SECARA SPASIAL UNTUK DETEKSI KEJADIAN HUJAN ES DI JAWA BARAT <i>I Made Agus Satya</i>	161-168
EFEKTIFITAS TINGKAT PENCAHAYAAN ALAMI DAN PENCAHAYAAN CAMPURAN PADA RUANG PERKULIAHAN DI UIN SUMATERA UTARA <i>Mulkan Iskandar Nasution, Zubair Aman Daulay, Rini Rahmadani Tampubolon</i>	169-175
PERANCANGAN SISTEM <i>MONITORING</i> DAN <i>CONTROLLING SMART HOME</i> BERBASIS <i>INTERNET OF THINGS</i> <i>Abdul Hakim Prima Yuniarto, Yuni Lestiyanti, Aflah Nurcholis, Feriawan, Recha Nofillah</i>	176-182
SISTEM <i>MONITORING</i> KEBAKARAN HUTAN BERBASIS <i>INTERNET OF THINGS</i> (IoT) <i>Jesi Pebralia, Rustan, Rizqa Raaiqa Bintana, Iful Amri</i>	183-189
POTENSI NANOPARTIKEL PERAK HASIL BIOSINTESIS MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT SENTUL SEBAGAI PENDETEKSI LOGAM MERKURI <i>Ari Sulistyono Rini, Anggrid Fitriasia, Yolanda Rati</i>	190-194

STUDI TERMODINAMIKA PENUMBUHAN LAPISAN TIPIS Ga_2Te_3

Yanuar Hamzah^{1*}, Ariswan²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

²Jurusan Fisika Pendidikan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

*E-mail korespondensi: yanuar.hamzah@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

*Understanding the thermodynamic properties of Ga_2Te_3 material is a basic concept in material applications. Ga_2Te_3 material has attracted the attention of many researchers, especially its application in photodetector devices, light-emitting diodes, nano-electronics, and lithium storage materials. Therefore, this research studied the Ga-Te system thermodynamically optimized crystal temperature using F*A*C*T software. The availability of thermodynamic data from this study may be helpful in the experiments. A thin layer of Ga_2Te_3 fabricates using the closed space vapor transport method. A thin layer of Ga_2Te_3 characterizes by x-ray diffraction and energy dispersive spectroscopy (EDX). The thin layer of Ga_2Te_3 resulting from deposition is cubic structured crystalline, and its composition is stoichiometric. The results of the thermodynamic study of the deposit of the thin film Ga_2Te_3 explain a thorough understanding of the formation mechanism of the reactions that occur in the closed space vapor transport method method in the vertical reactor.*

Keywords: Thin Film, Ga_2Te_3 , Deposition, Thermodynamics, Enthalpy.

ABSTRAK

*Pemahaman sifat-sifat termodinamika material Ga_2Te_3 adalah konsep dasar dalam aplikasi material. Material Ga_2Te_3 telah banyak menarik perhatian para peneliti terutama aplikasinya dalam piranti photodetektor, light-emitting diode, nano-elektronika dan lithium storage material. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mempelajari optimasi temperatur kristal biner sistim Ga-Te secara termodinamika menggunakan perangkat lunak F*A*C*T. Tersedianya data termodinamika dari studi ini dapat berguna untuk optimalisasi parameter temperatur kristalisasi lapisan tipis Ga_2Te_3 dalam eksperimen. Lapisan tipis Ga_2Te_3 difabrikasi dengan menggunakan metoda transportasi uap jarak dekat reaktor vertikal. Lapisan tipis Ga_2Te_3 dikarakterisasi dengan difraksi sinar-x dan energy dispersive spectroscopy (EDX). Lapisan tipis Ga_2Te_3 hasil deposisi adalah kristalin berstruktur kubik dan komposisinya stoikiometri. Hasil studi termodinamika deposisi lapisan tipis Ga_2Te_3 menjelaskan pemahaman secara menyeluruh mekanisme formasi reaksi-reaksi yang terjadi pada metoda transportasi uap jarak dekat pada reaktor vertikal.*

Kata kunci: Lapisan Tipis, Ga_2Te_3 , Deposisi, Termodinamika, Entalpi.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 15-10-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Metoda transportasi uap jarak dekat (*closed-space vapor transport*) menggunakan reaktor horizontal pertama kali digunakan untuk menumbuhkan kristal semikonduktor pada era tahun 1980. Metode ini dapat menumbuhkan material semikonduktor unsur golongan III-V GaAs yang telah dipublikasi pada tahun 1983

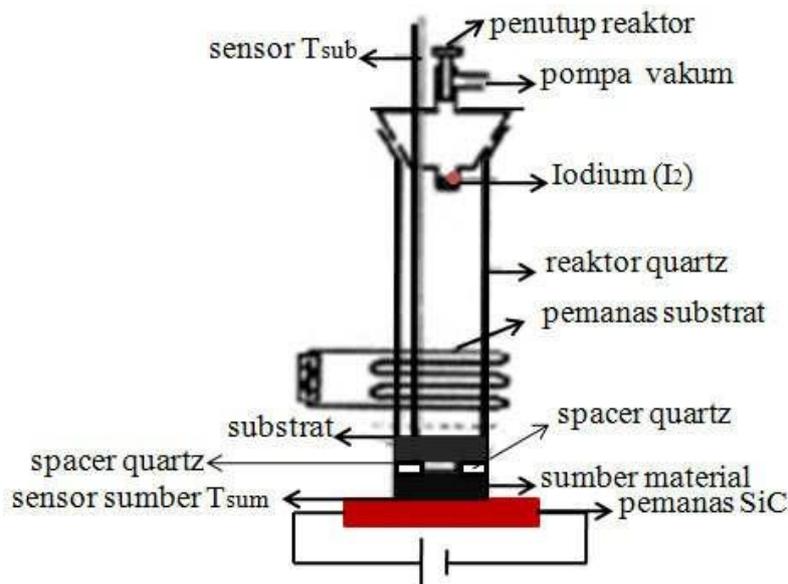
[1]. Peneliti lain meneliti kesetimbangan konsentrasi As_4 , As_2 , and Ga_2O serta menghitung laju penumbuhan deposisi GaAs [2]. Lapisan tipis unsur golongan IV-VI2 $Pb(Se,Te)_2$ telah berhasil ditumbuhkan dengan menggunakan metode transportasi uap jarak dekat menggunakan reaktor vertikal [3]. Piranti fotovoltaiik GaAs dari unsur golongan III-V telah difabrikasi dengan menggunakan metoda

transportasi uap berupa sumber material berbentuk powder GaAs dalam reaktor horizontal [4].

Material Ga_2Te_3 adalah material yang sangat banyak diaplikasikan untuk piranti photodetector, light-emitting diodes, dan nano-elektronika [5] dan lithium storage material [6]. Lapisan tipis gallium telluride telah berhasil ditumbuhkan pada temperatur 325-370°C menggunakan metoda atmospheric

pressure metal-organic chemical vapor deposition (AP- MOCVD) [7] dan metode Low Pressure Chemical Vapour Deposition (LPCVD) [8].

Fokus penelitian ini adalah mempelajari formasi penumbuhan lapisan tipis Ga_2Te_3 secara termodinamika pada substrat gelas slide mikroskop menggunakan metoda transportasi uap jarak dekat dengan reaktor vertikal yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain transportasi uap reaktor vertikal.

Parameter deposisi seperti temperatur sumber (T_{sum}) paduan material dan temperatur substrat (T_{sub}) memegang peranan penting pada mekanisme reaksi yang terjadi dalam reaktor. Lapisan tipis hasil deposisi dilakukan karakterisasi struktural difraksi sinar-x, dan penentuan konsentrasi atom (% berat) dengan energy dispersive spectroscopy (EDS).

Dalam penelitian ini, kami menyajikan hipotesis reaksi formasi yang terjadi selama pertumbuhan lapisan tipis Ga_2Te_3 dengan metoda transportasi uap jarak dekat dengan reaktor vertikal. Pendekatan termodinamika memainkan peran fase padat yang tumbuh untuk reaksi Ga-Te-I. Variasi entalpi bebas standar (energi Gibbs) dari berbagai reaksi yang mungkin sebagai fungsi dari sumber dan suhu substrat dipelajari untuk menentukan parameter deposisi. Diskusi berikutnya akan memberikan gambaran luas tentang prinsip dan mekanisme

reaksi yang berlangsung dalam reaktor vertikal [9]. Studi termodinamika disajikan untuk memperkirakan temperatur substrat dan sumber deposisi oleh perangkat lunak termodinamika F*A*C*T versi on-line dengan menginput unsur Ga dan Te maka akan didapat semua kemungkinan senyawa-senyawa perpaduan antara Ga dan Te dan didapatkan diagram antara entalpi bebas ΔG_T^0 dan temperatur (T).

METODE PENELITIAN

Pembuatan Paduan Material Ga_2Te_3

Paduan sumber material Ga_2Te_3 dibuat menggunakan metoda *Furnace Bridgman Horizontal* dari campuran stoikiometri Ga dan Te dengan kemurnian 99,99% dari produk *Sigma Aldrich*. Proses pembuatan sumber

material semikonduktor Ga₂Te₃ dengan metoda Tungku Bridgman Horizontal dengan temperatur 1000°C selama 24 jam. Polikristal Ga₂Te₃ yang terbentuk digerus dengan menggunakan mortar menjadi powder selanjutnya dimampatkan dengan tekanan 300 kg/cm² menggunakan *hydraulic press* dengan diameter 1,8 mm dan ketebalan 0,5 mm. Pelet yang terbentuk sudah siap digunakan sebagai sumber material untuk proses deposisi didalam reaktor vertikal.

Desain Transportasi Uap Reaktor Vertikal

Deposisi paduan material Ga₂Te₃ dilakukan didalam reaktor dimana sumber material dan substrat diletakkan saling berhadapan didasar reaktor yang dipisahkan oleh cincin (*spacer*) yang terbuat dari gelas *quartz* dengan jarak 1 yang dapat divariasikan antara 0,3 sampai 1 mm. Yodium (I₂) diletakkan pada bagian atas tutup reaktor yang berfungsi sebagai reagent untuk mempercepat reaksi di dalam reaktor. Reaktor divakumkan dengan menggunakan pompa difusi sekitar 10⁻³-10⁻⁴ Torr melalui katup (*valve*) dan dasar reaktor diletakkan diatas batang pemanas terbuat dari material silikon karbit (SiC) seperti terlihat pada Gambar 1.

Reaksi, pembentukan atau dekomposisi, akan menghasilkan evolusi ke keadaan variasi entalpi bebas akan negatif atau tidak sama sekali. Dengan kata lain, entalpi bebas dapat digunakan sebagai kriteria untuk memprediksi situasi keseimbangan atau reaksi spontan. Oleh sebab itu fungsi tempertaur dan tekanan, yang dapat dengan mudah dikontrol selama deposisi. Jika entalpi bebas (*Gibbs*) dinyatakan oleh G, akan ada 3 kemungkinan kasus, dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Delta G = 0 \text{ (tanpa ada reaksi)} \quad (1)$$

$$\Delta G < 0 \text{ (reaksi formasi)} \quad (2)$$

$$\Delta G > 0 \text{ (reaksi } decomposition) \quad (3)$$

Persamaan reaksi komponen Q_i menurut hukum aksi massa adalah $\sum v_i Q_i = 0$, (v_i : koefisien stoikiometri komponen Q_i). Perbedaan antara produk ΔG_T^0 dan reagen ΔG dapat dipertimbangkan sebagai berikut:

$$\Delta G = \sum v_{Q_i} G^0 \quad (4)$$

$$\Delta G^0 = \sum v_{Q_i} G_{Q_i}^0 \quad (5)$$

Substitusi persamaan (5) ke (4) dan jika $RT \ln a_{Q_i} = (G_{Q_i} - G_{Q_i}^0)$, dan $v_{Q_i} = RT \ln a_{Q_i} = v_{Q_i} (G_{Q_i} - G_{Q_i}^0)$ atau : v_{Q_i} positif untuk produk dan negatif untuk reagen, a_{Q_i} adalah aktivitas komponen Q_i didalam persamaan reaksi. Maka didapatkan hubungan sebagai berikut:

$$\Delta G^0 - \Delta G = - RT \ln [(\pi a_{Q_i}^{v_{Q_i}})] / [(\pi a_{Q_i}^{v_{Q_i}})] \quad (6)$$

Aktivitas fasa gas sama dengan tekanan parsial p_{Q_i} . Dengan memasukkan K pada persamaan (6) didapat:

$$\Delta G^0 - \Delta G = - RT \ln K \quad (7)$$

dimana:

$$K = [(\pi a_{Q_i}^{v_{Q_i}})] / [(\pi a_{Q_i}^{v_{Q_i}})] \quad (8)$$

Formulasi persamaan (9) ekuivalen dengan persamaan (7):

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K \quad (9)$$

Pada kondisi kesetimbangan antara dua proses formasi dan dekomposisi $\Delta G = 0$ persamaan (1), maka persamaan (8) menjadi:

$$\Delta G^0 = - RT \ln K_{eq} \quad (10)$$

K_{eq} konstanta kesetimbangan termodinamika jika terjadi peningkatan laju reaksi. Jika dikombinasikan persamaan (9) dan (10) maka didapat:

$$\Delta G_T^0 = - RT \ln K_{eq} + RT \ln K \quad (11)$$

dimana ΔG^0 terhadap T adalah : ΔG_T^0

Diagram $\Delta G_T^0 : T : P$ (Kontrol Atmosfir Gas Iodine dalam Reaktor)

Pada awal reaksi, pemompaan udara di ruang reaktor selama lebih dari 30 menit menurunkan tekanan parsial residual di dalamnya. Tekanan 10^{-5} Torr ($1,33 \times 10^{-8}$ bar) mudah dicapai dengan kombinasi pompa putar dan difusi. Pembentukan gas yodium dalam reaktor kemudian dikendalikan dengan memanaskan yodium padat I₂ di bagian atas reaktor. Perangkat nitrogen cair digunakan untuk memadatkan uap yodium sehingga tidak mencemari sistem pemompaan. Sublimasi yodium padat dapat diperoleh dengan reaksi kesetimbangan dalam sistem sebagai berikut:



Variasi entalpi bebas sistem berevolusi sebagai fungsi pI_2 (tekanan total), tekanan uap yodium dalam reaktor dan temperatur T (K). Dalam keadaan kesetimbangan adalah:

$$\Delta G_T^0 = -RT \ln K_{eq} = -RT \ln pI_2 \quad (13)$$

Diluar dalam keadaan kesetimbangan adalah:

$$\Delta G_T = \Delta G_T^0 + RT \ln K_{eq} \quad (14)$$

Variasi entalpi bebas standar sebagai fungsi temperatur, reaksi ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Delta G_T^0 = 63493 - 120,01T + 7,129T \ln T + 40,425(10^{-8}T^2) + 0,025(10^{-8}T^{-1}) \quad (15)$$

Tekanan minimum pI_2 dihitung menggunakan persamaan (15) adalah $4,139 \times 10^{-4}$ bar, dan berdasarkan relasi $n: P = m RT / MV$, dimana: m adalah massa gas yodium, M adalah massa molar gas yodium, V adalah volume reaktor, R adalah konstanta gas ideal

dan T adalah temperatur. Dalam experiment penelitian pembuatan lapisan tipis Ga₂Te₃, massa minimum yodium adalah 0,85 mg. Dengan diketahuinya rasio kepadatan udara kering gas yodium adalah 8,76 maka gas yodium dalam reaktor dapat mengalir ke bawah untuk mencapai permukaan sumber material Ga₂Te₃ dalam bentuk pelet yang solid di bagian bawah reaktor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam studi termodinamika formasi deposisi lapisan tipis film tipis Ga₂Te₃ sepengetahuan kami, ini adalah pertama kalinya yang dilaporkan dengan metode transportasi uap jarak dekat dengan reaktor vertikal. Dalam studi ini keberadaan berbagai reaksi dengan menggunkan variasi ΔG_T^0 sebagai fungsi temperatur T selama waktu deposisi dalam reaktor untuk menentukan parameter optimal dalam eksperimen. Faktor yang dipertimbangkan adalah reaksi terhadap kesetimbangan meskipun temperatur antara sumber dan substrat bervariasi dengan gradien temperatur 50°C. Formasi reaksi yang terjadi dari perangkat lunak termodinamika F*A*C*T versi on-line sebagai data yang digunakan dalam eksperimen.

Studi Termodinamika Penumbuhan Lapisan Tipis Ga₂Te₃

Kondisi awal untuk pengoperasian reaktor dapat ditentukan oleh tekanan uap yodium pI_2 , pada temperatur didasar reaktor, T_r. Kondisi didefinisikan sesuai dengan panas yang disuplai secara eksternal oleh silikon karbida (SiC) yang diberikan pada tegangan tertentu untuk sebagai energi termal pada temperatur konstan T_{so} yang disetting menggunakan termokopel untuk memanasi sumber material sumber Ga₂Te₃ dalam bentuk pelet. Setelah sumber material Ga₂Te₃ dipanaskan maka akan terbentuk senyawa-senyawa yang terdiri dari beberapa elemen logam Ga dan beberapa elemen kalkogenida Te. Mekanisme formasi transportasi senyawa padat ini ke permukaan

substrat oleh yodium gas (I_2), dapat diasumsikan tiga sebagai berikut:

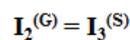
- Langkah 1 - pertama elemen logam diubah menjadi fase gas iodida, oleh "reaksi etsa" (*etching*) sementara fenomena penguapan terjadi secara bersamaan. Yodida dan unsur gas kalkogenida diangkut segera dari permukaan sumber.
- Langkah 2 - Kemudian spesies gas yodida (I_2) bergerak menuju substrat dan terjadi proses pencampuran (*mixing*) dengan unsur-unsur logam Ga pada permukaan substrat,

parameter yang mengendalikan tahap ini adalah: temperatur sumber material Ga_2Te_3 , jarak substrat ke sumber dan tekanan gas yodium (pI_2).

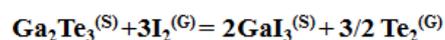
- Langkah 3 - reaksi unsur-unsur logam Ga mengalami deposisi dengan unsur-unsur gas Te untuk pembentukan film tipis padat Ga_2Te_3 yang komposisinya tergantung pada kondisi eksperimental.

Gambar 2 merepresentasikan tiga langkah di atas, reaksi senyawa M, mewakili unsur logam Ga, dan X unsur kalkogenida Te.

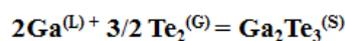
Langkah 1: reaksi etsa (*etching*)



Langkah 2: reaksi pencampuran (*mixing*)



Langkah 3: reaksi deposisi



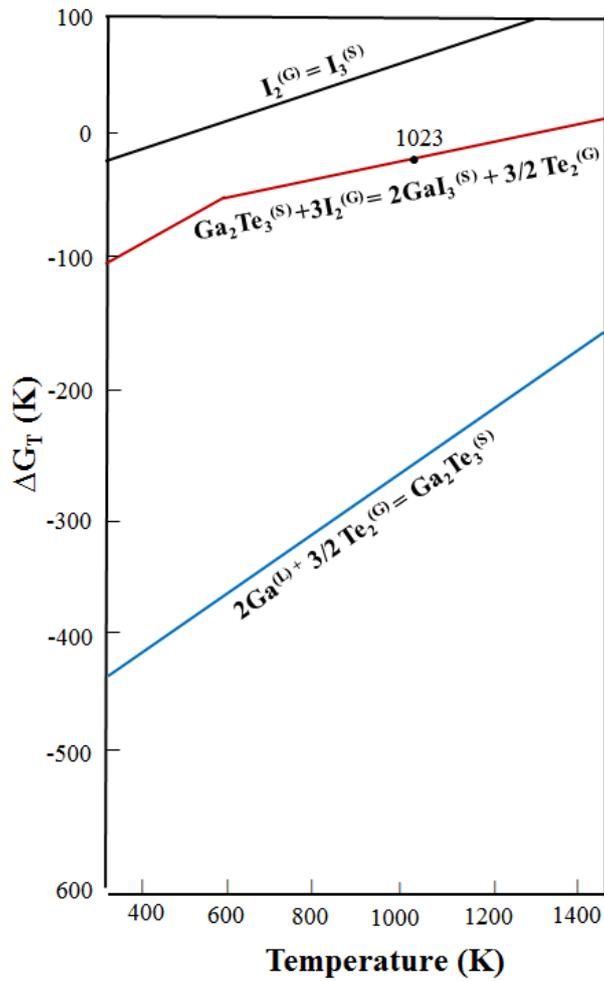
Formasi Ga_2Te_3 /substrat

Gambar 2. Formasi reaksi deposisi lapisan tipis Ga_2Te_3 dalam reaktor.

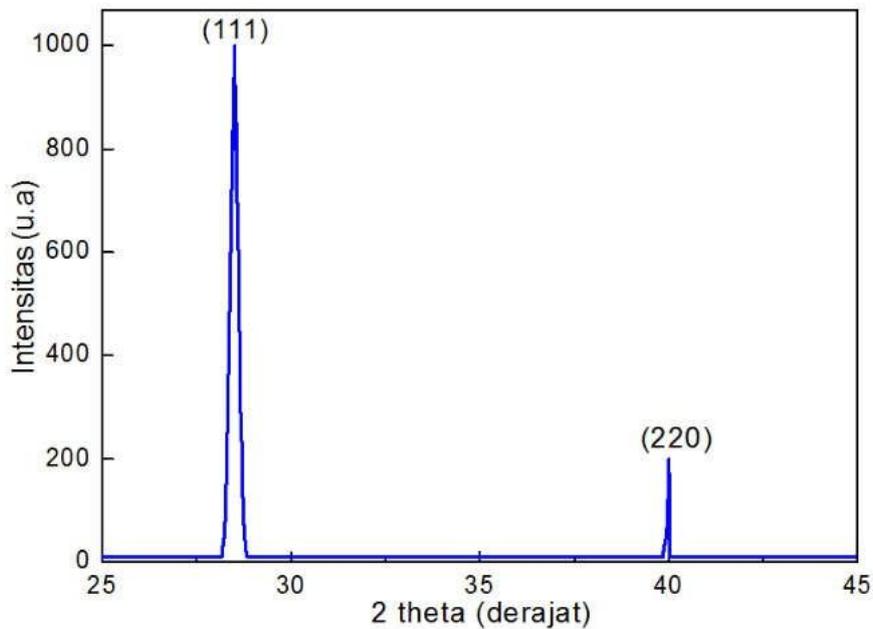
Variasi ΔG_T^0 sebagai fungsi temperatur dari hasil perangkat lunak termodinamika F*A*C*T versi on-line disajikan pada Gambar 3.

Variasi ΔG_T fungsi temperatur untuk reaksi deposisi penumbuhan lapisan tipis Ga_2Te_3 dengan transportasi uap reaktor vertikal dipresentasikan pada Gambar 3. Temperatur optimal reaksi terjadi pada 1023K untuk mendeposisikan material Ga_2Te_3 dengan slope reaksi bernilai positif untuk semua langkah reaksi etsa (*etching*), pencampuran (*mixing*) dan deposisi. Pencampuran Ge + Te dalam fasa cair telah dihitung secara kalorimeter dimana entalpi ΔH_f adalah 1200K [10]. Kristal Ga_2Te_3 mendekati stoikiometri bergantung pada temperatur dalam fasa cair [11].

Hasil eksperimen penumbuhan lapisan tipis Ga_2Te_3 yang dideposisikan pada substrat glas slide mikroskop dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-x, dan penentuan konsentrasi atom (% berat) dengan *energy dispersive spectroscopy* (EDS). Pengukuran difraksi sinar-X pada film tipis Ga_2Te_3 hasil deposisi pada suhu sumber 750°C dengan waktu deoposisi 10 menit menunjukkan bahwa lapisan tipis tersebut berstruktur kristal kubik (F-43m) dan pola difraksi sinar-x ini cocok dengan data literatur standart difraksi sinar-x (JCPDS No.35-1490). Puncak dengan intensitas tertinggi pada bidang orientasi (111), hasil ini sesuai dengan referensi [8].



Gambar 3. Grafik evolusi ΔG_T fungsi temperatur untuk reaksi deposisi penumbuhan lapisan tipis Ga_2Te_3 dengan transportasi uap reaktor vertikal.



Gambar 4. Grafik spektrum difraksi sinar-x lapisan tipis Ga_2Te_3 dengan transportasi uap reaktor vertikal.

Analisis *energy dispersive spectroscopy* (EDX) pada lapisan tipis Ga₂Te₃ yang dideposisi pada temperatur sumber 750°C menunjukkan rasio Ga:Te 2:3 dimana konsentrasi dalam berat atom (% *weight*) unsur Ga adalah 39,96% dan Te adalah 60,04% dan tidak ada pengotor yodium. Metoda transportasi uap jarak dekat dengan reaktor vertikal telah berhasil untuk pertama kali menumbuhkan lapisan tipis Ga₂Te₃.

KESIMPULAN

Pemahaman sifat-sifat termodinamika dari material adalah isu fundamental dalam fisika. Dalam studi ini temperatur penumbuhan lapisan tipis Ga₂Te₃ dengan metoda transportasi uap jarak dekat menggunakan reaktor vertikal telah dihitung secara termodinamika. Hasil perhitungan dari perangkat lunak termodinamika F*A*C*T versi on-line temperatur optimal reaksi terjadi pada 1023K untuk mendeposisikan material Ga₂Te₃ dengan slope reaksi bernilai positif. Kualitas lapisan tipis hasil deposisi berstruktur kristal kubik (*F-43m*) dengan rasio konsentrasi Ga:Te adalah 2:3.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada perangkat lunak termodinamika F*A*C*T versi on-line yang mana dengan perangkat lunak ini studi termodinamika untuk memprediksi temperatur optimal dalam eksperimen pembuatan lapisan tipis Ga₂Te₃ dengan metode transportasi uap reaktor vertikal.

REFERENSI

- Chávez, F., Mimila-Arroyo, J., Bailly, F., & Bourgoin, J. C. (1983). Epitaxial GaAs by Close Space Vapor Transport. *J. Appl. Phys.*, **54**(11), 6646–6651.
- Cote, D., Dodelet, J. P., Lombos, B. A., & Dickson, J. I. (1986). Epitaxy of GaAs by the Close-Spaced Vapor Transport Technique. *J. Electrochem. Soc.*, **133** (9), 1925–1934.
- Yanuar, H., & Ariswan, A. (2019). Growth Mechanism and Characterization of PbTe_{0.5}Se_{0.5} Thin Films Used by Closed- Space Vapor Transport in a Vertical Reactor. *Reaktor*, **19**(1), 11–17.
- Ritenour, A. J., Boucher, J. W., DeLancey, R., Greenaway, A. L., Aloni, S., Boettcher, S. W. (2015). Doping and Electronic Properties of GaAs Grown by Close Spaced Vapor Transport from Powder Sources for Scalable III-V Photovoltaics. *Energy Environ. Sci.*, **8**(1), 278-285.
- H. Yan, X. Liang, S. Dong, Y. Lei, G. Zhang, R. Chen, J. Hu, M. Jing, S. Wang, X. Su, C. Qin, L. Xiao, & S. Jia. (2021). Exploration of exciton dynamics in GaTe nanoflakes via temperature- and power dependent time-resolved photoluminescence spectra. *Opt. Express*, **29**, 8880–8889.
- Hoang Huy, V. P., Kim, I. T., & Hur, J. (2022). Gallium-Telluride-Based Composite as Promising Lithium Storage Material. *Nanomaterials (Basel)*, **12**(19), 3362–3373.
- Gillan, E. G., & Barron, A. R. (1997). Chemical Vapor Deposition of Hexagonal Gallium Selenide and Telluride Films from Cubane Precursors: Understanding the Envelope of Molecular Control. *Chem. Mater.*, **9**, 3037–3048.
- Kathryn, G., Keesde Groot, C.H., Chitra, G., Andrew L. H., Ruomeng, H., Marek J., William L., & Gillian R. (2013). Low Pressure Chemical Vapour Deposition of Crystalline Ga₂Te₃ and Ga₂Se₃ Thin Films from Single Source Precursors Using Telluroether and Selenoether Complexes. *Physics Procedia*, **46**, 142–148.
- Bhupendra, K., Chandra, S. T., Min-Kyu, P., & Manas, P. (2021). Thermodynamic modelling of the ternary Bi-Ga-Te system

- for potential application in thermoelectric materials. *Calphad*, **74**, 102326.
10. Castanet, R., & Bergman, C., (1977), Thermodynamic functions and structure of gallium + tellurium liquid alloys, *The Journal of Chemical Thermodynamics*, **9**(12), 1127–1132.
 11. Chang-Seok, O., & Dong Nyung, L., (1992), Thermodynamic assessment of the Ga-Te system, *Calphad*, **16**(3), 317–330.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

ANALISIS BOD, COD, DAN TSS PADA LIMBAH INDUSTRI MINYAK SAWIT DENGAN METODE FILTRASI MENGGUNAKAN KARBON AKTIF TEMPURUNG BIJI KARET

Ety Jumiati*, Abdul Halim Daulay, Siti Rahma Daulay

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*E-mail korespondensi: etyjumiati87@gmail.com

ABSTRACT

This research has carried out the quality of palm oil wastewater before filtration, after filtration, and the most optimal variation. In this study using activated carbon seed shell, zeolite, and silica sand with sample variation A: (60%:20%:20%), B: (50%:25%:25%), and C: (40% :30%:30%). Tests in this study include: (BOD, COD and TSS). The results of testing the palm oil industrial waste before the filtration process did not meet the RI Minister of Environment Regulation No. 5 tahun 2014, while after the filtration process it met the requirements of the RI Minister of Environment Regulation No. 5 tahun 2014, and the most optimal variation in this test was sample A with value 60% activated carbon.

Keywords: Rubber Seed Shell, Activated Carbon, BOD, COD, TSS.

ABSTRAK

Penelitian ini telah menyelidiki kualitas air limbah minyak sawit sebelum dilakukan filtrasi, setelah dilakukan filtrasi, dan variasi paling optimum. Dalam penelitian ini menggunakan karbon aktif tempurung biji karet, zeolit, dan pasir silika dengan variasi sampel A: (60%:20%:20%), B: (50%:25%:25%), dan C: (40%:30%:30%). Pengujian pada penelitian ini meliputi: (BOD, COD dan TSS). Hasil pengujian limbah industri minyak sawit sebelum dilakukan proses filtrasi belum memenuhi PERMEN LH RI No.5 Tahun 2014, sedangkan setelah dilakukan proses filtrasi sudah memenuhi PERMEN LH RI No.5 Tahun 2014, dan variasi paling optimum pada pengujian ini yaitu sampel A dengan nilai karbon aktif 60%.

Kata kunci: Tempurung Biji Karet, Karbon Aktif, BOD, COD, TSS.

Diterima 21-07-2022 | Disetujui 01-11-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Di Indonesia perkebunan karet relatif cukup pesat perkembangannya, potensi tempurung biji karet yang dihasilkan sebanyak 500 kg/Ha/tahun. Apabila luas suatu perkebunan karet 226.706/Ha berarti limbah tempurung biji karet yang dihasilkan berkisar sebesar 113.353 ton/tahun [1].

Sejauh ini pemanfaatan tempurung biji karet oleh petani karet hanya masih kurang efektif. Tempurung biji karet dalam penelitian ini digunakan sebagai karbon aktif, pembuatan karbon aktif dari tempurung biji karet dilakukan dengan dua proses yaitu proses

karbonisasi dan proses aktivasi. Tempurung biji karet dipilih sebagai bahan baku karbon aktif dalam penelitian ini karena mengandung senyawa berupa selulosa dan lignin yang cukup tinggi bahannya mudah didapatkan [2].

Metode pemfilteran merupakan metode penyaringan yang berfungsi untuk memisahkan padatan dari air limbah dengan kelajuan aliran tertentu melewati media berpori. Metode pemfilteran dikategorikan menjadi dua yaitu konvensional dan non konvensional. Prinsip dasar dari metode pemfilteran yaitu meningkatkan suatu kualitas air limbah sebelum dibuang kelingkungan masyarakat. Adapun media filtrasi dalam

penelitian ini yaitu karbon aktif tempurung biji karet, zeolit dan pasir silika [3].

Karbon aktif mempunyai pori, dan memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat mengadsorpsi atau menyerap zat-zat organik (pengotor) yang tidak dapat dibiodegradasi, sebagai adsorben pengolahan limbah serta pemurnian air. Zeolit merupakan kerangka yang memiliki kapasitas untuk melepaskan atau menyerap air tanpa merusak strukturnya. Pada saat proses filtrasi zeolit berfungsi menyaring zat besi (Fe), menambah kadar oksigen, dan menyerap zat kapur dalam air limbah [4].

Pasir silika merupakan pasir yang berasal dari hasil pelapukan batuan-batuan yang memiliki kandungan mineral utama. Pada proses pemfilteran pasir silika berfungsi untuk menghilangkan sifat fisik air dengan cara menyaring zat pengotor yang tersuspensi dalam air [5].

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan semua zat organik (pengotor) yang tersuspensi dalam air. Kadar BOD dapat dilihat dari sumber bahan yang digunakan dalam proses pengolahan minyak industri sawit. COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan banyaknya kebutuhan oksigen kimia agar zat-zat organik yang ada dalam air limbah dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. TSS (*Total Suspended Solid*) banyaknya lumpur kering dalam limbah [6].

Limbah cair kelapa sawit merupakan hasil dari proses pengolahan kelapa sawit yang memiliki kandungan padatan tersuspensi. Padatan tersebut bila dialirkan ke perairan umum akan, terurai secara perlahan, mengendap, mengkonsumsi oksigen yang terdapat di dalam air, yang mengakibatkan mengeluarkan bau yang tidak enak dan kurang baik untuk kesehatan. Limbah cair kelapasawit terbagi atas beberapa golongan yaitu golongan limbah cair, golongan limbah padat, dan golongan limbah gas [7].

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas air limbah minyak industri sebelum dan sesudah filtrasi, dan mengetahui variasi pencampuran karbon aktif, zeolit dan pasir silika yang paling optimum dalam proses pengolahan air limbah minyak industri.

METODE PENELITIAN

Adapun alat penelitian yang digunakan yaitu: keran air, ayakan, pipa bening, oven, *furnace*, dan selang air sedangkan bahan yang digunakan yaitu: karbon aktif tempurung biji karet, zeolit, pasir silika, aquadest dan larutan H_3PO_4 7%. Proses pemfilteran limbah cair kelapa sawit melewati beberapa tahap diantaranya: pengambilan sampel air limbah, proses pemfilteran dengan menggunakan variasi sampel A, B, dan C, proses pengujian untuk kadar BOD, COD, dan TSS, kemudian hasil pengujian dibandingkan dengan baku mutu limbah cair sesuai dengan PERMEN LH RI No. 5 Tahun 2014 [9].

Tabel 1. Baku mutu air limbah industri minyak sawit [8].

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	(mg/l)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan lemak	25	0,063
Nitrogen total (sebagai N)	50	0,125
pH		6,0-9,0
Debit limbah paling tinggi	2,5 m ² per ton produk minyak sawit (CPO)	

Untuk menghitung persentasi penurunan BOD, COD, dan TSS dengan menggunakan persamaan:

$$(\%) = \frac{\text{sebelum filtrasi} - \text{setelah filtrasi}}{\text{setelah filtrasi}} \times 100\% \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 merupakan hasil pengujian kualitas sampel sebelum dilakukan proses pemfilteran.

Tabel 2. Nilai sebelum pemfilteran.

Parameter Uji	Hasil Uji	PERMEN LH No. 5 Tahun 2014
BOD	699 mg/l	100 mg/l
COD	981 mg/l	350 mg/l
TSS	839 mg/l	250 mg/l

Pada Tabel 2 limbah cair kelapa sawit sebelum difiltrasi untuk parameter uji BOD dengan nilai 699 mg/l dan maksimalnya 100 mg/l, untuk parameter uji COD dengan nilai 981 mg/l dan maksimalnya 350 mg/l, untuk parameter uji TSS dengan nilai 839 mg/l dan maksimalnya 250 mg/l, dimana ketiga parameter uji belum memenuhi baku mutu air limbah cair PERMEN LH RI No. 5 Tahun 2014.

Parameter Uji BOD

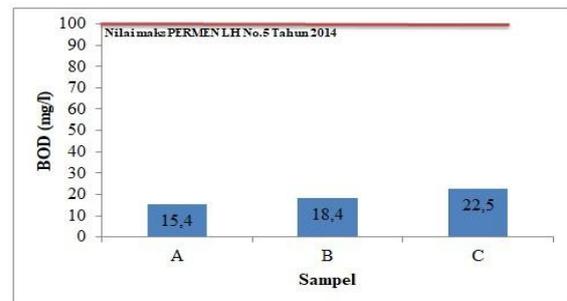
Tabel 3 hasil pengujian kualitas BOD setelah dilakukan proses pemfilteran.

Tabel 3. Kadar BOD.

Sampel	Hasil	PERMEN LH No. 5 Tahun 2014
A	15,4 mg/l	
B	18,4 mg/l	100 mg/l
C	22,5 mg/l	

Gambar 1 menunjukkan ketiga variasi sampel mengalami kenaikan yang disebabkan penggunaan karbon aktif tempurung biji karet, semakin banyak tempurung biji karet yang digunakan pada saat proses pemfilteran semakin menurun nilai kadar BOD yang dihasilkan. Upaya

penurunan paling optimal kadar BOD yaitu sampel A sebesar 97,79%. Saputri (2016) tentang pengaruh konsentrasi aktivator KOH terhadap pembuatan karbon aktif dari cangkang sawit untuk mengolah pome, hasil penurunan kadar BOD dari 1725 mg/l menjadi 495,10 mg/l dengan upaya penurunan sebesar 71,29%.



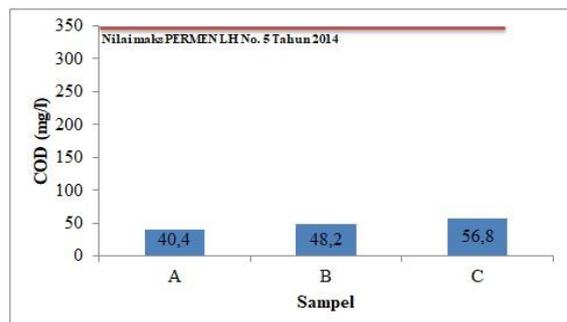
Gambar 1. Nilai pengukuran kadar BOD.

Parameter Uji COD

Tabel 4 merupakan hasil pengujian kualitas COD setelah dilakukan proses pemfilteran.

Tabel 4. Kadar COD.

Sampel	Hasil	PERMEN LH No. 5 Tahun 2014
A	40,4 mg/l	
B	48,2 mg/l	350 mg/l
C	56,8 mg/l	



Gambar 2. Nilai pengukuran kadar COD.

Gambar 2 menunjukkan ketiga variasi sampel mengalami kenaikan yang disebabkan penggunaan karbon aktif tempurung biji karet, semakin banyak tempurung biji karet yang digunakan pada saat proses pemfilteran semakin menurun nilai kadar COD yang

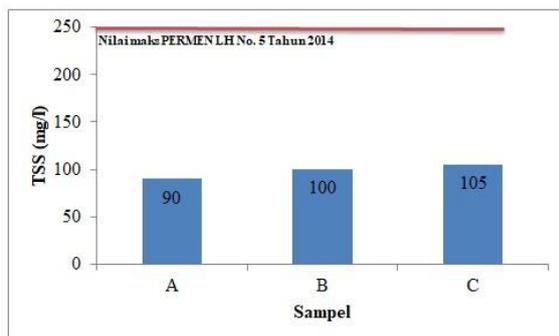
dihasilkan. Upaya penurunan paling optimal kadar COD yaitu sampel A sebesar 95,88%. Munandar (2017) tentang penyisihan COD dari limbah cair kelapa sawit menggunakan karbon aktif, hasil penurunan kadar COD dari 2612,4 mg/l menjadi 760,9 mg/l dengan upaya penurunan sebesar 70,87% [10].

Parameter Uji TSS

Tabel 5 merupakan hasil pengujian kualitas TSS setelah dilakukan proses pemfilteran.

Tabel 4. Kadar TSS.

Sampel	Hasil	PERMEN LH No. 5 Tahun 2014
A	90 mg/l	
B	100 mg/l	250 mg/l
C	105 mg/l	



Gambar 3. Nilai pengukuran kadar TSS.

Gambar 3 menunjukkan ketiga variasi sampel mengalami kenaikan yang disebabkan penggunaan karbon aktif tempurung biji karet, semakin banyak tempurung biji karet yang digunakan pada saat proses pemfilteran semakin menurun nilai kadar TSS yang dihasilkan. Upaya penurunan paling optimal kadar TSS yaitu sampel A sebesar 89,27%. Sesuai dengan penelitian tentang pengaruh konsentrasi aktivator KOH terhadap pembuatan karbon aktif dari cangkang sawit untuk mengolah pome, bahwa hasil penurunan kadar TSS dari 1200 mg/l menjadi 322 mg/l dengan upaya penurunan sebesar 73,16%.

KESIMPULAN

Proses filtrasi dengan variasi komposisi bahan filter dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS yang telah sesuai dengan PERMEN LH RI No. 5 Tahun 2014. Variasi komposisi paling optimal didapatkan sampel A dengan upaya penurunan kadar BOD sebesar 97,79%, kadar COD sebesar 95,88%, dan kadar TSS sebesar 89,27%. Semakin banyak karbon aktif tempurung biji karet yang digunakan pada saat proses pemfilteran maka semakin rendah nilai kadar BOD, COD, dan TSS.

REFERENSI

1. Efiyanti, L., Wati, S. A., & Maslahat, M. (2020). Pembuatan dan analisis karbon aktif dari cangkang buah karet dengan proses kimia dan fisika. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, **14**(1), 94–108.
2. Astawan, I. K. S., Agustina, L., & Susi, S. (2018). Pemanfaatan Cangkang Biji Karet Dan (Havea Brasiliensis) Dan Cangkang Kemiri (Aleurites Moluccana) Sebagai Bahan Baku Biobriket. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, **43**(2), 111–122.
3. Millatisilmi, A. Q. (2020). *Eco Filter Air Dengan Memanfaatkan Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) sebagai Media Filtrasi untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb)*. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Sentosa, Leo. (2019). Aktivasi Zeolit Dengan Asam dan Basa Sebagai Aditif Campuran Beraspal Hangat (Warm Mixed Asphalt). *Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Bidang Sipil*, **25**(3).
5. Zahro, S. F. (2020). *Rancang bangun filter limbah cair laundry skala rumah tangga dengan menggunakan multimedia filter* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
6. Saputri, D. E. (2016). Pengaruh Konsentrasi Dan Suhu Aktivator KOH Pada Proses Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Sawit Untuk Mengolah

- Pome. *Skripsi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang*.
7. Daulay, L. (2021). *Pengaruh Tegangan Listrik Pada Metode Elektrokoagulasi Dalam Menjernihkan Limbah Cair Kelapa Sawit* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara).
 8. Baku Mutu air Limbah Bagi Usaha atau Kegiatan Industri Minyak Sawit Menurut PERMEN LH RI No. 5 Tahun 2014.
 9. Ardiansyah, J. (2020). *Pembuatan Filter Berbasis Karbon Aktif Zeolit dan Pasir Silika Untuk Pengolahan Air*. Skripsi Medan, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
 10. Munandar, A., Muhammad, S., & Mulyati, S. (2016). Penyisihan COD Dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Nano Karbon Aktif. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, **11**(1), 24-31.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

ANALISIS UJI KIMIA KESADAHAN DAN BESI PADA AIR SUNGAI HULU BANGKO DENGAN MEDIA FILTRASI KARBON AKTIF KULIT KACANG TANAH

Ety Jumiati*, Abdul Halim Daulay, Putri Indah Sari

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*E-mail korespondensi: etyjumiati87@gmail.com

ABSTRACT

The filtering of river water has been carried out with the aim of knowing the advantages of the river water upstream of Bangko before the filtration process is carried out, after the filtrations proces is caried out, and to determine the most optimum variation. In this study using the composition of activated carbon of peanut shells, silica sand, manganese, and zeolite with sample variations A (30% : 30% : 20% : 20%), B (35% : 25% : 20% : 20%), and C (40% : 20% : 20% : 20%). In this study, the chemical test parameters were: (hardness, and iron). The results of testing the river water before the filtration process has not met the PERMENKES RI No. 32 of 2017. Meanwhile, after the river water filtration process has met the clian waters standard based on the PERMENKES RI No. 32 of 2017. And the optimum variation is sample C with an activated carbon value of 40%.

Keywords: Activated Carbon, Peanut Shell, Filtering.

ABSTRAK

Telah dilakukan pemfilteran air sungai yang bertujuan untuk mengetahui keunggulan dari air sungai hulu bangko sebelum dilakukan proses filtrasi, setelah dilakukan proses filtrasi, dan untuk mengetahui variasi paling optimum. Dalam penelitian ini menggunakan komposisi karbon aktif kulit kacang tanah, pasir silika, manganese, dan zeolit dengan variasi sampel A (30% : 30% : 20% : 20%), B (35% : 25% : 20% : 20%), dan C (40% : 20% : 20% : 20%). Pada penelitian ini parameter uji kimia yaitu: (kesadahan, dan besi). Hasil pengujian air sungai sebelum dilakukan proses filtrasi belum memenuhi PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017. Sedangkan setelah dilakukan proses filtrasi air sungai sudah sesuai standar air bersih PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017. Dan variasi optimum yaitu sampel C dengan nilai karbon aktif 40%.

Kata kunci: Karbon Aktif, Kulit Kacang, Pemfilteran.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 01-11-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Di daerah pedesaan air masih sulit untuk ditemukan oleh karena itu banyak masyarakat yang menggunakan air sungai dan air tanah untuk kegiatan sehari-hari salah satu contohnya di desa Hulu Bangko Provinsi Riau Kabupaten Rokan Hilir yang sulit untuk memukan air bersih. Sehingga masyarakatnya menggunakan air bersih untuk kegiatan sehari-hari seperti: untuk minum, mencuci, masak, mandi, dari air sungai yang kondisi airnya berwarna kuning kecoklatan. Salah satu penyebab air

berwarna kuning kecoklatan yaitu karena banyak mengandung kesadahan dan zat besi melebihi standar air bersih. Air yang memiliki zat besi dan kesadahan melebihi sandar maksimum akan menimbulkan endapan kerak yang menempel pada pipa akan menyebabkan cucian pakaian menjadi kuning, dan dapat menurunkan efektivitas kerja sabun [1]. Selain itu dapat juga menimbulkan iritasi pada mata dan kulit [2]. Oleh karena itu pengolahan dan penjernihan air sungai perlu dilakukan agar air kembali bersih dan dapat digunakan untuk kegiatan sehari-hari.

Banyak metode yang digunakan untuk proses penjernihan dan pengolahan air seperti: menggunakan teknologi canggih yang biayanya mahal, secara kimia yang berbiaya murah tetapi berbahaya untuk kesehatan dan menggunakan teknologi yang sederhana dengan biaya murah tanpa bahan kimia sehingga ramah lingkungan. Oleh karena itu untuk mengurangi risiko dari penggunaan bahan kimia dan meminimum biaya bisa dilakukan dengan memakai bahan yang alami dan ramah lingkungan untuk penjernihan air salah satu caranya dengan metode filtrasi variasi bertingkat yang menggunakan karbon aktif sehingga kotoran yang terkandung dapat tersaring [3].

Karbon aktif terbagi menjadi 2 bagian yaitu karbon aktif sebagai pemucat berbentuk serbuk berfungsi memindahkan zat-zat pengganggu dan karbon aktif berbentuk granular berfungsi untuk pelarut dan penjernihan. Ada 3 cara dalam pembuatan karbon aktif yaitu dehidrasi, karbonisasi dan Aktivasi [4, 5]. Karbon aktif kulit kacang tanah adalah bahan alami yang bisa digunakan dalam proses penjernihan air karena kulit kacang tanah memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu 63,5%, selain mudah didapatkan dengan harga yang ekonomis [6].

Pasir silika merupakan mineral yang memiliki struktur kristal heksagonal termasuk dalam media penyaringan kekeruhan seperti kotoran, lumpur, pasir dan endapan yang terdapat pada air [7]. Manganese digunakan

sebagai media pengolahan air yang baik karena mampu menukar ion, katalis dan penyangga dalam proses pemfilteran [7]. Zeolit dapat digunakan dalam pemfilteran air karena memiliki struktur berongga dan mampu menukar ion yang terdapat pada kandungan air [8].

Dari penjelasan tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk memfilter air sungai hulu bangko dengan bahan karbon aktif kulit kacang tanah, manganese, pasir silika dan zeolit. Adapun parameter ujinya yaitu parameter kimia (besi dan Kesadahan) yang dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2017.

METODE PENELITIAN

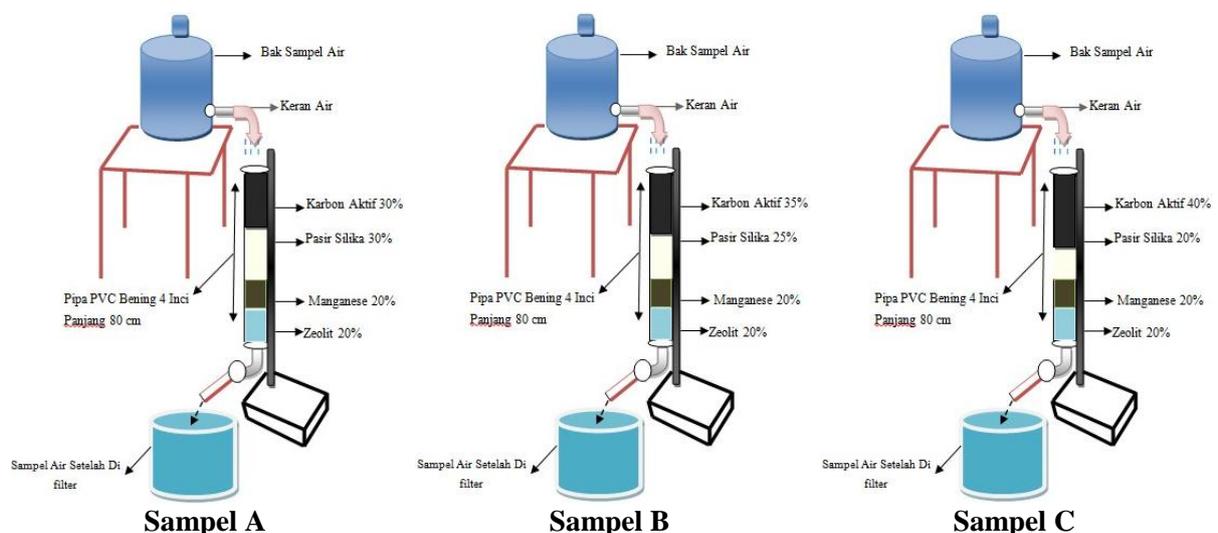
Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan alat yaitu: *furnace*, oven, pipa bening 4 inci, pipa pvc 2 inci, jerigen 5 liter, selang, keran air, botol air, dan saringan. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu: air sungai hulu bangko, karbon aktif kulit kacang tanah, pasir silika, manganese, zeolit, aquades, dan HCl 8 M.

Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini yaitu:

1. Diambil sampel air sungai hulu bangko lalu diuji parameter kimia (besi dan kesadahan).



Gambar 1. Skema rancangan proses pemfilteran air dengan variasi sampel.

2. Dibandingkan hasil pengujian sebelum proses pemfiliran dengan PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017.
3. Disiapkan sampel air yang telah diuji lalu dilakukan proses pemfiliran air sungai dengan variasi sampel A, B, dan C seperti pada Gambar 1.
4. Air sungai yang telah terfiltrasi dengan variasi A, B, dan C dimasukkan kedalam botol.
5. Dilakukan pengujian air setelah pemfiliran untuk parameter kimia (besi dan kesadahan).
6. Dibandingkan hasil pengujian setelah proses pemfiliran dengan PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017.

Untuk mencari persentasi penurunan kadar kesadahan dan besi menggunakan rumus:

$$\text{Kesadahan (\%)} = \frac{\text{sebelum} - \text{sesudah}}{\text{sebelum}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Besi (\%)} = \frac{\text{sebelum} - \text{sesudah}}{\text{sebelum}} \times 100\% \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Air Sungai Sebelum Proses Filtrasi

Hasil pengujian sebelum dilakukan proses filtrasi untuk parameter kimia tidak sesuai dengan PERMEMKES RI No. 32 Tahun 2017 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian air sungai sebelum proses filtrasi.

Parameter Fisika	Hasil Uji	PERMENKES	Parameter Kimia	Hasil Uji	PERMENKES
		RI No. 32 Tahun 2017			RI No. 32 Tahun 2017
Keruh	30 NTU	25NTU	pH	6,24	6,5 – 8,5
Warna	110 TCU	50 TCU	(Fe)	1,51 mg/l	1,0 mg/l
TDS	305 mg/l	1500 mg/l	Sadah	630 mg/l	500 mg/l
Suhu	20,8°C	± 3°C	(Mn)	0,0752 mg/l	0,5 mg/l
Rasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Nitrat	7 mg/l	10 mg/l
Bau	Berbau	Tidak berbau	-	-	-

Hasil Air Sungai Setelah Pemfiliran

Kesadahan

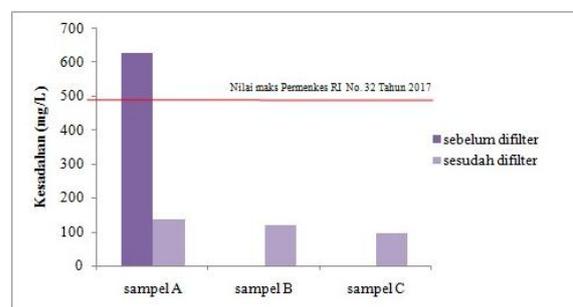
Hasil kesadahan bida dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Hasil uji kesadahan.

Sampel	Hasil	PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017
A	138 mg/l	500 mg/l
B	121 mg/l	
C	96,5 mg/l	

Gambar 2 menunjukkan hasil uji dari nilai kesadahan mengalami penurunan karena penggunaan karbon aktif hal ini sesuai dengan sifat karbon aktif yang berfungsi sebagai penyerap zat pengotor selain itu karbon aktif telah diaktivasi menggunakan larutan kimia

HCl 8 M sehingga luas permukaan dan pori-pori karbon aktif meningkat. Turunnya kesadahan paling optimum terdapat pada sampel C sebesar 84,76% [3, 9, 10].



Gambar 2. Hasil uji kesadahan.

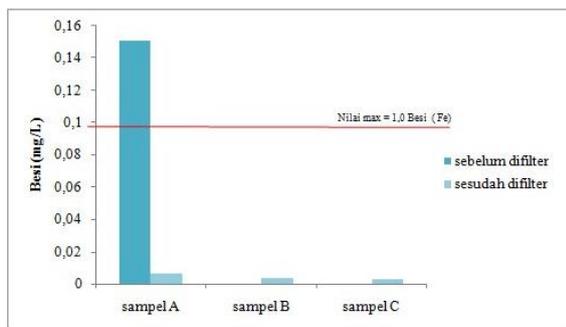
Besi

Hasil kesadahan bida dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Hasil uji besi.

Sampel	Hasil	PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017
A	0,00611 mg/l	
B	0,00378 mg/l	500 mg/l
C	0,00288 mg/l	

Gambar 3 menunjukkan uji dari kadar besi mengalami penurunan karena penggunaan karbon aktif, hal ini sesuai dengan fungsi karbon aktif yang dapat mengadsorpsi besi pada air menjadi tidak larut sehingga kadar besi dalam air bisa dipisahkan dengan metode filtrasi. Semakin banyak karbon aktif yang digunakan maka semakin menurun kadar besi yang dihasilkan. Penurunan besi paling optimum dihasilkan pada sampel C sebesar 99,80% [8].



Gambar 3. Hasil uji besi.

Hasil Persentase Kadar Kesadahan dan Besi

Kesadahan

Sampel A:

$$\text{Kesadahan (\%)} = \frac{630 - 138}{630} \times 100\% = 78,09\%$$

Sampel B:

$$\text{Kesadahan (\%)} = \frac{630 - 121}{630} \times 100\% = 80,79\%$$

Sampel C:

$$\text{Kesadahan (\%)} = \frac{630 - 96}{630} \times 100\% = 84,76\%$$

Besi

Sampel A:

$$\text{Besi (\%)} = \frac{1,51 - 0,00611}{1,51} \times 100\% = 99,59\%$$

Sampel B:

$$\text{Besi (\%)} = \frac{1,51 - 0,00378}{1,51} \times 100\% = 99,74\%$$

Sampel C:

$$\text{Besi (\%)} = \frac{1,51 - 0,00288}{1,51} \times 100\% = 99,80\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan air sungai sebelum dilakukan proses filtrasi belum memenuhi standar PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 yaitu uji kimia (kesadahan dan besi) Sedangkan setelah dilakukan proses filtrasi air sungai pada sampel A, B, dan C telah sesuai dengan PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017. Dari ketiga variasi yang paling optimum yaitu pada sampel C dengan penggunaan karbon aktif yang paling banyak yaitu 40%.

REFERENSI

1. Anis, D. K., (2019). Menggunakan Resin Untuk media Filter Menurunkan Sadah Air Sumur Gali "Z" Di Dusun Bayat Klaten Wonomerto Ngerangan. Poli Teknik Kesehatan Kementerian Kesehatan, Yogyakarta.
2. Putra, S. A. (2019). Efektifitas Penyaringan Memakai Bahan Zeolite Serta Arang Aktif Untuk Mengurangi Kandungan Besi Pada Air . Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara.
3. Masthura & Ety, J. (2018). Peningkatan Kualias Air Memakai Cara Elektro Koagulasi Serta Filter Arang

- Aktif, *Jurnal Fisika dan Teknologi*, 1(2), P. 1– 6 .
4. Prabarin, N., Okayadnya. (2018). Penyaringan kadar (Fe) dalam air galian sumur media Karbon empurung Kemiri, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 35.
 5. Achmad, A. (2018). Memodifikasi Dasar Karbon Pada Dahan Kelapa Sawit (*Cocus nuciferal L*) Menggunakan Asam Sulfat sebagai penyerap Zat Warna Metilen Biru. Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasannuddin Makasar.
 6. Wahyudi., Harjano., Ramli. M., & Ahsan. Z. (2018). Dampak Aktivasi Asam dan Basa Alami pada Kualias Karbon Akif Dari Kulit Kacang Tanah, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masarakat*, P. 64-69.
 7. Indrianty, A. P., Nur, E. W. & Budiono. (2019). Efektivitas manganese Menggunakan Ketebalan Variasi Media Untuk Menurunkan Logam Timbal (Pb) kandungan Timbal Pada Larutan Pestisidah, *Jurnal Kesehaan Masyarakat*, 6(6), ISSN: 2356-3346.
 8. Nastiti, M. O., & Sugito. (2018). Menurunan Kadar (Fe) dan (Mn) Dengan Bahan Zeolit dan Manganes, *Jurnal Teknik*, 15(02), ISSN: 1412-1867.
 9. Sari, O. A. (2016). Efektivitas Mengolahan Air Metode Reaktor Roughing Filter Aliran Horizontal untuk Mengurangi Keruh dan Sadah Air Sungai Brantas. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional.
 10. Sumakul, W. H. (2018). Efektivitas menurunkan Zat Besi dan Keruh dalam Air Tanah Memakai Penambahan Bahan Kulit singkong. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Alauddin.

ANALISIS PENGARUH INTRUSI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI KELURAHAN TANJUNG KAPAL

Usman Malik, Anjas Priandani*

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: anjaspriandani59@gmail.com

ABSTRACT

The effect of seawater intrusion on groundwater has been carried out in Tanjung Kapal Village, Rupert District by using the geoelectric method of the Schlumberger configuration. This study aims to determine the resistivity value, layer depth, thickness of the groundwater layer, determine the effect of seawater intrusion on groundwater and determine the water quality of residents' wells in Tanjung Kapal Village. This study took 5 samples and tested for pH and salinity parameters to determine water quality. The results of the research on line 1 had a resistivity value range between 1.13 - 0.04 Ωm depth of 0.70 - 36 m and the line 2 had a resistivity value range between 11.07 - 0.10 Ωm depth of 3.12 - 42 m. On line 1 is affected by seawater intrusion in layer 2 which has a resistivity value of 0.60 Ωm with a depth of 0.70 - 3.42 m. Line 2 is affected by seawater intrusion in layer 3 which has a resistivity value of 3.53 Ωm with a depth of 7.22 - 13.42 m. The influence of seawater intrusion causes the groundwater around the site to have brackish due to the relatively low salt content. Water quality based on pH parameters of 20% is not in accordance with quality standards and salinity parameters of 100% brackish water.

Keywords: Seawater Intrusion, Geoelectrics, Schlumberger, Water Quality.

ABSTRAK

Pengaruh intrusi air laut terhadap air tanah telah dilakukan di Kelurahan Tanjung Kapal, Kecamatan Rupert dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. Penelitian bertujuan untuk menentukan nilai resistivitas, kedalaman lapisan, ketebalan lapisan air tanah, mengetahui pengaruh intrusi air laut terhadap air tanah dan menentukan kualitas air sumur warga. Penelitian ini mengambil 5 sampel air sumur dan akan di uji parameter pH dan salinitas untuk mengetahui kualitas air. Hasil penelitian pada lintasan 1 mendapatkan rentang nilai resistivitas antara 1,13 - 0,04 Ωm berada pada kedalaman 0,70 - 36 m dan lintasan 2 mendapatkan rentang nilai resistivitas antara 11,07 - 0,10 Ωm berada pada kedalaman 3,12 - 42 m. Pada lintasan 1 yang terdampak intrusi air laut pada lapisan 2 yang memiliki nilai resistivitas 0,60 Ωm dengan kedalaman 0,70 - 3,42 m. Lintasan 2 yang terdampak intrusi air laut pada lapisan 3 yang memiliki nilai resistivitas 3,53 Ωm dengan kedalaman 7,22 - 13,42 m. Pengaruh intrusi air laut menyebabkan air tanah disekitar lokasi penelitian terasa payau yang disebabkan oleh kadar garam yang relatif rendah. Kualitas air berdasarkan parameter pH sebesar 20 % tidak sesuai dengan standar baku mutu dan parameter salinitas sebesar 100 % air payau.

Kata kunci: Intrusi Air Laut, Geolistrik, Schlumberger, Kualitas Air.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 22-10-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Kelurahan Tanjung Kapal berbatasan dengan bepantai, oleh karena itu penduduk setempat bermata pencaharian sebagai nelayan. Terdapat banyak hutan untuk bercocok tanam sekitar 1 - 3 km dari laut. Hal ini membuat

sebagian penduduknya bermata pencaharian sebagai petani. Pesisir Kelurahan Tanjung Kapal dipilih untuk melakukan penelitian karena pada umumnya Warga Kelurahan Tanjung Kapal mendapat air bersih dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), namun dengan penambahan penduduk dan

ekspansi yang pesat di berbagai sektor, hal ini menjadi semakin sulit karena PDAM tidak mampu memenuhi semua kebutuhan.

Intrusi air laut ke akuifer air tawar sering terjadi di daerah pesisir ketika muka air tanah di akuifer air tawar lebih rendah dari muka air laut rata – rata yang disebabkan oleh musim kemarau yang panjang, curah hujan, lebih banyak orang yang menggunakan air tanah, berkurangnya vegetasi, bertambahnya jumlah bangunan, rendahnya laju infiltrasi, dan eksploitasi air tanah yang berlebihan, maka akan terjadi peningkatan intrusi air laut dari garis pantai dapat terjadi [1]. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui dampak intrusi air laut kedalam air bawah tanah. Metode konfigurasi schlumberger digunakan untuk menganalisis pengaruh intrusi air laut terhadap air tanah. Dalam metode ini, arus diinjeksikan ke dalam tanah melalui dua elektroda arus, dan tegangan diukur melalui dua elektroda potensial menggunakan pengukuran resistivitas. Metode geolistrik konfigurasi Schlumberger adalah konfigurasi yang paling sering digunakan untuk eksplorasi sumber daya alam bawah permukaan, penetrasi arus lebih dalam dan prosedur kerjanya lebih mudah [2].

TINJAUAN PUSTAKA

Intrusi Air Laut

Air tanah menjadi payau atau asin disebabkan oleh adanya air laut yang menembus atau menyusup ke celah celah batuan, sehingga mencemari air tanah yang tersimpan di dalamnya [3, 4]. Intrusi air laut paling sering terjadi pada akuifer pantai. Ketika permukaan air tanah di akuifer air tawar turun di bawah permukaan laut normal, air asin akan mendorong air tawar menuju daratan.

Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan metode untuk mempelajari struktur bawah permukaan dengan menggunakan prinsip aliran listrik. Secara umum, metode geolistrik ini cocok untuk

penyelidikan permukaan hingga 100 meter. Ketika kedalaman lapisan melebihi nilai tersebut, data yang diperoleh kurang tepat karena melemahnya arus listrik yang disebabkan oleh jarak bentang yang lebih panjang [5].

Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi Schlumberger menggunakan 4 buah elektroda yaitu 2 buah elektroda potensial dan 2 buah elektroda arus. Elektroda potensial berada di bagian dalam sedangkan elektroda arus berada dibagian luar. Jarak yang digunakan antara elektroda biasanya di simbolkan dengan a. Pada perancangan ini, elektroda potensial MN memiliki nilai yang lebih rendah dari elektroda arus AB. Elektroda arus keluar digerakkan untuk melakukan pengukuran. Konfigurasi ini hanya memerlukan jangkauan yang kecil. Jarak elektroda MN tetap sedangkan jarak elektroda AM sama dengan NB. Kemampuannya untuk mendeteksi keberadaan lapisan batuan yang tidak homogen di permukaan dengan membandingkan nilai resistivitas semu dengan perubahan jarak elektroda MN/2 merupakan salah satu kelebihan dari metode Schlumberger [6-8].

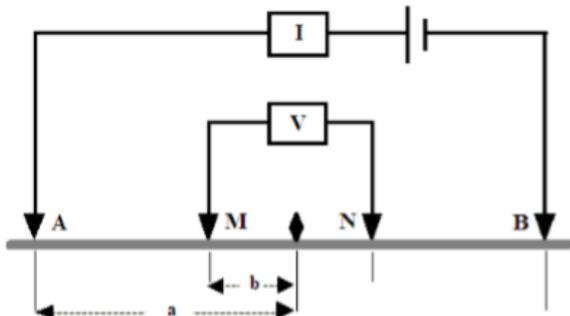
Konfigurasi Schlumberger juga memiliki kelemahan pada pembacaan tegangan elektroda MN nya kecil, pada saat elektroda AB yang relatif jauh. Oleh karena itu, perlu menggunakan alat ukur multimeter dengan karakteristik impedansi tinggi, dan mengatur tegangan minimum ke 4 atau 2 desimal, jika tidak diperlukan perangkat transmisi arus tegangan DC yang sangat tinggi. Oleh karena itu, konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi Schlumberger dengan susunan elektroda yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Nilai Resistivitas Semu dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Maka faktor geometri dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = \frac{\pi (AB^2 - MN^2)}{4 MN} \quad (2)$$



Gambar 1. Rangkaian elektroda konfigurasi Schlumberger [9].

Kualitas Air Tanah

Kualitas air dapat dilihat berdasarkan sifat fisika, kimia dan biologi. Parameter-parameter yang digunakan seperti salinitas, suhu, pH, BOD, kekeruhan, oksigen terlarut, padatan terlarut, dan kadar logam [10]. Berdasarkan pemantauan kualitas air apabila air tidak sesuai dengan baku mutu sehingga air dapat dikatakan tercemar. Air dikatakan tercemar ketika masuknya energi, zat, makhluk hidup dan komponen lainnya kedalam air yang diakibatkan oleh manusia. Sehingga kualitasnya turun dan tidak berfungsi sesuai dengan pembentukannya. Kualitas air menunjukkan kualitas atau kondisi air yang berhubungan dengan suatu kegiatan atau tujuan tertentu. Akibatnya, kualitas air akan bervariasi tergantung pada aktivitasnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Tanjung Kapal, Kecamatan Rupert, Kabupaten Bengkalis, Riau dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. *Software progress 3.0* digunakan untuk melakukan pengolahan data dalam menentukan penampang resistivitas yang menampilkan lapisan bawah permukaan tanah. Penelitian ini mengambil 5 sampel air sumur warga dan akan di uji parameter pH dan Salinitas untuk mengetahui kualitas air.

Metoda geolistrik yang digunakan dalam pengambilan data resistivitas dilapangan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis 1 Dimensi. Konfigurasi yang digunakan adalah Schlumberger. Pengambilan data dilakukan pada titik-titik yang tersusun dalam bentuk lintasan yang telah ditentukan pada tiap-tiap grid. Jumlah lintasan pengukuran sebanyak dua (2) buah pada setiap grid, dimana grid berjumlah dua (2) buah dengan panjang masing-masing grid adalah 100 meter yang tersebar dilokasi yang berbeda. Adapun alasan memilih lokasi tersebut karena dari hasil pengamatan lapangan terdapat masyarakat yang menggunakan sumber air minum dan lokasi tersebut sangat dekat dengan garis pantai. Metoda geolistrik yang digunakan dalam pengambilan data resistivitas dilapangan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis 1 Dimensi. Konfigurasi yang digunakan adalah Schlumberger. Pengambilan data dilakukan pada titik-titik yang tersusun dalam bentuk lintasan yang telah ditentukan pada tiap-tiap grid. Jumlah lintasan pengukuran sebanyak dua (2) buah pada setiap grid, dimana grid berjumlah dua (2) buah dengan panjang masing-masing grid adalah 100 meter yang tersebar dilokasi yang berbeda. Adapun alasan memilih lokasi tersebut karena dari hasil pengamatan lapangan terdapat masyarakat yang menggunakan sumber air minum dan lokasi tersebut sangat dekat dengan garis pantai. Adapun tahapan-tahapan dalam pengambilan data dilapangan adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan melakukan pengukuran, untuk menentukan lintasan pengukuran.
- b. Pengambilan data menggunakan konfigurasi elektroda Schlumberger.
- c. Arus listrik (I) dan beda potensial (V) pada kedua titik elektroda dicatat.

Pengambilan Sampel Air Sumur Warga

Sampel air sumur diambil dari rumah-rumah Warga Kelurahan Tanjung Kapal, Kecamatan Rupert, Riau. Pengambilan sampel dilakukan dengan titik koordinat yang berbeda sebanyak 5 titik sampel. Air baku diambil sebanyak 800 ml

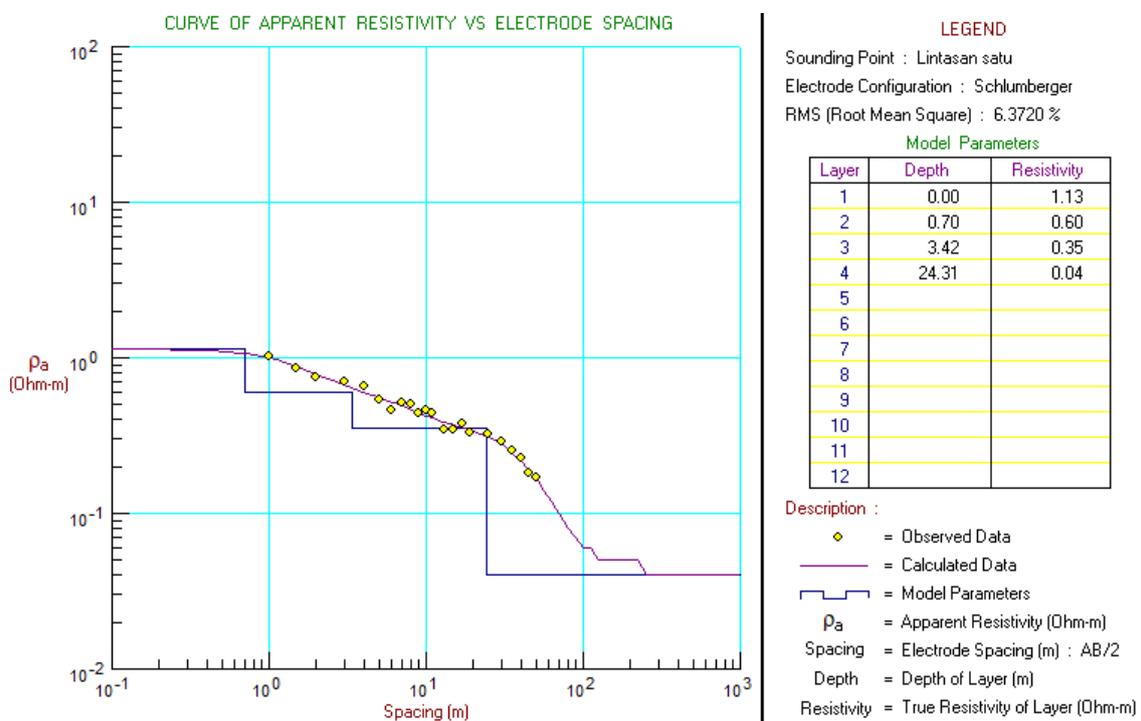
menggunakan botol air mineral pada tiap titik sampel. Sampel tersebut akan di uji dengan 2 parameter yaitu pH dan Salinitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Resistivitas dan Litologi Lintasan 1

Lintasan 1 terletak pada titik koordinat $1^{\circ}43'42,61''$ Lintang Utara $101^{\circ}27'24,14''$ Bujur Timur sepanjang 100meter. Jarak pengambilan data dari bibir pantai sekitar 100 meter. Perhitungan dan pengolahan data Metode

Schlumberger dengan *software Progress v3.0* menghasilkan nilai RMS-error sebesar 6,3720% dengan kedalaman lapisan hingga 36 meter dan pemodelan sebaran nilai resistansi jenis material di bawah permukaan sepanjang lintasan, seperti terlihat pada Gambar 2. Metode geolistrik Konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mengukur nilai resistivitas pada lintasan 1 yang menimbulkan beda potensial (V) dan arus listrik (I). Berikut Hasil Pengolahan data pada lintasan 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Interface progress hasil pengolahan data lintasan 1.

Tabel 1. Interpretasi data lintasan 1.

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ohm-meter)	Jenis Batuan
1	0 – 0,70	0,70	1,13	Lempung
2	0,70 – 3,42	2,72	0,60	Intrusi air laut
3	3,42 – 24,31	20,80	0,35	Pasir mengandung air laut
4	24,31 – 36	11,69	0,04	Pasir mengandung air laut

Berdasarkan Gambar 2 lintasan 1 memiliki nilai resistivitas berkisar dari 1,13 – 0,04 Ω m. Lapisan pertama dengan nilai resistivitas 1,13 Ω m dari permukaan hingga kedalaman 0,70 meter diinterpretasikan sebagai lapisan lempung. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 0,60 Ω m terdampak oleh intrusi air

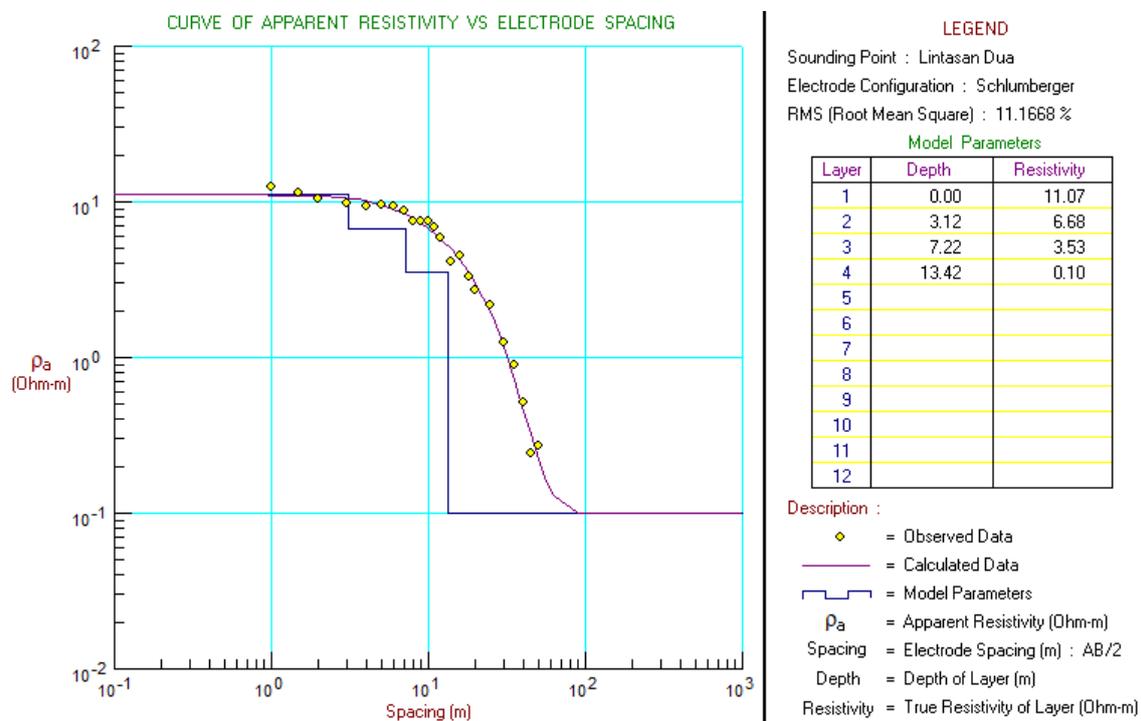
laut pada kedalaman 0,70 – 3,42 meter. Lapisan ketiga dengan nilai resistivitas 0,35 Ω m dan 0,04 Ω m pada kedalaman 3,42 – 36 meter diinterpretasikan sebagai lapisan pasir yang mengandung air laut. Suatu lintasan dapat dikatakan terintrusi air laut apabila memiliki nilai resistivitas sebesar 0,5 – 5 Ω m. Faktor

jarak dari tepi pantai mempengaruhi hal ini, semakin dekat jarak pengukuran ke pantai, maka semakin rendah nilai resistivitas, dan sebaliknya, jarak pengukuran yang semakin jauh dari garis pantai maka semakin tinggi nilai resistivitasnya. Informasi mengenai kedalaman, ketebalan, resistivitas dan jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Resistivitas dan Litologi Lintasan 2

Lintasan 2 terletak pada titik koordinat 1°43'57,1" Lintang Utara 101°27'38,18" Bujur

Timur dengan panjang lintasan 100 meter. Jarak pengambilan data dari bibir pantai sekitar 300 meter. Perhitungan dan pengolahan data metode Schlumberger dengan *software Progress v3.0* menghasilkan nilai RMS-error sebesar 11,1668% dengan kedalaman lapisan hingga 20 meter dan pemodelan sebaran nilai resistansi jenis material di bawah permukaan sepanjang lintasan, seperti terlihat pada Gambar 3. Metode geolistrik konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mengukur nilai resistivitas pada lintasan 2 yang menimbulkan beda potensial (V) dan arus listrik (I).



Gambar 3. Interface progress hasil pengolahan data lintasan 2.

Tabel 2. Interpretasi data lintasan 2.

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ohm-meter)	Jenis Batuan
1	0 – 3,12	3,12	11,07	Lempung
2	3,12 – 7,22	4,10	6,68	Pasir
3	7,22 – 13,42	6,20	3,53	Intrusi air laut
4	13,42 – 20	6,58	0,10	Pasir mengandung air laut

Berdasarkan Gambar 3. Lapisan bawah permukaan lintasan 2 memiliki nilai resistivitas ini berkisar antara 11,07 – 0,10 Ω m. Lapisan pertama memiliki nilai resistivitas 11,07 Ω m pada kedalaman 0 – 3,12 meter sebagai lapisan lempung. Lapisan kedua dengan nilai

resistivitas 6,68 Ω m pada kedalaman 3,12 – 7,22 meter sebagai lapisan pasir. Lapisan ketiga dengan nilai resistivitas 3,53 Ω m terdampak oleh intrusi air laut pada kedalaman 7,22 – 13,42 meter. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 0,10 Ω m pada kedalaman 13,42 – 20

meter merupakan lapisan pasir yang mengandung air laut. Informasi mengenai

kedalaman, ketebalan, resistivitas dan jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Hasil analisis kualitas air berdasarkan pH dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	pH	Baku Mutu
1	1°43'45,2" LU 101°27'26,2" BT	7,5	6,5 – 9,0 (PERMENKES RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990)
2	1°43'51,8" LU 101°27'31,1" BT	7,0	
3	1°43'54,4" LU 101°27'35,2" BT	8,22	
4	1°43'57,7" LU 101°27'37,7" BT	3,40	
5	1°44'02,2" LU 101°27'40,1" BT	7,6	

Tabel 4. Hasil analisis kualitas air berdasarkan salinitas dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	Salinitas (%)	Baku Mutu
1	1°43'45,2" LU 101°27'26,2" BT	0,54	Air tawar < 0,05% Air payau 0,05 – 3% Air asin 3 – 5 % Air laut > 5%
2	1°43'51,8" LU 101°27'31,1" BT	0,27	
3	1°43'54,4" LU 101°27'35,2" BT	0,14	
4	1°43'57,7" LU 101°27'37,7" BT	0,32	
5	1°44'02,2" LU 101°27'40,1" BT	0,22	

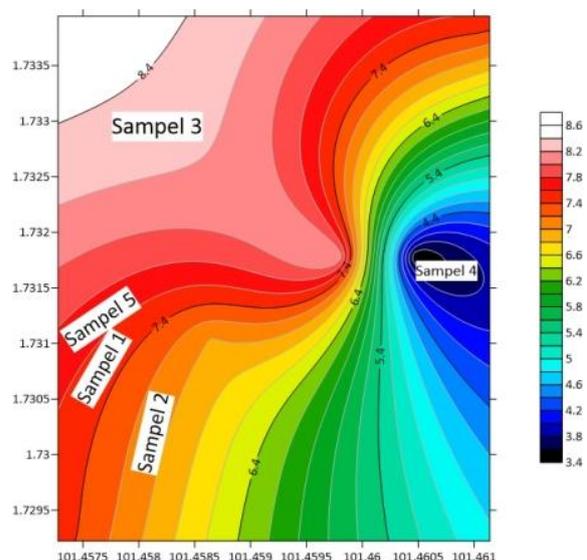
Analisis Parameter Uji Kualitas Air

kualitas air tanah pada titik-titik lokasi pengambilan sampel tersebut di uji dengan beberapa parameter yaitu pH dan salinitas. Hasil kualitas air berdasarkan pH dan salinitas dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Analisis pH

pH air normal berkisar antara 6,5 – 8,5. Tabel 3 menampilkan hasil sampel yang diuji dengan pH meter dan menunjukkan bahwa pH ketiga sampel bersifat basa (pH > 7), menghasilkan satu sampel yang bersifat netral (pH = 7), dan menghasilkan satu sampel yang bersifat asam (pH < 7). Air menjadi asam disebabkan karena nilai pH yang rendah, sehinggamakhluk hidu tidak ada yang dapat bertahan hidup dalam kondisi tersebut. Selain

itu, terjadinya korosi pada pipa berbahan logam yang akan menyebabkan air yang mengalir melalu pipa tersebut mengandung logam terlarut. Peta Kontur pH dapat dilihat pada Gambar 4.

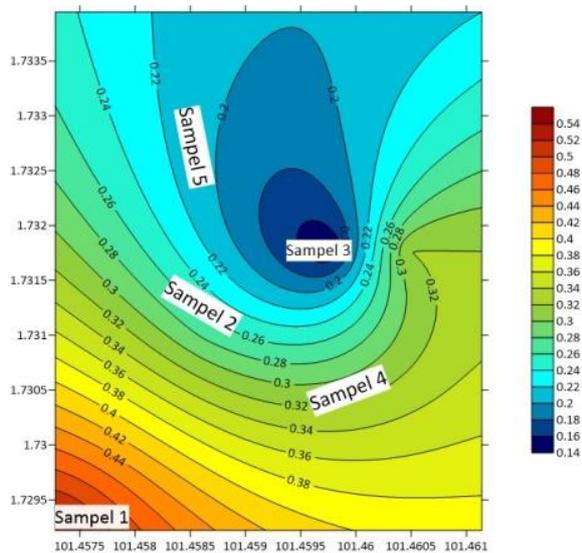


Gambar 4. Peta kontur pH.

Nilai pH rendah pada penelitian ini didapatkan pada sumur galian. Hal ini disebabkan oleh rembesan yang berasal dari tempat buangan kotoran manusia sehingga menyebabkan pH menjadi lebih rendah. Selain itu, didapatkan nilai pH yang bersifat basa pada sumur bor. Konsumsi air dengan kadar pH rendah dalam jangka panjang akan mengakibatkan gangguan pencernaan bahkan kematian pada manusia dan hewan.

Analisis Salinitas

Klasifikasi tingkat salinitas air tanah untuk parameter salinitas terbagi menjadi air tawar dengan nilai salinitas 0,05%, air payau dengan salinitas berkisar 0,05 – 3‰, air asin dengan salinitas 3 – 5‰, dan air atau air laut dengan salinitas > 5‰. Menurut teori ini, semua sampel air sumur warga mengandung air payau. Peta Kontur Salinitas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta kontur salinitas.

Pada Gambar 5 menggambarkan pola sebaran nilai Salinitas di sekitar Pantai Kelurahan Tanjung Kapal, Kecamatan Rupert, Riau. Peta kontur 1D dapat dilihat secara jelas perbedaan lokasi yang memiliki salinitas rendah dan salinitas tinggi. Lokasi yang memiliki salinitas tinggi ditandai dengan warna biru muda dan salinitas rendah berwarna biru tua. Jika air sumur tersebut digunakan untuk

kebutuhan utama, seperti air minum, masalah kesehatan seperti hipertensi atau gangguan ginjal akan berkembang seiring waktu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran nilai resistivitas di lokasi penelitian diinterpretasikan untuk lintasan 1 nilai lapisan tanah berkisar antara 1,13 – 0,04 Ωm dengan kedalaman mencapai 36 meter dan RMS-error sebesar 6,3720%. Lintasan 2 memiliki nilai resistivitas lapisan tanah berkisar antara 11,07 – 0,10 Ωm dengan kedalaman mencapai 20 meter dan RMS error sebesar 11,1668%. Pada lintasan 1 yang terdampak intrusi air laut pada lapisan 2 yang memiliki nilai resistivitas 0,60 Ωm dengan kedalaman 0,70 – 3,42 m dan pada lintasan 2 yang terdampak intrusi air laut pada lapisan 3 yang memiliki nilai resistivitas 3,53 Ωm dengan kedalaman 7,22 – 13,42 m. Pengaruh intrusi air laut menyebabkan air tanah disekitar lokasi penelitian terasa payau yang disebabkan oleh kadar garam yang relatif rendah. Kualitas air secara umum terdiri dari parameter pH sebesar 20% tidak sesuai dengan standart baku mutu dan parameter salinitas sebesar 100% air payau.

REFERENSI

- Supriyadi, S., Yulianto, A., & Haryanto, A. (2011). Research of Model Scale Seawater Intrusion using Geoelectric Method. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, **22**(3).
- Fitrianto, T. N., Supriyadi, S., Taufiq, U. A., Mukromin, T. M., & Wardana, A. P. (2018). Identifikasi potensi air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, **15**(2), 100–104.
- Triadi, T., & Indra, K. (2009). Permasalahan airtanah pada daerah urban. *Teknik*, **30**(1), 48–57.
- Defrianto, D., Lihayardi, L., & Malik, U.

- (2022). Analysis of Lightning Events Due to Rainfall and Wind Speed in Pekanbaru City. *Science, Technology & Communication Journal*, **2**(3), 89-93.
5. Santoso, J. (2002). *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
 6. Parinata, B. (2015). Ekplorasi Air tanah dengan Metode Tahanan Jenis Menggunakan Software IPI2WIN di Desa Nagrak Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
 7. Simbolon, S., & Malik, U. (2022). Analisa Distribusi Air Bawah Tanah Di Kelurahan Tangkerang Labuai Menggunakan Metode Cooper-Jacobs Dan Geolistrik Konfigurasi Schlumberger. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **19**(2), 108-112.
 8. Putra, D., & Malik, U. (2021). Identifikasi litologi bawah permukaan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole di wisata Hapanasan Desa Pawan Kabupaten Rokan Hulu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(2), 106-110.
 9. Loke, M. H. (1999). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Penang: Geotomo Software.
 10. Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
 - 11.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENGARUH DOPING TEMBAGA TERHADAP SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KOMPOSISI SERTA SIFAT KRISTALINITAS PASIR ALAM SUNGAI ROKAN DIPREPARASI DENGAN METODE BALL MILLING

Salomo, Nanda Rizki Yosefi*
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: nanda.rizki2961@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The effect of copper doping on magnetic susceptibility and composition and crystallinity properties of Rokan River natural sand has been investigated. Before going through the ball milling (BM) process, the natural sand has been processed using an iron sand separator (ISS) and neodymium iron boron (NdFeb) magnets to separate magnetic and non-magnetic particles, so the result is called an ISS product. The ISS product is crushed through a BM process for 70 hours, and the result is called BM 1 product. Furthermore, BM 1 is divided into 3 parts and then doped with copper (Cu) with a concentration of 0 gr; 5 gr; and 10 gr using BM for 30 hours and are called BM 2A, BM 2B, and BM 2C products, respectively. BM 2A, BM 2B, and BM 2C products were identified and characterized using x-ray fluorescence (XRF) and x-ray diffraction (XRD). XRF identification results showed that the composition of copper elements increased from 0.015% to 37.874%. Meanwhile, Fe elements decreased and other elements such as Al, Si, P, K, Ti, V, Cr, Ca and Mn as well. The XRD test results for BM 2A, BM 2B, and BM 2C products produced a hematite (Fe_2O_3) phase with a hexagonal crystal structure. The crystal size was calculated using the Scherrer Equation where the average crystal size decreased by 26,137 nm; 25,501 nm; and 25.270 nm.

Keywords: Natural Sand, Ball Milling, Magnetic Susceptibility, Doping, X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD).

ABSTRAK

Pengaruh doping tembaga terhadap suseptibilitas magnetik dan komposisi serta sifat kristalinitas pasir alam Sungai Rokan telah dilakukan penelitian. Sebelum melalui proses ball milling (BM) pasir alam tersebut telah diproses menggunakan iron sand separator (ISS) dan magnet Neodymium Iron Boron (NdFeb) untuk memisahkan partikel magnetik dan non magnetik, maka hasilnya disebut produk ISS. Produk ISS dihancurkan melalui proses BM selama 70 jam, dan hasilnya dinamakan produk BM 1. Selanjutnya BM 1 dibagi menjadi 3 bagian kemudian didoping dengan tembaga (Cu) dengan konsentrasi yaitu 0 gr; 5 gr; dan 10 gr menggunakan BM 30 jam dan masing masing disebut produk BM 2A, BM 2B, dan BM 2C. Produk BM 2A, BM 2B, dan BM 2C diidentifikasi dan dikarakterisasi menggunakan x-ray fluorescence (XRF) dan x-ray diffraction (XRD). Hasil identifikasi XRF menunjukkan bahwa komposisi elemen tembaga meningkat dari 0,015% menjadi 37,874%. Sedangkan unsur Fe mengalami penurunan dan unsur lainnya seperti Al, Si, P, K, Ti, V, Cr, Ca dan Mn. Hasil uji XRD produk BM 2A, BM 2B, dan BM 2C menghasilkan fasa hematite (Fe_2O_3) dengan struktur kristal hexagonal. Ukuran kristal dihitung menggunakan persamaan Scherrer dimana ukuran kristal rata-rata menurun yaitu 26,137 nm; 25,501 nm; dan 25,270 nm.

Kata kunci: Pasir Alam, Ball Milling, Suseptibilitas Magnetik, Doping, X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD).

Diterima 05-08-2022 | Disetujui 12-09-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Pasir alam merupakan salah satu dari sekian banyaknya sumber daya alam yang terdapat di

Indonesia dengan keberadaan yang sangat melimpah. Pasir alam didalamnya terkandung oksida besi yang digunakan dan diolah menjadi beraneka ragam bahan industri mempunyai nilai

jual yang sangat tinggi, Tetapi kurangnya pemanfaatan pasir alam karena umumnya hanya digunakan sebagai bahan bangunan [1].

Oksida besi pada umumnya berada dalam tiga bentuk yang berbeda, yaitu Fe_3O_4 (magnetite), $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (hematite) dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (maghemite) [2]. Hematite adalah salah satu mineral magnetik yang terdapat dalam pasir alam dan biasa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan magnet permanen [3]. Hematite termasuk oksida besi paling stabil di bawah kondisi sekitarnya sehingga biasa dimanfaatkan dalam proses katalis, bahan elektroda, dan sensor gas [4].

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode *ball milling* (BM) untuk menghancurkan butiran-butiran padat menjadi ukuran kecil dalam orde nanometer dimana bola-bola besi saling bertumbukan antara satu sama lain dalam tabung milling [5, 6].

Sifat magnetik dan struktur kristal hematite yang berada dalam orde nanometer sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel, tingkat kristalinitas dan doping. Sifat magnetik dapat meningkat jika didoping dengan ion logam atau oksida logam terhadap $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan dapat memperbaiki kinerja aplikasi yang ada. Sifat magnetik juga dapat dikontrol dengan sintesis nanokristalin di hadapan medan magnet [7-9] Metode doping ini dilakukan untuk memodifikasi sifat magnetik dari nanopartikel oksida dengan menggunakan logam transisi seperti cobalt, nikel, tembaga, mangan dan lain-lain [7, 10].

Penelitian ini memanfaatkan oksida besi yang terdapat pada pasir Sungai Rokan Provinsi Riau. Doping tembaga pada sampel dengan tujuan mengetahui perbandingan komposisi, sifat kristalinitas dan morfologi serta suseptibilitas magnetik dari oksida besi. Diharapkan dengan melakukan doping tembaga terhadap sampel dapat memodifikasi sifat magnetiknya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pasir alam yang berasal dari Sungai Rokan Provinsi Riau.

Pengeringan sampel pasir alam dilakukan dibawah sinar matahari yang bertujuan menghilangkan kandungan air sehingga dalam proses pemisahan partikel magnetik dan non-magnetik menjadi mudah.

Setelah sampel mengering selanjutnya masuk ke dalam proses pemisahan menggunakan alat *iron sand separator* (ISS). Tujuan dari proses ini agar partikel magnetik dan partikel non-magnetik terpisah. Sebelum sampel diproses pada alat ISS sampel tersebut ditimbang untuk menentukan massa. Prinsip kerja yaitu sampel yang sudah kering tersebut dimasukkan perlahan-lahan ke dalam vibrator yang mengalir ke *conveyor* yang kemudian dibawa oleh belt menuju roda elektromagnet yang merupakan tempat pemisahan antara partikel magnetik dan non-magnetik. Kemudian kotak penampung konsentrat terisi oleh sampel yang mengandung partikel magnetik sedangkan sampel yang tidak mengandung partikel magnetik akan masuk kedalam kotak penampung pasir.

Sampel yang telah melalui pemisahan partikel magnetik dengan non-magnetik merupakan produk hasil ISS dihancurkan menggunakan alat BM dengan waktu 70 jam menggunakan bola besi yang yaitu 16 bola berdiameter 2 cm dengan kecepatan 100 rpm. Proses BM ini bertujuan menghasilkan produk yang lebih halus. Sampel yang sudah melewati proses tersebut kemudian dipisahkan dengan menggunakan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeb). Proses ini bernama BM tahap pertama (BM1).

Produk BM1 dibagi menjadi tiga bagian yaitu BM 2A, 2B, dan 2C. Selanjutnya masing-masing produk ini didoping dengan Tembaga (Cu) dengan konsentrasi yaitu 0 gr, 5 gr, dan 10 gr. Kemudian masing-masing produk di BM dengan waktu 30 jam menggunakan 16 bola besi berdiameter 2 cm dan 40 bola besi berdiameter 0,7 cm. Produk yang telah didoping dinamakan sampel BM 2A, 2B, dan 2C.

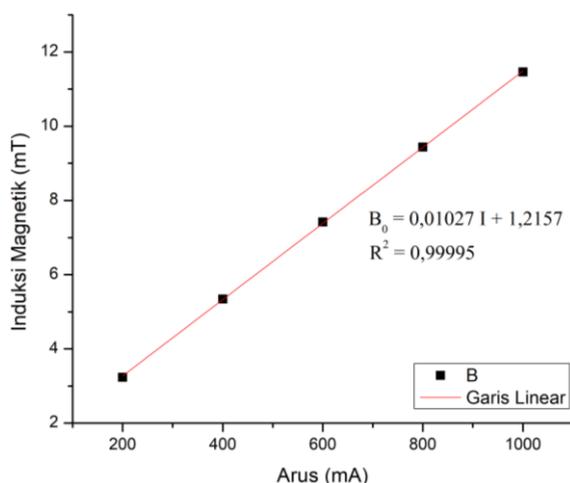
Pengukuran induksi magnetik tanpa inti menggunakan sensor *Probe Pasco PS-2162* dan solenoida dengan jumlah lilitan solenoid

sebanyak 2500 lilitan yang berdiameter 3 cm dengan panjang 10 cm. Sensor *Probe Pasco PS-2162* dihubungkan dengan laptop yang memiliki program data studio. Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti B_0 dilakukan dengan mengatur jarak tetap sebesar 1 mm dari *sensor Probe Pasco PS-2162* telah dialiri arus listrik tanpa memasukkan sampel dalam solenoid dan Arus yang mengalir 200 mA sampai 1000 mA dengan variasi kelipatan 200 mA. Nilai suseptibilitas magnetik dihitung dengan cara selisih antara induksi magnetik total B_T dengan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti B_0 , kemudian dibagi dengan nilai nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti B_0 . Selajutnya produk BM 2 (A, B, dan C) dianalisis komposisi dan sifat kristalinitas menggunakan *x-ray flourensene* (XRF) dan *x-ray diffraction* (XRD).

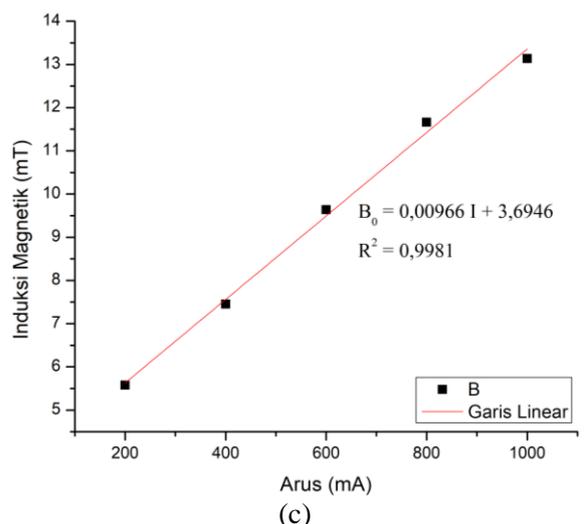
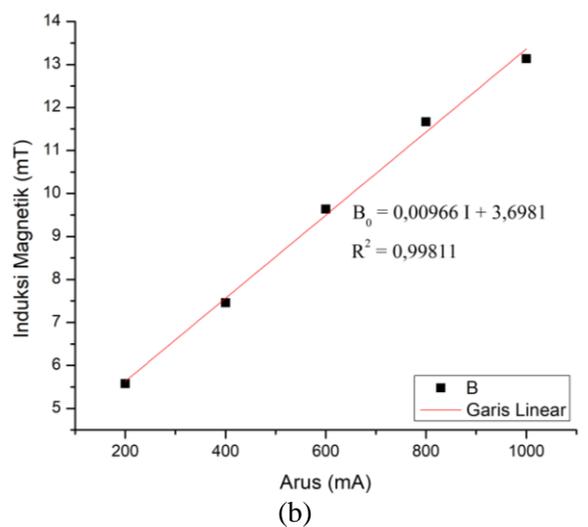
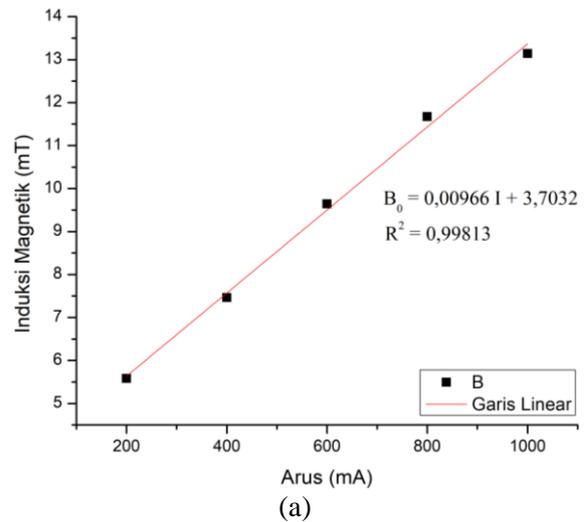
HASIL DAN PEMBAHASAN

Induksi Magnetik Solenoid

Induksi magnetik solenoid diukur dengan menggunakan sensor magnetik *Probe Pasco PS-2162* yang dihubungkan ke laptop dengan solenoid berbentuk silinder dengan panjang (L) 10 cm, dengan diameter (D) 3cm, dan jumlah lilitan (N) sebanyak 2500 lilitan. Data pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti (B_0) dengan jarak tetap 1 mm sebagai fungsi Arus ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan induksi magnetik solenoida tanpa inti (B_0) terhadap arus listrik.



Gambar 2. Grafik induksi magnetik solenoid dengan inti (B_T): (a) Produk BM 2A didoping 0 gr Cu, (b) Produk BM 2B didoping 5 gr Cu, dan (c) Produk BM 2C didoping 10 gr Cu.

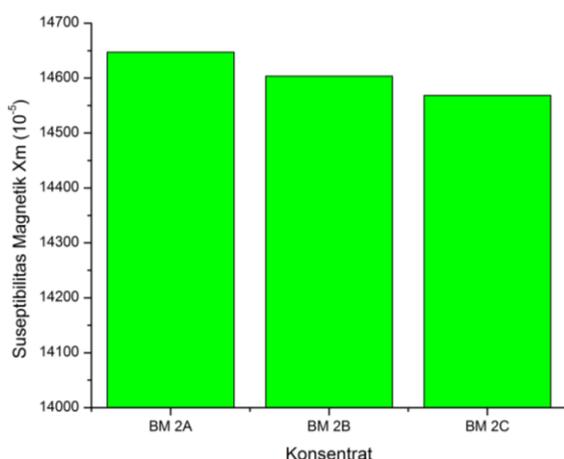
Berdasarkan Gambar 1 Nilai induksi magnetik untuk arus 200 mA yaitu sebesar

3,235 dan yang tertinggi diperoleh pada arus 1000 mA yaitu sebesar 11,463 mT. Nilai ini menunjukkan besar induksi magnetik mengalami peningkatan seiring besarnya arus listrik yang diberikan. Data pengukuran Induksi Magnetik dengan Inti produk doping tembaga BM 2 (A, B, dan C) dengan variasi arus listrik dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai induksi magnetik soleoid dengan inti hasil doping tembaga mengalami penurunan. Nilai induksi magnetik BM 2A pada arus maksimum 1000 mA sebesar 13,142 mT merupakan Hasil doping tembaga selama 30 jam dengan konsentrasi berat 0 gr. Semakin besar konsentrasi unsur tembaga pada produk doping, maka nilai induksi magnetiknya menurun secara berturut-turut yaitu 13,142 mT, 13,137 mT, 13,133 mT pada arus 1000 mA.

Suseptibilitas Magnetik

Berdasarkan Gambar 3. nilai suseptibilitas magnetik BM 2 (A, B, dan C) mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi dari tembaga dimana masing-masing memiliki nilai $14647,13 \times 10^{-5}$; $14603,51 \times 10^{-5}$; $14568,61 \times 10^{-5}$. Penurunan ini disebabkan oleh unsur tembaga yang merupakan bahan diamagnetik.



Gambar 3. Grafik suseptibilitas magnetik (χ_m) BM 2 (A, B, dan C).

Data Hasil XRF

Hasil identifikasi kandungan elemen, senyawa dan oksida yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Identifikasi Elemen Pasir alam Sungai Rokan dengan doping (0 gr; 5 gr; dan 10 gr) Cu.

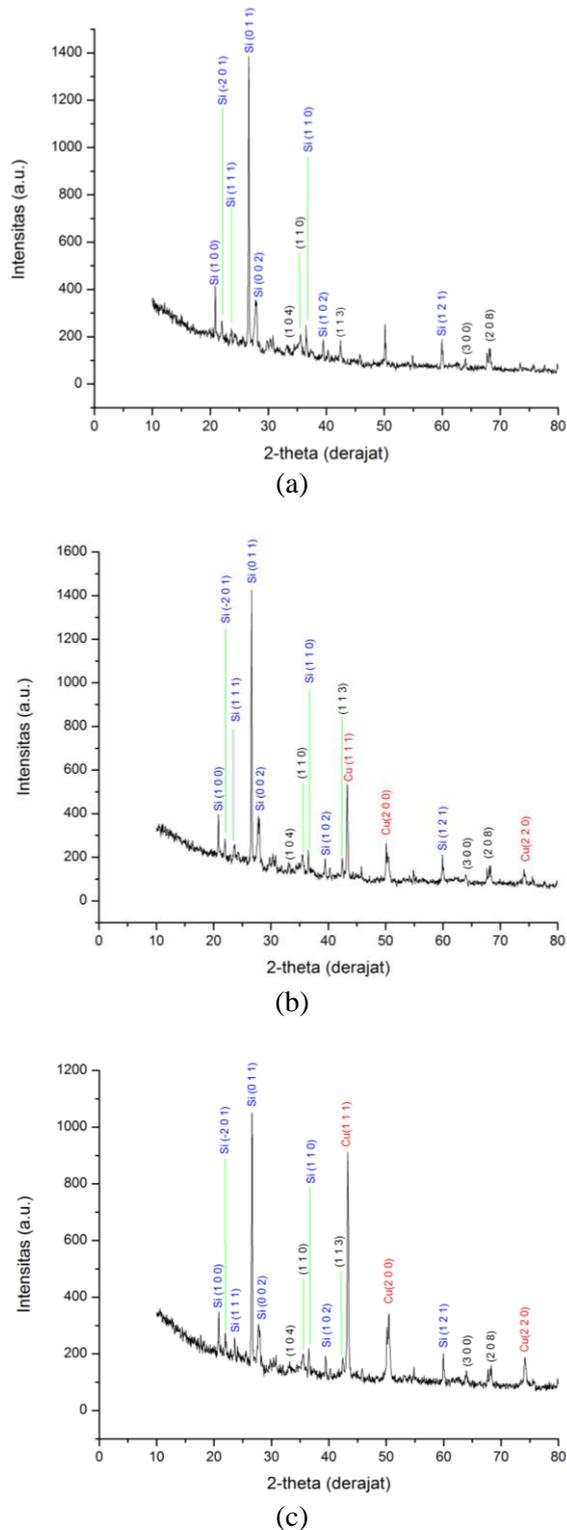
Elemen	Komposisi (%)		
	Cu 0 gr	Cu 5 gr	Cu 10 gr
Al	13,304	12,224	6,607
Si	53,991	46,217	29,905
P	0,804	1,036	1,561
K	2,929	2,308	2,283
Pb	0,014	0,016	0,026
Ti	1,697	1,336	1,302
V	0,046	0,038	0,036
Cr	0,049	0,038	0,037
Mn	0,285	0,227	0,211
Fe	18,083	13,978	13,264
Cu	0,015	15,147	37,874
Ag	0,61	0,627	0,85
Ca	7,433	6,683	5,426
Elemen lain	0,723	0,125	0,618

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa komposisi elemen tembaga (Cu) sebelum didoping tembaga (0 gr) yaitu 0,015% dan setelah didoping tembaga 5 dan 10 gr konsentrasinya mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi tembaga dimana masing nilai sebagai berikut yaitu 15,147% ; 37,874%. Hal tersebut membuktikan bahwa pendopingan dengan tembaga dapat meningkatkan konsentrasi elemen tembaga itu sendiri.

Elemen Fe sebelum dilakukan pendopingan tembaga (0 gr) memiliki konsentrasi sebanyak 18,083% sedangkan setelah dilakukan doping tembaga (5 dan 10 gr), konsentrasinya mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi tembaga dimana masing nilai sebagai berikut yaitu 13,978% ; 13,264%. Elemen lain yang mengalami penurunan yaitu Al, Si, P, K, Ti, V, Cr, dan Mn. Namun pada elemen Pb dan Ag mengalami peningkatan setelah didoping 5 dan 10 gr Cu.

Data Hasil XRD

Berikut ini analisa XRD dari produk BM 2(A, B dan C) dapat dilihat pada pola difraksi berikut.

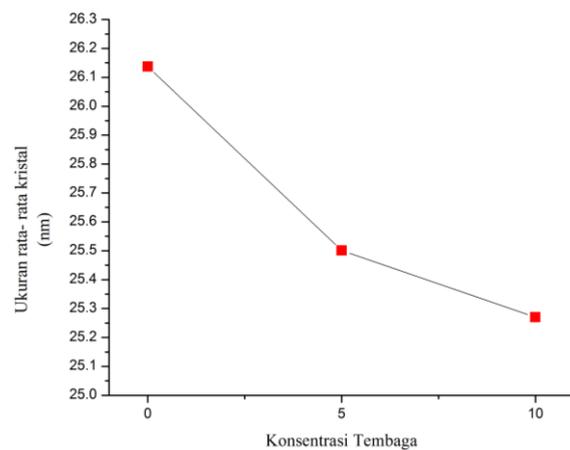


Gambar 4. Pola difraksi sinar-X; (a) produk BM 2A; produk BM 2B; dan (c) produk BM 2C.

Pada Gambar 4 sifat kristalinitas yang meliputi parameter seperti sudut 2θ , intensitas, jarak antar bidang kristal (d), FWHM dan ukuran kristal (D). Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa fasa kristal yang terkandung pada produk BM 2 (A, B, dan C) terdapat dua fasa yaitu hematite (Fe_2O_3) dan silikon oksida (SiO_2) yang sistem kristalnya adalah hexagonal. Puncak-puncak kristal SiO_2 pada pola difraksi muncul disebabkan proses BM tidak begitu berhasil antara senyawa pengotor dan senyawa magnetik dapat dikonfirmasi juga melalui data XRF.

Pada komposisi tembaga 5 gr muncul fase lain yang terdapat puncak tajam dan sempit memiliki indeks miller yaitu Cu (111) $43,315^\circ$; Cu (200) $50,172^\circ$; dan Cu (220) $74,181^\circ$. Sedangkan pada komposisi tembaga 10 gr muncul puncak tajam dan sempit memiliki indeks miller yaitu Cu (111) $43,305^\circ$; Cu (200) $50,499^\circ$; dan Cu (220) $74,149^\circ$.

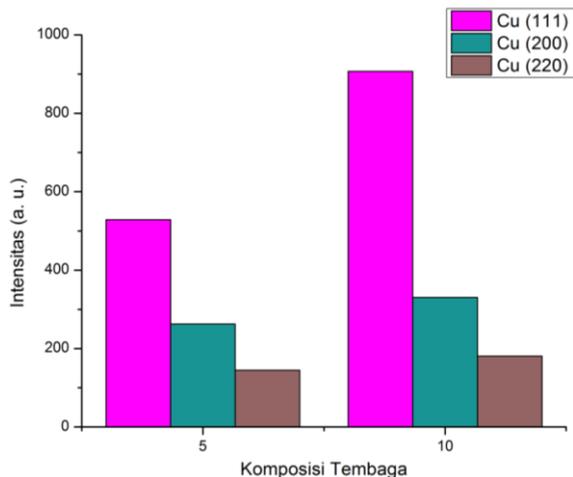
Pada pola XRD dapat dilihat bahwa ketika komposisi tembaga dinaikkan dari 5 gr menjadi 10 gr maka intensitasnya bertambah, sehingga ukuran dari kristalnya mengecil ketika didoping dengan tembaga. Sedangkan pada unsur SiO_2 semakin bertambahnya komposisi tembaga intensitasnya menurun sehingga partikelnya mengecil ketika didoping dengan tembaga.



Gambar 5. Grafik ukuran rata-rata kristal oksida besi sebagai fungsi konsentrasi tembaga.

Berdasarkan Gambar 5 ukuran kristal rata-rata pada masing-masing konsentrasi tembaga 0; 5; dan 10 gr secara berurutan 26,137 nm, 25,501 nm, 25,270 nm. Penambahan doping

tembaga terhadap ukuran kristal menyebabkan penurunan ukuran kristal. Penurunan ukuran kristal ini terjadi seiring bertambahnya jumlah konsentrasi tembaga yang dilihat dari pola difraksinya yaitu bergesernya sudut 2θ ke arah yang lebih besar. Ukuran rata-rata kristal ini menurun karena adanya pergantian atom atau oksida besi dengan tembaga (Cu) karena ukuran atom Cu lebih kecil dibandingkan oksida besi.



Gambar 6. Grafik Intensitas sinar-X terhadap komposisi tembaga.

Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi tembaga maka intensitas yang dihasilkan bertambah dari 528,7353 (arb.Units) menjadi 907,0008 (arb.Units) yang memiliki puncak tajam dan sempit dengan indeks miller Cu (111). Pada indeks miller Cu (200) intensitas yang dihasilkan bertambah dari 262,6604 (arb.Units) menjadi 330,498 (arb.Units). Sedangkan pada indeks miller Cu (220) intensitas yang dihasilkan bertambah dari 145,0490 (arb.Units) menjadi 180,7671 (arb.Units). Indeks miller Cu (111) yaitu sudut $43,315^\circ$ pada 5 gr tembaga dan sudut $43,305^\circ$ pada 10 gr tembaga. Pada indeks miller Cu (200) yaitu sudut $50,172^\circ$ pada 5 gr tembaga dan sudut $50,449^\circ$ pada 10 gr tembaga. Sedangkan pada indeks miller Cu (220) yaitu sudut $74,181^\circ$ pada 5 gr tembaga dan sudut $74,149^\circ$ pada 10 gr tembaga.

KESIMPULAN

Berdasarkan data XRF komposisi elemen tembaga (Cu) sebelum didoping tembaga yaitu 0,015% dan setelah didoping tembaga 5 dan 10 gr konsentrasinya mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi tembaga dimana masing-masing nilai yaitu 15,147% dan 37,874%. Hal tersebut membuktikan bahwa pendopingan dengan tembaga dapat meningkatkan konsentrasi elemen tembaga itu sendiri. Dan data XRD menunjukkan bahwa fasa kristal yang terkandung pada produk BM 2 (A, B, dan C) terdapat dua fasa yaitu hematite (Fe_2O_3) dan silikon oksida (SiO_2) yang sistem kristalnya adalah hexagonal dan tembaga (Cu) dengan sistem kristal cubic. Ukuran kristal rata-rata pada masing-masing konsentrasi Tembaga 0 gr; 5 gr; dan 10 gr secara berurutan 26,137 nm; 25,501 nm; dan 25,270 nm. Penurunan ini disebabkan menurun karena adanya pergantian atom atau oksida besi dengan tembaga (Cu) karena ukuran atom tembaga lebih kecil dibandingkan oksida besi.

REFERENSI

1. Afdal, A. (2013). Karakterisasi sifat magnet dan kandungan mineral pasir besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, **5**(1), 24–30.
2. Suresh, R., Vijayalakshmi, L., Stephen, A., & Narayanan, V. (2010, October). Hydrothermal Synthesis and Characterization of Cobalt Doped $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. *AIP Conference Proceedings*, **1276**(1), 362–367.
3. Mufit, F., Fadhillah, H. A., & Bijaksana, S. (2006). Kajian tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantai Sunur Pariaman Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika, Bandung*.
4. Gandha, K., Mohapatra, J., Poudyal, N., Elkins, K., & Liu, J. P. (2017). Enhanced coercivity in Co-doped $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ cubic nanocrystal assemblies prepared via a

- magnetic field-assisted hydrothermal synthesis. *AIP Advances*, **7**(5), 056324.
5. Erwin, A., Salomo, S., Adhy, P., Utari, N., Ayu, W., Wita, Y., & Nani, S. (2020, May). Magnetic iron oxide particles (Fe₃O₄) fabricated by ball milling for improving the environmental quality. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **845**(1), 012051.
 6. Salomo, S., Erwin, A., Usman, M., Muhammad, H., Nita, Y., & Linda, W. (2020, October). Preparation of Iron Oxide Magnetic Nanoparticles Natural Sand of Rokan River Synthesis with Ball Milling. *Journal of Physics: Conference Series*, **1655**(1), 012018.
 7. Malviya, K. D., Dotan, H., Shlenkevich, D., Tsyganok, A., Mor, H., & Rothschild, A. (2016). Systematic comparison of different dopants in thin film hematite (α -Fe₂O₃) photoanodes for solar water splitting. *Journal of Materials Chemistry A*, **4**(8), 3091–3099.
 8. Muhammad, J. (2021). Improving homogenous chamber temperature of biomass dryer by automatic air controlling system. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(3), 92–96.
 9. Putra, D., & Malik, U. (2021). Identifikasi litologi bawah permukaan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole di wisata Hapanasan Desa Pawan Kabupaten Rokan Hulu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(2), 106–110.
 10. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba (Zr_{0.5}Ti_{0.5})O₃ thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

KAJIAN PEMANFAATAN METODE *SEVERE HAIL INDEX* SECARA SPASIAL UNTUK DETEKSI KEJADIAN HUJAN ES DI JAWA BARAT

I Made Agus Satya

Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

E-mail korespondensi: agoessatya3@gmail.com

ABSTRACT

Hail is precipitation that is detrimental to the community, occurs in a short time, and is very local. It becomes a challenge to detect and give early warning. One method known to detect hail is the severe hail index (SHI) and its derivative product, the probability of severe hail (POSH). Utilize weather radar, the method detects by taking the value of the kinetic energy flux of hail by calculating the integration of the reflectivity weight and temperature flux from the freezing level to a temperature of -20°C . This study aims to examine the spatial use of SHI and POSH methods to detect hail events in the West Java region. The results of SHI value obtained for $350 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 400 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ for Depok and $280 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 320 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ for Bogor, which met the threshold of average hail threshold of $373 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$. Then POSH obtained a 70% – 80% probability for Depok and Bogor. Meanwhile, for Bandung, the SHI value is $12 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 14 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ and 0% for POSH. Concluded that hail detection utilizing SHI and POSH methods effectiveness, influenced by the distance to the radar so it requires other additional methods such as RGB Composite from satellite imagery as support. Spatial calculations can also reduce value bias and give more accurate location occurrences.

Keywords: Severe Hail Index, Hail, Weather Radar, Himawari-8.

ABSTRAK

Hujan es (hail) merupakan fenomena presipitasi yang merugikan masyarakat dan terjadi dengan waktu yang singkat dan sangat lokal sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam mendeteksi untuk peringatan dini. Salah satu metode yang dikenal dapat mendeteksi hujan es adalah severe hail index (SHI) dan produk turunannya, probability of severe hail (POSH). Memanfaatkan instrumen radar cuaca, metode ini mendeteksi dengan mengambil besaran nilai fluks energi kinetik hujan es dengan menghitung integrasi fluks bobot reflektivitas dan suhu dari ketinggian freezing level hingga ketinggian suhu -20°C . Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan metode SHI dan POSH secara spasial untuk mendeteksi kejadian hujan es di wilayah Jawa Barat. Hasil perhitungan nilai SHI diperoleh untuk $350 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 400 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ untuk Depok dan $280 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 320 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ untuk Bogor yang mana masing-masing nilai memenuhi untuk ambang batas rata-rata hujan es $373 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$. Kemudian untuk POSH diperoleh probabilitas 70% – 80% untuk Depok dan Bogor. Sedangkan untuk Bandung nilai SHI diperoleh $12 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 14 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ dan probabilitas 0% untuk POSH. Sehingga diketahui bahwa efektivitas deteksi hujan es dengan metode SHI dan POSH dipengaruhi oleh jarak ke radar sehingga memerlukan metode tambahan lain seperti RGB Composite dari citra satelit sebagai pendukung. Perhitungan secara spasial juga dapat mengurangi bias nilai dan lokasi kejadian yang lebih akurat.

Kata kunci: Severe Hail Index, Hujan Es, Radar Cuaca, Himawari-8.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 27-09-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Hujan es (hail) turun sebagai presipitasi dalam wujud batu es (*hailstone*) dengan bentuk tak beraturan dan memiliki diameter berkisar

5mm yang terbentuk dari awan konvektif atau awan *comulonimbus* [1] ketika butiran air super dingin (*supercooled droplet*) membeku akibat bertumbukan dengan inti kondensasi. Fenomena hujan es biasa terjadi pada keadaan

udara yang panas dan mendukung pertumbuhan awan *cumulonimbus* pada ketinggian 5 km – 10 km dengan *updraft* yang kuat sehingga mampu menahan kenaikan parcel di lapisan utama pembentukan es [2, 3]. Fenomena hujan es atau *hail* merupakan salah satu fenomena meteorologi yang mengakibatkan kerugian di masyarakat terutama pada rusaknya infrastruktur dan lahan pertanian. Hal ini menjadikan informasi peringatan dini melaluideteksi hujan es dibutuhkan bagi masyarakat. Fenomena hujan es tergolong terjadi cukup singkat dengan luasan yang sangat lokal sehingga hal ini menjadi tantangan tersendiri.

Instrumen radar cuaca dinilai mampu untuk mendeteksi fenomena meteorologi seperti hujan es dengan resolusi spasial dan temporal yang cukup tinggi. Radar cuaca dapat melakukan *scanning* area yang luas dan menghasilkan jutaan pengukuran dalam hitungan menit. Pada radar polarisasi tunggal dengan kerja doppler memiliki keluaran berupa parameter *reflectivity*, *radial velocity*, dan *spectral width*. Berdasarkan keluaran data tersebut radar dapat memiliki kemampuan untuk mengenali objek dari jarak, arah gerak, ukuran, dan karakteristiknya, yang dapat digunakan untuk mendeteksi fenomena yang terjadi di atmosfer secara kuantitatif dan interpretatif [4, 5].

Metode pendeteksian hujan es dengan menggunakan instrumen radar cukup beragam. Pengujian terhadap masing-masing metode telah banyak dilakukan, salah satunya oleh Holleman di Belanda dengan menggunakan metode *Constant Altitude Plan Position Indicator* (CAPPI), *Maximum Plan Position Indicator* (MaxPPI), metode Auer, Waldvogel, *Severe Hail Index* (SHI), *Vertically Integrated Liquid* (VIL), dan VIL-Density [6]. Algoritma pendeteksian hujan es dengan menggunakan *severe hail index* (SHI) dikembangkan oleh Witt dkk tahun 1998 untuk mengestimasi dari kemungkinan tingkat keparahan dari suatu peristiwa hujan es [7]. Dalam metode ini digunakan hubungan semi-empiris antara fluks energi kinetik dari *hailstone* (\dot{E}) dan reflektivitas yang ditemukan oleh Waldvogel

pada tahun 1978 [8]. Penelitian di wilayah tropis benua maritim terkait metode SHI dilakukan oleh Ali dan Hidayati pada kejadian hujan es Denpasar menghasilkan nilai 382,2 $\text{Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ di atas rata-rata penelitian Witt dkk untuk nilai SHI 373 $\text{Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ [7] dan pada kejadian hujan es wilayah Jakarta berada di bawah rata-rata dengan 304,8 $\text{Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ [9]. Penelitian lainnya terkait metode SHI untuk mendeteksi hujan es di Indonesia adalah penelitian oleh Kristianto [10]. Indikator yang dapat dijadikan acuan kejadian hujan es antara lain nilai reflektivitas lebih besar dari 55 dBZ dengan ketinggian puncak awan di atas 8km dan *freezing level* berada pada ketinggian 3 km – 4 km.

Penginderaan jauh dengan instrumen satelit juga dapat membantu dalam pendeteksian dan analisis dari awan hujan es. Sensor yang dimiliki oleh satelit cuaca mampu menangkap informasi berupa data spektrum radiasi dari objek di bumi. Informasi tersebut terbagi ke dalam beberapa kanal sesuai dengan *wavelength* masing-masing spektrum [11]. Satelit Himawari-8 membawa sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI) dengan 16 jenis kanal [12] yang informasi masing-masing kanal dapat digabungkan dalam *red*, *green* dan *blue* (RGB) untuk mendapatkan informasi yang lebih mumpuni dari objek yang diamati. Diperkenalkan oleh Shimizu skema *day microphysics* dan *24-hour microphysics* merupakan salah satu dari metode penggabungan RGB (*RGB Composite*) yang mampu mengamati karakteristik awan berdasarkan proses mikrofisik yang terjadi di dalamnya [13].

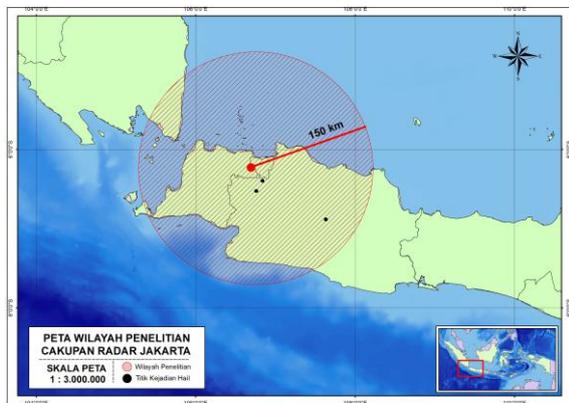
METODE PENELITIAN

Lokasi dan Data

Lokasi wilayah penelitian ini adalah mencakup wilayah pengamatan radar BMKG Jakarta pada koordinat 6,1669 °LS dan 106,6502 °BT dengan jangkauan 150 km dari instrumen radar. Sedangkan titik lokasi penelitian utama adalah wilayah Bandung,

Depok, dan Bogor yang terdampak hujan es pada masing-masing tanggal.

Data radar cuaca, berasal dari radar cuaca Jakarta dalam format volumetrik (.vol) yang diperoleh dari sub koordinator pengelolaan citra radar BMKG, beroperasi menggunakan *scanning strategy VCP (Volume Coverage Pattern)* 21. Kemudian data Satelit Himawari untuk produk RGB Composite diperoleh dari layanan Himawari-Cast STMKG. Data radiosonde hasil pengamatan di Stasiun Meteorologi Kelas I Soekarno Hatta Tangerang dalam format sandi (TTAA).



Gambar 1. Peta wilayah penelitian.

Severe Hail Index

Menggunakan nilai fluks energi kinetik hujan es, persamaan dari *Severe Hail Index* dihitung dari integrasikan fluks bobot yang diperoleh berdasarkan reflektifitas $W(Z)$ dan suhu $WT(H)$:

$$SHI \equiv \frac{1}{10} \int_{H_0}^{H_T} W(Z(h)) \cdot W_T(h) \cdot E(Z(h)) dh \quad (1)$$

dimana bobot berdasarkan reflektifitas didefinisikan sebagai:

$$W(Z) = \begin{cases} 0 & Z \leq Z_L \\ \frac{z - z_L}{z - z_u} & Z < Z_L < Z_u \\ 1 & Z_L \geq Z_u \end{cases} \quad (2)$$

Bobot berdasarkan temperatur didefinisikan dengan persamaan:

$$W_T(H) = \begin{cases} 0 & H \leq H_0 \\ \frac{H - H_0}{H_{m20} - H_0} & H_0 < H < Z_{m20} \\ 1 & H \geq H_{m20} \end{cases} \quad (3)$$

Nilai \dot{E} sebagai hubungan antara fluks energi kinetik hujan es dan reflektivitas Z dirumuskan:

$$\dot{E}(Z) = 5.0 \times 10^{-6} Z^{0.84} \quad (4)$$

Nilai *cut-off* reflektivitas Z_L dan Z_U masing-masing ditetapkan dengan nilai 40 dan 50dBz, sedangkan HT_0 (HT_{m20}) merupakan ketinggian dari temperatur lingkungan pada nilai 0°C dan -20°C. Dengan menggunakan metode ini maka SHI akan sensitif terhadap reflektivitas dengan nilai tinggi pada temperatur mendekati -20°C atau lebih. Probabilitas dari hujan es dihitung dari nilai SHI dan ambang peringatan yang diperoleh menggunakan hubungan empiris kembali. Ambang batas dari peringatan SHI dirumuskan dengan:

$$WT = 57.5H_0 - 121 \quad (5)$$

dan nilai probabilitas dari hujan es didapatkan dengan:

$$POSH = 29 \ln\left(\frac{SHI}{WT}\right) + 50 \quad (6)$$

Rincian dari tahapan penelitian yang dilalui antara lain:

1. Mengolah data radar cuaca dalam format volumetrik yang telah dikonversi dari keluaran radar ECC agar dapat dibaca oleh aplikasi *Rainbow*. Pengolahan meliputi ekstraksi produk radar berupa CMAX (Z) dan EHT. Kemudian produk keluaran dilakukan konversi menjadi format NetCDF untuk dilakukan perhitungan nilai SHI.
2. Mengolah data radiosonde untuk mendapatkan ketinggian *freezing level* pada saat kejadian dengan menggunakan aplikasi RAOB.
3. Mengolah data dari parameter yang telah diekstraksi sebelumnya dari data radar dan radiosonde untuk dilakukan kalkulasi nilai SHI dan POSH menggunakan *python*.

- Mengolah data citra satelit Himawari dengan menggunakan aplikasi SATAID untuk menghasilkan citra *RGB Composite* dengan skema *Day Microphysics* dan *24-Hour Microphysics* dengan menggunakan kanal B04, B07, B13, B15, B11, B13 yang diatur masing masing pada kelompok *red*, *green*, dan *blue* seperti klasifikasi pada Tabel 1.
- Menganalisis keluaran dari produk SHI dan *RGB Composite* untuk mengetahui indikator turunnya hujan es merujuk nilai rata-rata Witt dkk (1998) pada masing-masing tanggal [7].

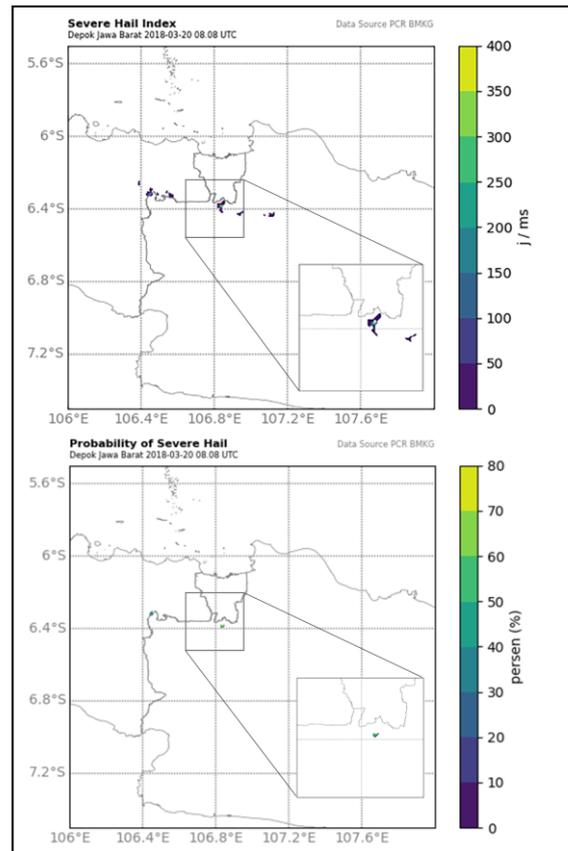
Tabel 1. Klasifikasi jenis dan karakteristik awan dari *RGB Composite* [13].

24-hour microphysics	Day microphysics
Awan es yang tebal, tinggi, dan dingin	Awan yang mengendap dalam
Awan air tebal	Cb cloud dengan updraft yang kuat
Awan dengan partikel kecil	Awan air tebal yang sangat dingin
Awan cirrus tipis	Awan air tipis yang sangat dingin

HASIL DAN PEMBAHASAN

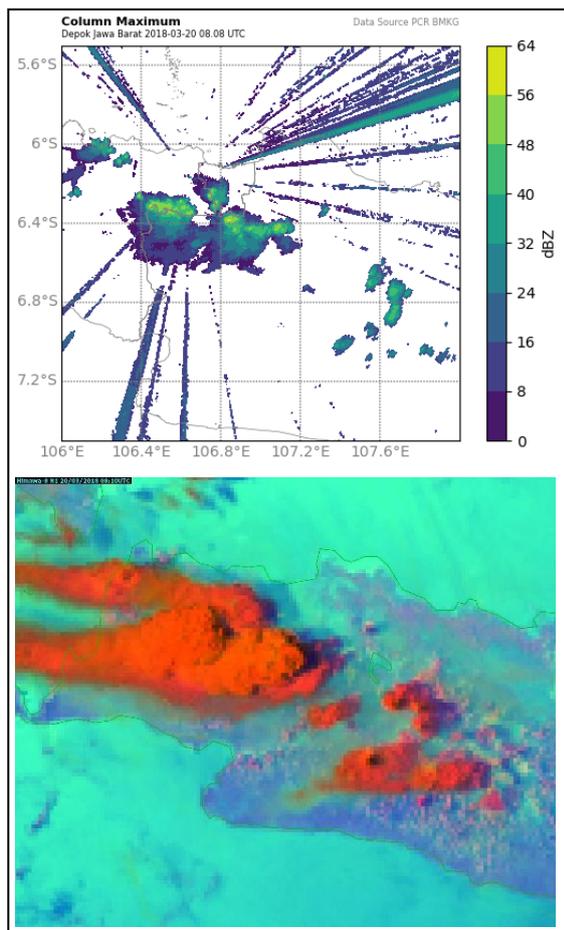
Hujan Es Depok 20 Maret 2020

Hasil dari perhitungan nilai SHI pada kejadian hujan es di Depok, tanggal 20 Maret 2018 menunjukkan bahwa nilai SHI mencapai puncak tertingginya pada pukul 08.08 UTC dengan nilai $350 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 400 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$. Nilai SHI ini mencerminkan nilai besaran fluks energi kinetik dari hujan es dari ketinggian *freezing level* hingga ketinggian suhu -20°C . Nilai dari POSH didapati bernilai kisaran 70% – 80% probabilitas untuk turun hujan es parah. Untuk ketinggian *freezing level* yang diperoleh dari pengamatan radiosonde tanggal 20 Maret 2018 pukul 00 UTC di stasiun meteorologi Soekarno Hatta tercatat pada ketinggian 4700 meter dan ketinggian untuk profil suhu -20°C tercatat pada ketinggian 8100 meter.



Gambar 2. Sebaran spasial nilai SHI, POSH, pada hujan es Depok 20 Maret 2018.

Profil awan penyebab hujan es yang turun di Depok dapat terlihat dengan menggunakan hasil produk olahan citra satelit *RGB Composite* dengan skema *Day Microphysics* dikarenakan pada saat kejadian matahari belum terbenam, yakni pukul 15.08 *Local Time* (LT). Dapat diketahui bahwa jenis awan tersebut menurut klasifikasi [13] merupakan awan bertipe *deep precipitating cloud* dengan *updraft* yang kuat dan dapat menghasilkan cuaca buruk. Hal ini dapat terlihat dari awan dengan warna merah kekuningan dengan *overshooting top* juga terlihat dari kontur bayangan hitam pada sekitaran awan tersebut. Sedangkan hasil dari citra radar teridentifikasi bahwa reflektifitas maksimum dari awan tersebut berkisar 56 dBZ – 64 dBZ. Sehingga dapat diketahui bahwa pada kejadian hujan es di Depok tanggal 20 Maret 2018 dapat terdeteksi dengan metode yang digunakan.

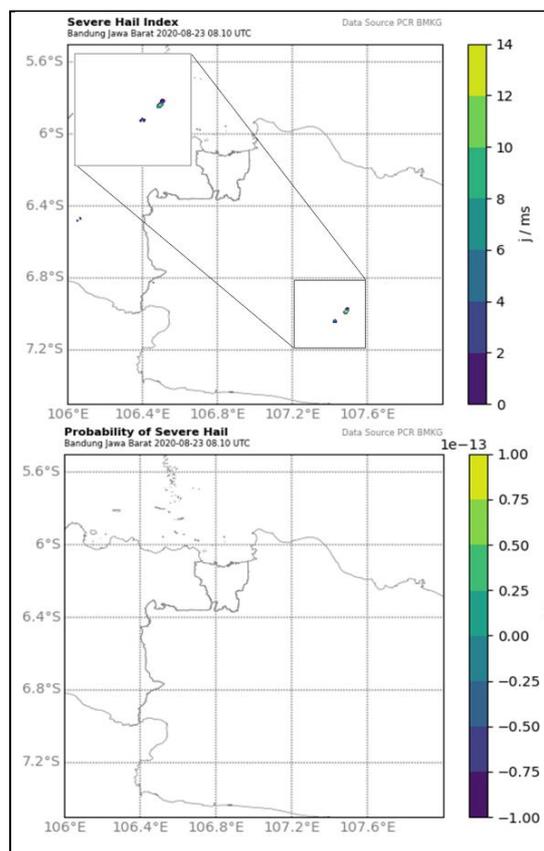


Gambar 3. Sebaran spasial nilai reflektivitas maksimum (C-MAX), dan citra RGB *Day Microphysics* pada hujan es Depok 20 Maret 2018.

Hujan Es Bandung 12 Agustus 2020

Berdasarkan hasil pengamatan radiosonde stasiun meteorologi Soekarno Hatta pada tanggal 12 Agustus 2020 pukul 00 UTC, tercatat nilai *freezing level* pada ketinggian 4698 meter di atas permukaan laut dan profil suhu vertikal dengan nilai -20°C pada ketinggian 8405 meter. Kemudian untuk hasil perhitungan nilai SHI pada kejadian hujan es di Bandung tanggal 12 Agustus 2020 berada pada kisaran $12 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 14 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ pada nilai maksimumnya yang berada jauh di bawah ambang batas rata-rata yang diperoleh [7] yakni pada kisaran angka $373 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$. Sedangkan nilai POSH yang tercatat dari hasil perhitungan pada waktu yang sama juga pada pukul 08.10 UTC adalah 0% untuk kemungkinan terjadinya hujan es tingkat parah. Kecilnya nilai SHI dan POSH

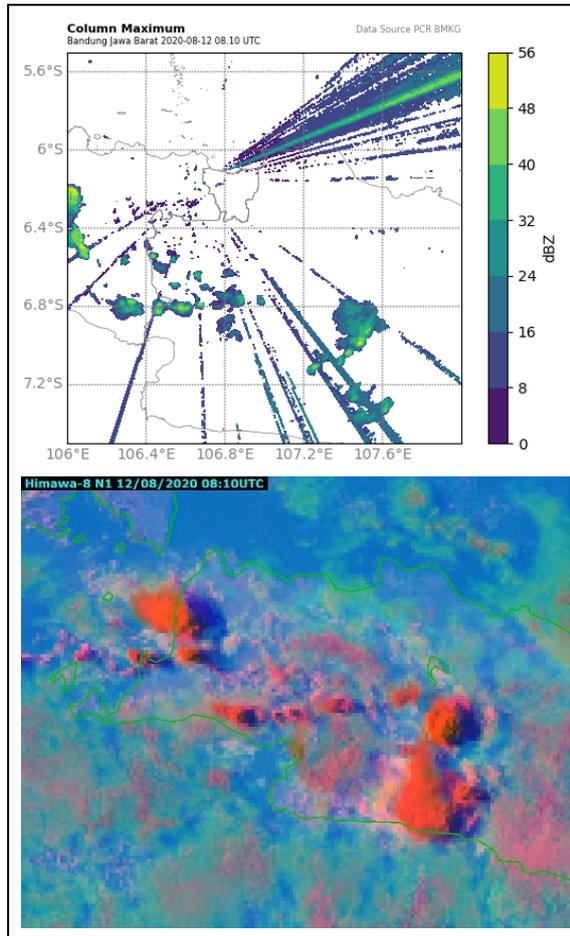
bernilai 0% yang diperoleh diduga disebabkan oleh jarak lokasi dari pusat radar pada kisaran jarak 130 km sehingga menyebabkan atenuasi yang dapat mengurangi nilai reflektivitas sebenarnya yang ditangkap oleh radar dan menjadi salah satu dari limitasi radar [14].



Gambar 4. Sebaran spasial nilai SHI, POSH, pada hujan es Bandung 12 Agustus 2020.

Karakteristik awan yang menjadi penyebab hujan es, terpantau dari produk hasil *RGB Composite* skema *Day Microphysics* adalah *deep precipitating cloud* dengan warna kemerahan, namun tidak teridentifikasi adanya puncak awan yang *overshooting*. Sedangkan nilai reflektivitas yang terpantau dari produk C-MAX citra radar Jakarta berada pada kisaran 48 dBZ – 56 dBZ pada nilai maksimumnya. Rendahnya nilai dari semua aspek antara lain SHI, POSH, dan reflektivitas radar menandakan bahwa hujan es yang terjadi tidak terdeteksi dengan metode yang digunakan. Baik untuk metode SHI dan POSH. Hal ini kiranya disebabkan oleh nilai reflektivitas dibaca oleh radar, tidak cukup tinggi untuk dideteksi

sebagai *hail* dengan perhitungan nilai SHI dan POSH meskipun di lapangan, nyatanya terjadi hujan es di wilayah Bandung pada tanggal 12 Agustus 2020. Sehingga nilai ambang batas SHI dan POSH yang diperoleh belum dapat dijadikan indikator turunnya hujan es di wilayah Bandung.

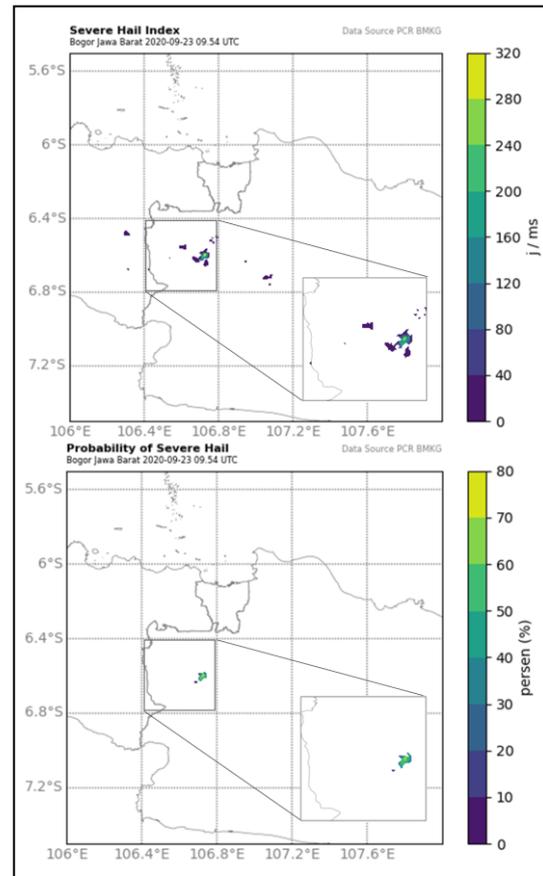


Gambar 5.Sebaran spasial nilai reflektivitas maksimum (CMAX), dan citra RGB *Day Microphysics* pada hujan es Bandung 12 Agustus 2020.

Hujan Es Bogor 23 September 2020

Nilai yang ditunjukkan dari hasil perhitungan SHI menunjukkan angka $280 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1} - 320 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ pada pukul 09.54 UTC yang merupakan nilai tertinggi dari kejadian hujan es di Bogor tanggal 23 September 2020. Kemudian untuk nilai POSH didapat hasil perhitungan dengan nilai 70% – 80% probabilitas untuk terjadinya hujan es parah di wilayah Bogor. Hasil perhitungan diperoleh dengan nilai ketinggian

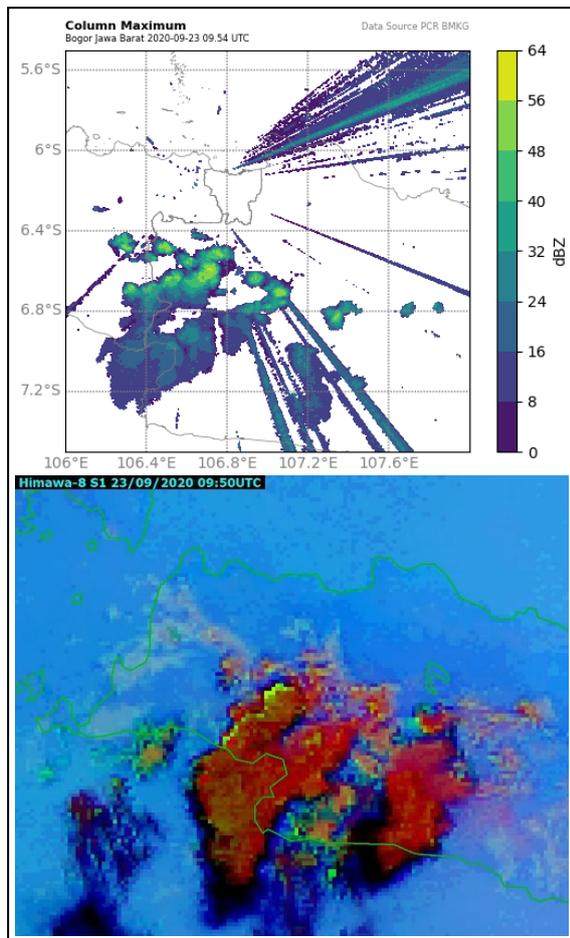
freezing level pada 4743 meter diatas permukaan laut dan suhu -20°C tercatat pada ketinggian 8571 meter, diperoleh dari hasil pengamatan radiosonde yang dilakukan pada pukul 00 UTC di stasiun meteorologi Soekarno Hatta.



Gambar 6. Sebaran spasial nilai SHI, POSH, pada hujan es Bogor 23 September 2020.

Karakteristik dari awan penyebab hujan es yang turun, kemudian diidentifikasi dengan menggunakan produk olahan *RGB Composite* untuk citra satelit Himawari-8 dengan skema *24-Hour Microphysics*. Pemilihan jenis skema tersebut didasari oleh kejadian hujan es yang terjadi ketika matahari telah memasuki fase terbenamnya, sehingga tidak mampu teramati oleh skema *Day Microphysics* yang masih menggunakan kanal *visible* dari satelit Himawari-8. Terlihat bahwa awan tersebut diklasifikasikan sebagai awan dingin dengan tingkat ketebalan cukup tinggi yang ditandai dengan warna merah disertai dengan bintik-bintik kuning. Luasan tumbuh awan juga

terbilang cukup luas yang mencakup hingga wilayah Sukabumi, Jawa Barat. Sedangkan hasil dari produk citra radar CMAX tercatat awan tersebut memiliki reflektifitas berkisar 56 dBZ – 64 dBZ pada nilai maksimumnya. Sehingga dapat diketahui bahwa metode yang digunakan belum dapat mendeteksi kejadian hujan es yang terjadi di wilayah Bogor.



Gambar 7.Sebaran spasial nilai reflektivitas maksimum (CMAX), dan citra RGB 24-hour Microphysics pada hujan es Bogor 23 September 2020.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan nilai SHI pada tiga kejadian hujan es di wilayah Jawa Barat diketahui nilai maksimum untuk masing-masing kejadian adalah $350 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ – $400 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ untuk kejadian di Depok, kemudian $12 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ – $14 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ untuk kejadian di Bandung, dan terakhir $280 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ – $320 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ untuk kejadian di wilayah Bogor. Nilai SHI yang diperoleh

dari kedua kejadian hujan es yakni Depok dan Bogor, mendekati nilai rata-rata yang diperoleh Witt dkk yakni $373 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$ [7] dan sesuai dengan nilai rata-rata kejadian hujan es dengan ukuran diameter 19 mm – 33 mm yakni $288 \text{ Jm}^{-1}\text{s}^{-1}$. Kemudian untuk hasil perhitungan nilai POSH untuk kejadian Depok dan Bogor masing-masing memperoleh nilai probabilitas 70% – 80%.

Berbeda dengan kejadian hujan es Depok dan Bogor, hujan es di wilayah Bandung memperoleh nilai SHI yang jauh di bawah rata-rata yang diperoleh Witt dkk. [7]. Hal ini menunjukkan kejadian hujan es tidak berhasil terdeteksi oleh metode SHI. Hal yang sama juga terjadi untuk nilai POSH yang memperoleh probabilitas 0% yang diduga disebabkan oleh pengaruh jarak radar ke lokasi kejadian yang cukup jauh sehingga menyebabkan atenuasi nilai reflektivitas. Untuk kasus kejadian seperti ini, maka perbandingan ataupun *ensemble* dengan metode lain diperlukan, contohnya dengan menggunakan citra satelit yang mana untuk ketiga kejadian yang dijadikan kajian, mendeteksi jenis awan yang seragam yakni *deep precipitating cloud* dengan *updraft* yang kuat berdasarkan metode *RGB Composite* yang digunakan.

Sehingga dapat diketahui, metode yang digunakan SHI dan POSH memiliki batasan dalam hal jarak radar. Perhitungan nilai dalam bentuk spasial memiliki kelebihan, baik dalam hal pemberian informasi lokasi kejadian yang lebih akurat, maupun dalam hal pengurangan bias nilai yang diperoleh jika dibandingkan dengan pengambilan titik dengan nilai reflektivitas maksimum ataupun dengan rata-rata wilayah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sub Koordinator Pengelolaan Citra Radar BMKG yang memberi dukungan berupa data Radar Jakarta serta kepada Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atas penyediaan data Himawari-Cast yang mendukung berlangsungnya penelitian ini.

REFERENSI

1. Tjasyono, B. H. (2004). *Klimatologi*. Bandung: Penerbit ITB.
2. Nelson, S. P. (1983). *The Influence of Storm Flow Structure on Hail Growth*, *Journal Atmospheric Science*.
3. Zakir, A. (2008). *Modul Praktis Analisis dan Prakiraan Cuaca*. Jakarta: BMKG.
4. Battan, L. J. (1973). *Radar Observation of the Atmosphere*. Chicago: University of Chicago.
5. Rinehart, R. E. (2010). *Radar Meteorologist*. Nevada: Rinehart Publications.
6. Holleman, I. (2001). *Hail detection using single-polarization radar*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
7. Witt, A., Eilts, M. D., Stumpf, G. J., Johnson, J. T., Mitchell, E. D. W., & Thomas, K. W. (1998). An enhanced hail detection algorithm for the WSR-88D. *Weather and Forecasting*, **13**(2), 286–303.
8. Waldvogel, A., Schmid, W., & Federer, B. (1978). The kinetic energy of hailfalls. Part I: Hailstone spectra. *Journal of Applied Meteorology (1962-1982)*, 515–520.
9. Ali, A., & Hidayati, S. (2015). Peringatan Dini Potensi Hujan Es menggunakan Metode Severe Hail Index berdasarkan Pengamatan Radar Cuaca Doppler. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Jakarta
10. Kristianto, A., Arizona, I. J. S., Larasati, G., & Akib, K. (2018). Identifikasi Kejadian Hujan Es Menggunakan Citra Radar dan Satelit Cuaca. *Prosiding PIT Ke-5 Riset Kebencanaan IABI Universitas Andalas Padang*, **1**, 349–362.
11. Lilesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Terjemahan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
12. Bessho, K., Date, K., Hayashi, M., Ikeda, A., Imai, T., Inoue, H., ... & Yoshida, R. (2016). An introduction to Himawari-8/9 — Japan's new-generation geostationary meteorological satellites. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, **94**(2), 151–183.
13. Shimizu, A. (2020). Newly proposed RGBs by Himawari-8 and some case studies. *Meteorological Satellite Center Technical Note*, (65).
14. Zawadzki, I. (1984). Factors affecting the precision of radar measurements of rain. *In 22nd conference on radar meteorology*, Zurich, Switzerland, 251–256.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

EFEKTIFITAS TINGKAT PENCAHAYAAN ALAMI DAN PENCAHAYAAN CAMPURAN PADA RUANG PERKULIAHAN DI UIN SUMATERA UTARA

Mulkan Iskandar Nasution*, Zubair Aman Daulay, Rini Rahmadani Tampubolon

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*E-mail korespondensi: mulkaniskandar@uinsu.ac.id

ABSTRACT

Lighting is part of the main factor in a building design, because it affects the activities of user in the room. The purpose of this study is knowing the level of illumination level in the class room of the Faculty of Science and Technology, UIN North Sumatra. The study was conducted by measuring the level of natural lighting, mixed lighting levels and optimization of mixed lighting levels in class rooms 306 and 308 with reference to SNI 6197-2011 which is 350 lux. Size of class room 306 length 8.70 m, width 8 m, height 2.80 m, while class room 308 length 8.40 m, width 8.12 m, height 2.80 m. The natural lighting source comes from the sun (window openings), while the mixed lighting source comes from the sun (window openings) plus 36 Watt TL lamps. The measurement of lighting levels is carried out using the GM1040C luxmeter measuring instrument with 25 measurement points in accordance with the SNI 7062-2019. The measurement results for natural lighting levels, namely 161.38 lux and 206.9 lux, are not in accordance with the lighting standard, which is 350 lux, while for mixed lighting, namely 720 lux and 975 lux and optimization of mixed lighting, namely 406.68 lux, 405.72 lux and 479.28 lux and 472.44 lux are in accordance with the lighting standard of 350 lux.

Keywords: Lighting, Luxmeter, Classroom.

ABSTRAK

Pencahayaan merupakan bagian dari faktor utama dalam suatu perancangan bangunan gedung, khususnya untuk gedung yang baru dibangun. Desain pencahayaan perlu diperhatikan, sebab mempengaruhi aktivitas pengguna di dalam ruangan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat pencahayaan pada ruang kuliah Fakultas Saintek UIN Sumatera Utara. Penelitian dilakukan dengan mengukur tingkat pencahayaan alami, tingkat pencahayaan campuran dan optimasi tingkat pencahayaan campuran pada ruang kuliah 306 dan 308 dengan mengacu pada SNI 6197-2011 yaitu 350 lux. Ukuran ruang kuliah 306 panjang 8,70 m, lebar 8 m, tinggi 2,80 m, sedangkan ruang kuliah 308 panjang 8,40 m, lebar 8,12 m, tinggi 2,80 m. Sumber pencahayaan alami berasal dari matahari (bukaan jendela), sedangkan sumber pencahayaan campuran berasal dari matahari (bukaan jendela) ditambah lampu TL 36 Watt. Pengukuran tingkat pencahayaan dilakukan menggunakan alat ukur luxmeter GM1040C dengan titik pengukuran sebanyak 25 titik sesuai dengan acuan SNI 7062-2019. Hasil pengukuran untuk tingkat pencahayaan alami yaitu 161,38 lux dan 206,9 lux belum sesuai dengan standar pencahayaan yaitu 350 lux, sedangkan untuk pencahayaan campuran yaitu 720 lux dan 975 lux dan optimasi pencahayaan campuran yaitu 406,68 lux, 405,72 lux dan 479,28 lux dan 472,44 lux telah sesuai dengan standar pencahayaan yaitu 350 lux.

Kata kunci: Pencahayaan, Luxmeter, Ruang kuliah.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 01-11-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya angka pembangunan di Indonesia, maka karya arsitektur

pembangunan perlu dirancang dengan baik. Dalam perancangan bangunan gedung, desain untuk pencahayaan perlu diperhatikan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan.

Kampus IV UIN Sumatera Utara merupakan gedung kampus yang baru dibangun khususnya Fakultas Saintek. Corak bangunan ini mirip dengan bangunan eropa dan timur tengah, terlihat mewah dan megah. Suatu bangunan pastilah membutuhkan pencahayaan yang baik untuk melakukan aktifitas didalamnya khususnya pada ruang kuliah. Kebutuhan pencahayaan pada setiap ruangan berbeda sesuai dengan penggunaan dan aktifitas didalam ruangan tersebut. Pencahayaan sendiri merupakan sesuatu yang memberikan penerangan, yakni pencahayaan alami dan pencahayaan buatan [1].

Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh alam yaitu matahari. Pencahayaan alami berperan untuk memberikan kenyamanan visual dan rasa nyaman karena tercukupinya ketersediaan cahaya untuk beraktifitas, sehingga dapat melihat benda-benda yang dikerjakan secara jelas. Perencanaan arsitektur bangunan untuk pencahayaan alami perlu diperhatikan. Pencahayaan alami ditentukan oleh kondisi langit dan sumber cahaya yang dimanfaatkan melalui pemantulan cahaya dari luar ke dalam bangunan. Hal ini bertujuan agar distribusi pencahayaan mencapai kuantitas dan kualitas pencahayaan sesuai kebutuhan [2].

Pencahayaan campuran adalah gabungan dari pencahayaan alami ditambah pencahayaan buatan [3]. Umumnya pencahayaan buatan yang sering digunakan berasal dari lampu. Pencahayaan buatan dibutuhkan apabila suatu ruangan kesulitan untuk memperoleh pencahayaan alami atau pencahayaan alami kurang mencukupi kebutuhan [4].

Berdasarkan SNI 6179-2011 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan bangunan gedung khususnya untuk lembaga pendidikan terdapat standar kebutuhan pencahayaan yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan untuk ruang kelas 350 lux [5]. *Software calculux indoor 5.0* merupakan program yang dibuat oleh perusahaan lampu Philips [6]. *Calculux indoor 5.0* merupakan salah satu dari bagian program *calculux* yang digunakan untuk mendesain pencahayaan di

dalam ruangan. Untuk mendapatkan hasil dari program kita perlu menginput data-data ruangan seperti, panjang, lebar, tinggi, tinggi bidang kerja, reflektansi, jenis lampu dan jumlah lampu. Hasil akhir yang ditampilkan program berupa grafik angka, kontur warna distribusi cahaya dan grafik 3D [7].

Surfer Golden merupakan sebuah program berbasis grid [8]. Program ini digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi berdasarkan grid. Dalam penelitian ini, program ini digunakan untuk peta distribusi pencahayaan secara praktek berdasarkan data yang diperoleh dari pengambilan data tingkat pencahayaan menggunakan luxmeter [9]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pencahayaan ruang perkuliahan Fakultas Saintek UIN Sumatera Utara yang merupakan gedung baru, diharapkan sesuai dengan standar SNI 6179-2011.

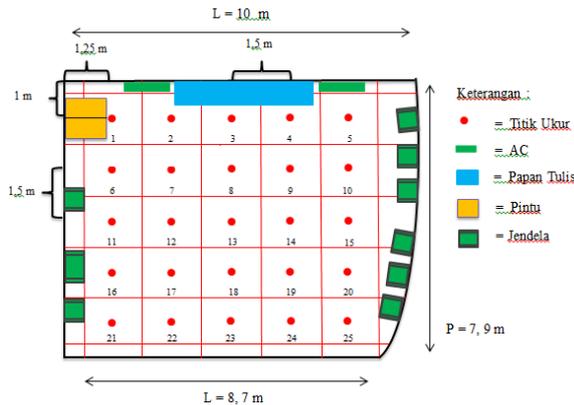
METODE PENELITIAN

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode kuantitatif. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *Luxmeter*, meteran, tripod dan 2 buah *Software* yaitu *Calculux Indoor 5.0* dan *Surfer Golden 16*. Penelitian ini dilakukan pada 2 ruang perkuliahan yaitu ruang kuliah 306 dan 308 Fakultas Saintek UIN Sumatera Utara. Dimensi ruang kuliah 306 panjang 8,70 m, lebar 8 m, tinggi 2,80 m, sedangkan ruang kuliah 308 panjang 8,40 m, lebar 8,12 m, tingggi 2,80 m. Peneliti ini dilakukan pada siang hari, pukul 12.00-15.00, kondisi cuaca cerah dan tidak mendung.

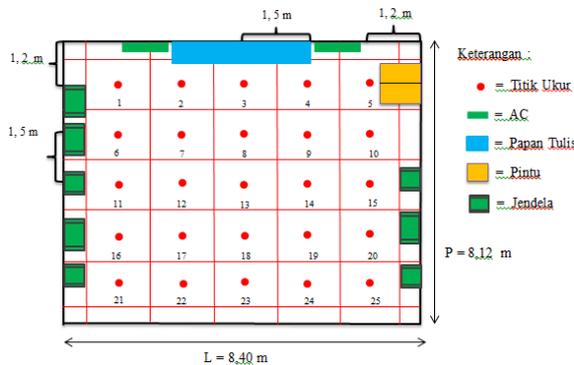
Proses pengambilan data tingkat pencahayaan pada ruang perkuliahan dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu: Penentuan titik ukur berdasarkan SNI 7062-2019 yaitu satu titik pengukuran mewakili area maksimal 3m² dengan luas ruangan antara 50 m² sampai 100 m² jumlah titik ukur minimal 25 titik [10].

Pengambilan data dilakukan dengan meletakkan *Luxmeter* di atas tripod setinggi 0,8 m dari lantai di titik pengukuran yang telah ditentukan. Kemudian data yang didapatkan diolah dengan *software Calculux Indoor 5.0*

dan *Surfer Golden 16*, untuk mendapatkan gambar hasil distribusi pencahayaan secara program dan praktek. Pencahayaan alami dilakukan dengan membuka semua jendela, pencahayaan campuran dilakukan dengan menghidupkan semua lampu (8 buah) dan membuka semua jendela, serta optimasi pencahayaan campuran dilakukan dengan menghidupkan sebagian lampu (4 buah) dan membuka semua jendela.



Gambar 1. Titik ukur ruang kuliah 306.



Gambar 2. Titik ukur ruang kuliah 308.



Gambar 3. Proses pengukuran.

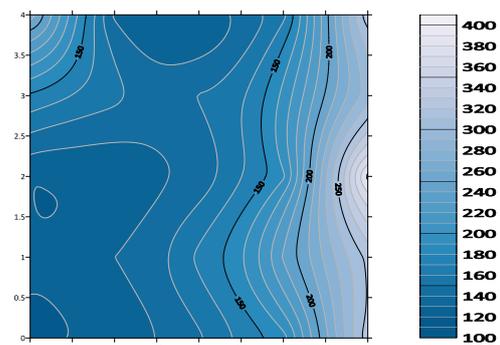
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Pencahayaan Ruang Kuliah 306

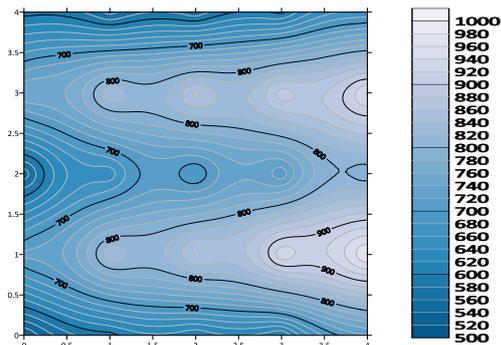
Tabel 1. Hasil tingkat pencahayaan ruang kuliah 306.

Titik ukur	Tingkat Pencahayaan		Keterangan	SNI 6197-2011 (Lux)
	Alami (Lux)	Campuran (Lux)		
1	215,5	591		
2	118	551		
3	110,7	565		
4	136,7	594		
5	257	664	area jendela	
6	148,5	759		
7	132,8	838	jalur lampu	
8	130,5	867		
9	163	892	jalur lampu	
10	235	945	area jendela	
11	110,5	546		
12	112,4	647	jalur lampu	
13	123,8	677		350
14	157,9	705	jalur lampu	
15	303	784	area jendela	
16	110,9	725		
17	120	837	jalur lampu	
18	142,4	865		
19	191,1	936	jalur lampu	
20	253	984	area jendela	
21	109,2	518		
22	111,9	591		
23	128,7	600		
24	156	599		
25	256	719	area jendela	
Rata-Rata	161,38	720		

Berdasarkan Tabel 1 bahwa untuk nilai rata-rata tingkat pencahayaan alami yaitu 161,4 lux dengan nilai minimal SNI 350 lux, sedangkan untuk nilai rata-rata tingkat pencahayaan campuran yaitu 720 lux dengan nilai minimal SNI 350 lux. Untuk tingkat pencahayaan alami pada ruang kuliah 306 belum memenuhi SNI, sedangkan untuk tingkat pencahayaan campuran telah memenuhi SNI.



Gambar 4. Distribusi Pencahayaan alami.



Gambar 5. Distribusi pencahayaan campuran.

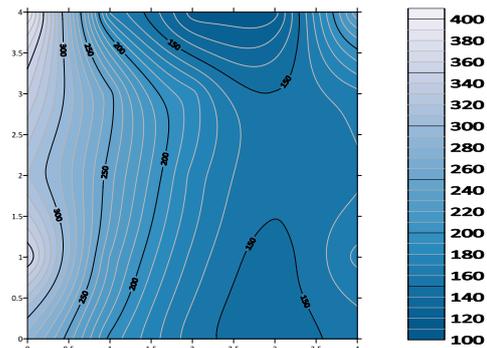
Berdasarkan Gambar 4 dan 5 distribusi pencahayaan alami yang tersebar di area jendela sebelah barat lebih besar nilai pencahayaannya dibandingkan area lainnya, sedangkan untuk distribusi pencahayaan campuran sudah tersebar merata keseluruh area ruangan, area paling besar nilai pencahayaannya berada di area dekat jendela dan jalur lampu.

Tingkat Pencahayaan Ruang Kuliah 308

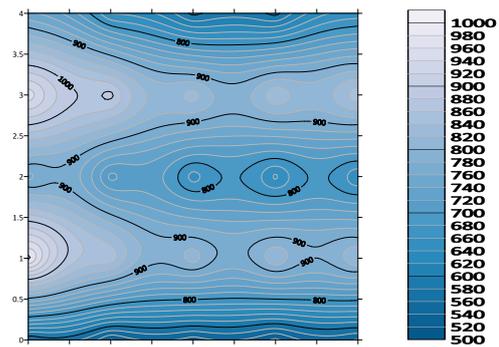
Tabel 2. Hasil tingkat pencahayaan ruang kuliah 308.

Titik ukur	Tingkat Pencahayaan		Keterangan	SNI 6197-2011 (Lux)
	Alami (Lux)	Campuran (Lux)		
1	392	864	area jendela	
2	168,3	758		
3	115,3	693		
4	115,5	692		
5	238	768		
6	340	1074	area jendela	
7	254	1007	jalur lampu	
8	183,8	951		
9	150,6	960		
10	166,9	977	jalur lampu	
11	310	872	area jendela	
12	244	812	jalur lampu	
13	176,6	769		350
14	150,4	754	jalur lampu	
15	157,7	760		
16	361	1108	area jendela	
17	229	975	jalur lampu	
18	167,3	932		
19	145,7	940	jalur lampu	
20	173,2	943		
21	284	681	area jendela	
22	196,6	638		
23	154,6	649		
24	143,9	634		
25	154,2	657		
Rata-Rata	206,9	975		

Berdasarkan Tabel 2 bahwa untuk nilai rata-rata tingkat pencahayaan alami yaitu 206,9 lux dengan nilai minimal SNI 350 lux, sedangkan untuk nilai rata-rata tingkat pencahayaan campuran yaitu 975 lux dengan nilai minimal SNI 350 lux. Untuk tingkat pencahayaan alami pada ruang kuliah 306 belum memenuhi SNI, sedangkan untuk tingkat pencahayaan campuran telah memenuhi SNI.



Gambar 6. Distribusi pencahayaan alami.



Gambar 7. Distribusi pencahayaan campuran.

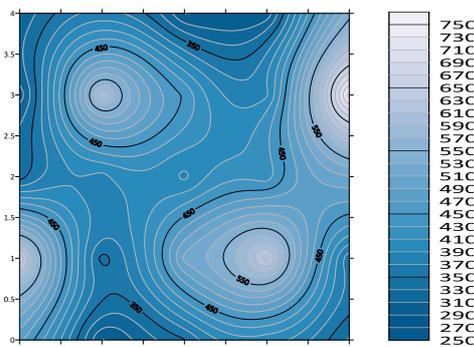
Berdasarkan Gambar 6 dan 7 distribusi pencahayaan alami yang tersebar di area jendela sebelah timur lebih besar nilai pencahayaannya dibandingkan area lainnya, sedangkan untuk distribusi pencahayaan campuran sudah tersebar merata keseluruh area ruangan, area paling besar nilai pencahayaannya berada di area dekat jendela dan jalur lampu. Adapun perbedaan hasil pada tingkat pencahayaan pada kedua ruangan dikarenakan ukuran luas ruangan yang berbeda serta bentuk ruangan 306 sedikit melengkung sehingga jarak antara jendela ke titik ukur cukup jauh dibandingkan dengan jarak di ruang kuliah 308.

Optimasi Pencahayaan Campuran Ruang Kuliah 306

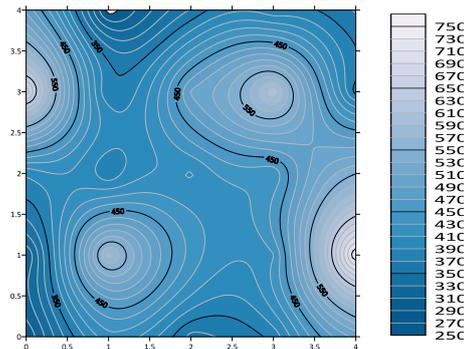
Tabel 3. Hasil optimasi pencahayaan campuran ruang kuliah 306.

Titik ukur	Lampu yang Hidup		Keterangan	SNI 6197-2011 (Lux)
	Model I (Lux)	Model II (Lux)		
1	314	485		
2	376	240		
3	289	332		
4	296	355		
5	541	328	area jendela	
6	298	707		
7	605	350	jalur lampu	
8	447	493		
9	386	628	jalur lampu	
10	741	342	area jendela	
11	340	374		
12	383	354		
13	385	388		350
14	420	415	jalur lampu	
15	509	549	area jendela	
16	647	270		
17	343	601	jalur lampu	
18	516	423		
19	639	408	jalur lampu	
20	355	772	area jendela	
21	476	252		
22	288	403		
23	348	323		
24	398	356		
25	327	495	area jendela	
Rata-Rata	406,68	405,72		

Berdasarkan Tabel 3 bahwa nilai optimasi tingkat pencahayaan campuran untuk model I dan II yaitu 406,68 lux dan 405,72 lux dengan nilai minimalnya 350 lux. Optimasi tingkat pencahayaan campuran pada ruang kuliah 306 telah memenuhi SNI. Distribusi optimasi pencahayaan campuran ruang kuliah 306 sebagai berikut:



Gambar 8. Distribusi optimasi pencahayaan campuran model I.



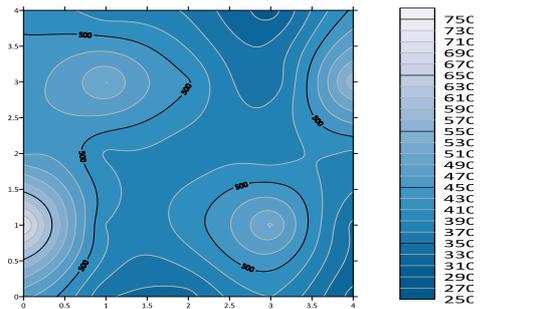
Gambar 9. Distribusi optimasi pencahayaan campuran model II.

Optimasi Pencahayaan Campuran Ruang Kuliah 308

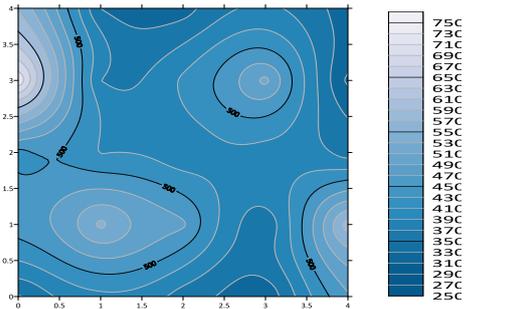
Tabel 4. Hasil optimasi pencahayaan campuran ruang kuliah 308.

Titik ukur	Lampu yang Hidup		Keterangan	SNI 6197-2011 (Lux)
	Model I (Lux)	Model II (Lux)		
1	472	695	area jendela	
2	418	349		
3	391	328		
4	274	410		
5	510	325		
6	534	943	area jendela	
7	654	400	jalur lampu	
8	506	460		
9	360	615		
10	738	289		
11	544	484		
12	442	447		
13	416	413		350
14	420	433	jalur lampu	
15	439	375		
16	964	523	area jendela	
17	447	663	jalur lampu	
18	478	559		
19	660	362	jalur lampu	
20	337	729		
21	562	344	area jendela	
22	355	437		
23	330	375		
24	451	309		
25	280	544		
Rata-Rata	479,28	472,44		

Berdasarkan Tabel 4 bahwa nilai optimasi tingkat pencahayaan campuran untuk model I dan II yaitu 479,28 lux dan 472,44 lux dengan nilai minimalnya 350 lux. Optimasi tingkat pencahayaan campuran pada ruang kuliah 308 telah memenuhi SNI. Distribusi optimasi pencahayaan campuran ruang kuliah 308 sebagai berikut:

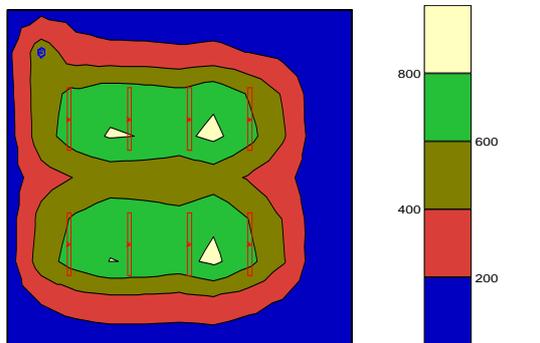


Gambar 10. Distribusi optimasi pencahayaan campuran model I.

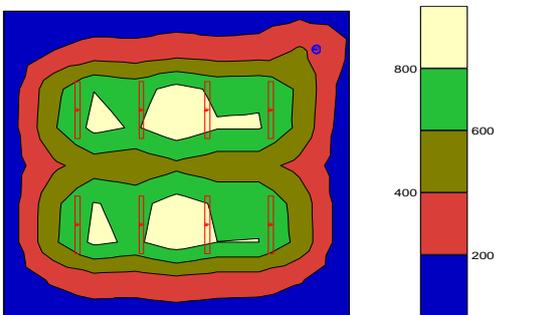


Gambar 11. Distribusi optimasi pencahayaan campuran model II.

Simulasi Menggunakan Software Calculux Indoor 5.0 Ruang 306 dan Ruang 308



Gambar 12. Simulasi *Calculux Indoor* ruang kuliah 306.

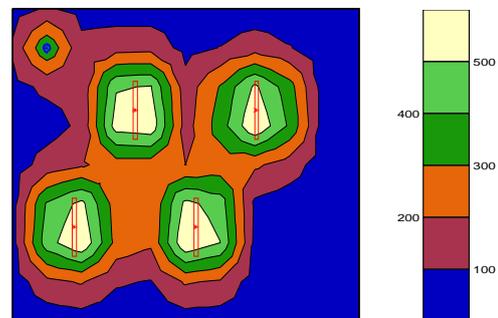


Gambar 13. Simulasi *Calculux Indoor* ruang kuliah 308.

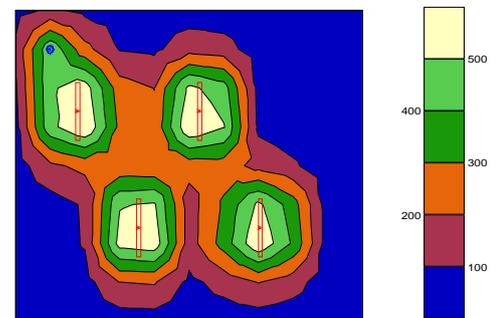
Berdasarkan Gambar 12 dan 13 hasil simulasi *software Calculux Indoor 5.0*

menunjukkan bahwa distribusi tingkat pencahayaan pada kedua ruangan sudah merata ditandai dengan warna hijau dan kuning yang tersebar lebih banyak pada area titik ukur. Perbedaan nilai tingkat pencahayaan dari hasil kontur map dikarenakan ukuran ruang kuliah 306 lebih besar dibandingkan ruang kuliah 308, sehingga tingkat pencahayaan di ruang kuliah 308 lebih besar hasilnya dibanding ruang 306. Meskipun demikian pencahayaan buatan pada kedua ruangan tersebut telah memenuhi SNI.

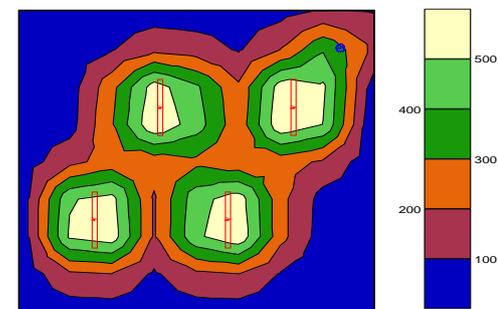
Simulasi Menggunakan Software Calculux Indoor 5.0 Optimasi Pencahayaan Campuran Ruang 306 dan Ruang 308



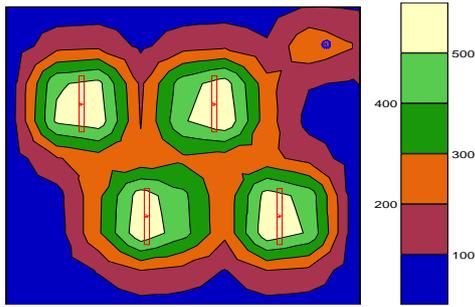
Gambar 14. Simulasi model I ruang kuliah 306.



Gambar 15. Simulasi model II ruang kuliah 306.



Gambar 16. Simulasi model I ruang kuliah 308.



Gambar 17. Simulasi model II ruang kuliah 308.

Hasil optimasi pencahayaan campuran berdasarkan *software Calculux Indoor 5.0* untuk ruang kuliah 306 dan ruang kuliah 308 bentuk distribusi pencahayaan di beberapa titik ukur belum mencapai nilai standar dan di beberapa titik ukur sudah memenuhi nilai standar. Pada bagian titik ukur bahwa warna coklat, hijau dan kuning yang tersebar memiliki nilai rata-rata ± 250 lux berdasarkan kalkulasi *software Calculux Indoor 5.0* yang dihitung pada setiap titik ukur.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa tingkat pencahayaan pada ruang kuliah 306 dan 308 di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara untuk pencahayaan alami yaitu 161,38 lux dan 206,9 lux belum memenuhi standar SNI, untuk pencahayaan campuran yaitu 720 lux dan 975 lux sudah memenuhi SNI, sedangkan untuk optimasi pencahayaan campuran yaitu 406,68 lux, 405,72 lux dan 479,28 lux dan 472,44 lux juga sudah memenuhi SNI. Hasil tingkat pencahayaan pada ruang kuliah 308 lebih baik daripada ruang kuliah 308.

REFERENSI

1. Sultan, Muhammad. (2021). *Hygiene Industri Penerapan Di Sektor Perusahaan*. Malang: Madza Media, 26.
2. Pangestu, Mira Dewi. (2019). *Pencahayaan Alami Dalam Bangunan Gedung*. Bandung: Unpar Press, 2-3.
3. Yuliana, C. P. (2017). Unsur-Unsur Efek Cahaya Pada Perpustakaan. *LIBRIA*, 8(1).
4. Naibaho, T. S. E., Aulia, D. N., & Nasution, A. D. (2019). Evaluasi Cahaya pada Ruang Rawat Inap Pasien: Studi Kasus Rumah Sakit Universitas Sumatera Utara. *Anterior Jurnal*, 18(2), 175–181.
5. SNI 6197-2011 tentang Konversi Energi Pada Sistem Pencahayaan Pada Bangunan Gedung.
6. Cahyantari, L., Rif'ati Dina, H., & Supriyadi, B. (2017). Analisis Intensitas Pencahayaan Di Ruang Kuliah Gedung Fisika Universitas Jember Dengan Menggunakan Calculux Indoor 5.0 b. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(1), 77–78.
7. Septiady, R. K. D., Fahmi, M. Z., & Riyanto, F. (2021). Analisa Kebutuhan Pencahayaan Ruang Kuliah Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan Dengan Menggunakan Software Calculux Indoor. *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*, 6(2).
8. Colorado. (2002). *Countouring and 3D Surface Mapping For Scientists and Engineers*. Golden Software: U.S.A, 1.
9. Anggriani, S. T. (2018). *Analisis dan Pemetaan Tingkat Kebisingan Di Kawasan Pemukiman Akibat Transportasi Di Jl. Jamin Ginting Medan*. Skripsi, Universitas Sumatera Utara.
10. SNI 7062-2019 tentang Pengukuran Intensitas Pencahayaan di Tempat Kerja.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PERANCANGAN SISTEM *MONITORING DAN CONTROLLING* *SMART HOME* BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Abdul Hakim Prima Yuniarto^{1*}, Yuni Lestiyanti¹, Aflah Nurcholis², Feriawan¹, Recha Nofillah¹

¹Jurusan Fisika FST Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan

²Laboratorium Terpadu, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan

*E-mail korespondensi: a.hakim.py@gmail.com

ABSTRACT

The design of the Internet of Things-based Smart Home monitoring and control system has been successfully carried out. This design aims to control and monitor electronic equipment in the classrooms of the ITS NU Pekalongan lecture building. The design begins with designing a microcontroller consisting of NodeMCU ESP8266 and relays that are connected to electronic equipment. Monitoring and controlling is done through the telegram bot on the telegram messenger application. The system is connected via the internet network, so it can be accessed anywhere and anytime. System testing is done by testing the functions of all the buttons on the telegram bot interface and calculating the response time to determine the delay of the system. Based on the test results, all buttons on the Smart Home system function and run properly without any errors or errors that occur. In measuring response time, the Smart Home system runs smoothly with relatively sort delay times.

Keywords: Internet of Things, Smart Home, Telegram Bot.

ABSTRAK

Perancangan sistem monitoring dan kontroling Smart Home berbasis Internet of Things telah berhasil dilakukan. Perancangan ini bertujuan untuk mengontrol dan memantau peralatan elektronik di ruang kelas gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan. Perancangan dimulai dengan merancang mikrokontroler yang terdiri dari NodeMCU ESP8266 dan relay yang dihubungkan pada peralatan elektronik. Monitoring dan kontroling dilakukan melalui telegram bot pada aplikasi telegram messenger. Sistem terhubung melalui jaringan internet, sehingga dapat diakses dimanapun dan kapanpun saja. Pengujian sistem dilakukan dengan menguji fungsi semua tombol yang ada pada interface telegram bot dan menghitung respon time untuk mengetahui delay dari sistem. Berdasarkan hasil pengujian, semua tombol pada sistem Smart Home berfungsi dan berjalan dengan baik tanpa adanya kesalahan atau error yang terjadi. Pada pengukuran respon time sistem Smart Home berjalan lancar dengan waktu delay yang relatif singkat.

Kata kunci: Internet of Things, Smart Home, Telegram Bot.

Diterima 01-10-2022 | Disetujui 24-10-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Dewasa ini masyarakat masih belum sadar pentingnya penghematan energi listrik. Contohnya seperti pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan dimana mahasiswa sering kali lupa untuk mematikan lampu atau AC pada ruang kelas setelah digunakan, sehingga energi listrik terbuang percuma dan meningkatkan tagihan listrik bulanan. Pada saat ini untuk menangannya dengan cara petugas jaga harus

berkeliling gedung dan mengecek setiap ruang kelas, hal ini sangatlah tidak efisien dan praktis. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi yang mampu untuk memantau dan mengontrol peralatan elektronik di ruang kelas dari mana pun dan kapan pun.

Perkembangan teknologi yang sangat pesat dapat membantu manusia agar hidup lebih mudah dan nyaman. Salah satunya adalah smartphone, hampir semua orang dari berbagai lapisan masyarakat menggunakan smartphone.

Teknologi yang dimaksud untuk mengontrol dan memonitoring peralatan elektronik tersebut memanfaatkan *smartphone*. Teknologi tersebut adalah *smart home* berbasis *Internet of Things* (IoT).

Smart Home dapat menghubungkan perangkat elektronik dengan modul melalui konsep *Internet of Things*. Selain itu juga dapat digunakan untuk mengontrol dari jarak jauh, sehingga kita dapat menghidupkan atau mematikan suatu peralatan elektronik dari manapun dan kapanpun. Modul yang umum digunakan yaitu *NodeMCU ESP8266*, *NodeMCU ESP32*, *Arduino*, *Wemos D1*, *raspberry pi*, dll.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan suaturancangan sistem untuk monitoring dan kontroling *smart home* berbasis *Internet of Things*, hal ini diharapkan dapat membantu dalam memantau dan mengontrol peralatan elektronik di ruang kelas sehingga dapat menghemat energi listrik.

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things

Perkembangan teknologi sangatlah pesat hingga saat ini, konektivitas antara mesin, manusia dan data lebih mudah terjalin melalui dunia virtual. Teknologi tersebut dinamakan dengan *Internet of Things* (IoT). IoT adalah teknologi yang mampu memindahkan data tanpa adanya interaksi antara manusia ke komputer atau manusia ke manusia melalui jaringan, sehingga menjadi sistem cerdas. Prosedur kerja dari IoT adalah dengan memanfaatkan perintah-perintah pemrograman yang terhubung antar sistem dibatasi oleh jarak karena terhubung melalui jaringan internet [1].

Smart Home

Smart Home adalah sebuah teknologi yang diterapkan pada rumah yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi di dalam rumah walaupun dari luar rumah. Pengontrolan rumah dari jarak jauh dapat dilakukan oleh *Smart*

Home dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things*. Kontrol tersebut dapat dilakukan secara manual atau dapat diatur agar berjalan ssecara otomatis. Sehingga teknologi *smart home* mempunyai beberapa kelebihan yaitu dapat menghemat waktu, uang dan tenaga [2].

NodeMCU

NodeMCU menggunakan *firmware* berbasis *e-Lua* yang dikembangkan dari *ESP8266*. Pada *NodeMCU* terdapatport untuk *micro USB* yang berfungsi sebagai catu daya dan media untuk menginput pemrograman. Pada *NodeMCU* terdapat sebuah tombol *pushbutton* unuk melakukan *reset* dan *flash*. Bahasa pemrograman yang digunakan pada *NodeMCU* adalah Bahasa pemrograman *Lua*. Bahasa pemrograman *Lua* mempunyai susunan pemrograman dan logika yang sama dengan Bahasa C, dan hanya berbeda pada *syntax*. Selain itu bahasa pemrograman *Lua* juga mendukung untuk aplikasi *ArduinoIDE* dengan cara mengubah *boardmanager* [3].

ArduinoIDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) mempunyai fungsi untuk membuat, mengedit dan membuka program yang akan diinput ke dalam *board*. Aplikasi *Arduino IDE* mempunyai kemudahan dalam membuat aplikasi. Struktur Bahasa pemrograman *Arduino IDE* relatif sederhana dan mempunyai fungsi yang lengkap, sehingga lebih mudah untuk dipelajari [4].

Relay

Relay merupakan sebuah saklar yang digunakan dengan membutuhkan energi listrik. Pada *relay* terdapat *coil* (elektromagnetik) dan saklar (mekanikal) yang menjadi bagian utamanya, sehinga *relay* termasuk dalam komponen elektromekanikal. Cara kerja *relay* yaitu arus listrik pada bagian elektromagnetik digunakan untuk menggerakkan saklar [5].

Telegram Messenger

Telegram Messenger merupakan aplikasi yang bertujuan untuk sarana komunikasi. Telegram memiliki fitur yang lengkap, salah satunya adalah *bot*. *Bot* merupakan fitur yang bersifat *open source* sehingga penggunanya dapat mengatur dan mengedit sesuai kebutuhan pada *bot* tersebut. Pengembang dapat mensinkronkan aplikasi dengan menggunakan API (*Application Programming Interface*) dari *bot telegram*. API berfungsi untuk menghubungkan *telegram messenger* dengan modul *ESP8266* [6].

Penelitian Terdahulu

Teknologi *Smart Home* berbasis *Internet of Things* sudah mulai banyak digunakan sebagai sistem monitoring dan kontroling pada peralatan elektronik, teknologi tersebut sudah diimplementasikan oleh peneliti-peneliti terdahulu. (Efendi & Chandra, 2019) telah berhasil mengimplementasikan IoT pada sistem kendali lampu rumah. Sistem kendali tersebut memanfaatkan *NodeMCU ESP8266* dan *telegram messenger bot* sebagai media pengontrolnya [6]. Selain itu terdapat juga penelitian yang serupa yaitu memanfaatkan IoT untuk kontrol lampu rumah yang dilakukan oleh (Nega, Susanti, & Hamzah, 2019), penelitian ini memanfaatkan telegram chatbot dan *NodeMCUESP-12E*. Pada penelitian tersebut juga dilakukan uji *delay*, dan hasilnya adalah jarak tidak mempengaruhi kinerja dari sistem. Tetapi yang membuat respon mengalami *delay* adalah perbedaan antar koneksi dan kualitas jaringan [7].

Penelitian lain juga dilakukan oleh Hidayatullah dkk., 2021 yang telah berhasil mengembangkan *prototype smart home* dengan memanfaatkan konsep IoT berbasis Wemos D1. Pada penelitian tersebut digunakan beberapa peralatan elektronik dan sensor untuk sistem otomatisasinya, dan hasil pengujian selama 30 hari menggunakan sistem diperoleh penghematan 1,752 kWh. Hasil pengujian lainnya yaitu rata-rata respon dari smart home

adalah 4 detik, kemudian rata-rata respon sensornya 3,6 detik, dan untuk rata-rata notifikasinya adalah 8,12 detik [8].

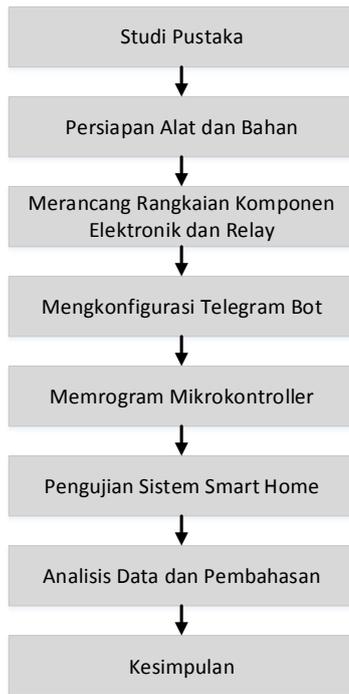
Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Hadikristanto & Suprayogi, 2019) yang telah berhasil menerapkan IoT untuk sistem kontrol dan monitoring lampu gedung. *Device* yang digunakan yaitu *NodeMCU V3*, *relay module 2 channel* dan *module LDR*. Cara kerja sistem tersebut yaitu sensor cahaya LDR berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya yang masuk pada ruangan, jika intensitas cahaya yang masuk sedikit atau gelap maka lampu akan otomatis menyala [9].

Penelitian lain yang memanfaatkan IoT untuk sistem pemantauan dilakukan oleh Maulana dkk., 2021 yang telah berhasil membuat sistem pemantauan ketebalan debu dan suhu pada ruangan. Sistem ini memanfaatkan aplikasi *telegram bot* yang terhubung dengan *Wemos D1 R1*, serta untuk memantau ketebalan debu menggunakan sensor *GP2Y1010AUOF* dan untuk memantau suhu ruangan menggunakan sensor *DHT 11* [10].

METODE PENELITIAN

Prosedure Penelitian

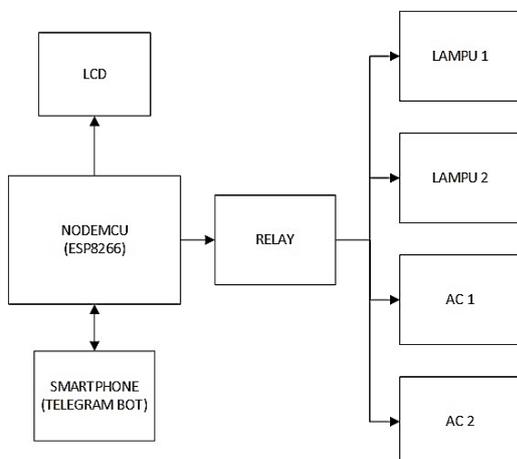
Penelitian dalam membuat sistem monitoring dan kontroling *smart home* terdiri atas beberapa prosedur atau langkah-langkah yang harus dikerjakan seperti yang terlihat pada Gambar 1. Langkah pertama yaitu melakukan studi terhadap objek penelitian guna mempelajari komponen dan sistem yang akan dirancang. Kemudian menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Lalu merancang rangkaian komponen elektronik dan relay dan mengkonfigurasi telegram bot. Kemudian memrogram mikrokontroler untuk sistem monitoring dan kontroling. Setelah sistem selesai dirancang, kemudian dilakukan pengujian untuk menguji apakah sistem berjalan secara normal atau tidak.



Gambar 1. Prosedur penelitian.

Diagram Blok Sistem

Sistem monitoring dan kontroling smart home ini berpusat pada modul *NodeMCU ESP8266* yang berlaku sebagai mikrokontroler dan terhubung dengan jaringan internet (WiFi). Modul *NodeMCU ESP8266* terhubung dengan *smartphone* dan *telegrambot* melalui jaringan internet, kemudian modul *NodeMCUESP8266* juga terhubung dengan *relay* yang berperan menjadi pengontrol peralatan elektronik yang dalam kasus ini yaitu lampu dan *Air Conditioner* (AC). Konsep diagram blok terlihat seperti pada Gambar 2.

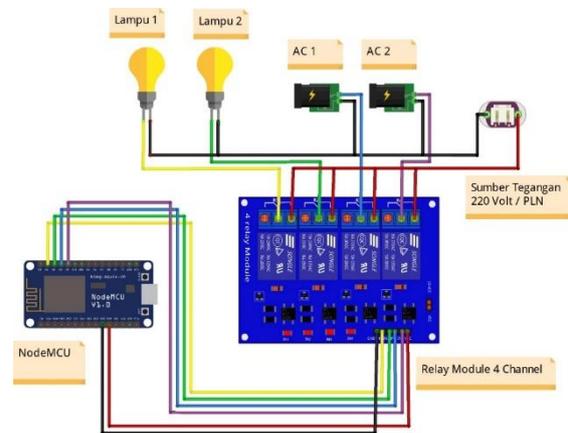


Gambar 2. Diagram blok sistem.

Perancangan Sistem

Perancangan mikrokontroler seperti yang terlihat pada Gambar 3 terdiri atas beberapa rangkaian yang saling terhubung dan membentuk sebuah sistem. Peralatan elektronik pada penelitian ini dikontrol oleh beberapa modul dan komponen yaitu modul *NodeMCUESP8266*, *relay 4 channel*, dan *smartphone*.

Sedangkan untuk perancangan bot telegram yaitu *bot* dirancang dengan beberapa tombol yang mempunyai masing-masing. *Bot* dimulai dengan menekan tombol start. Kemudian akan muncul balasan yang berisi ucapan selamat datang dan informasi cara penggunaan untuk mengontrol peralatan elektronik dari *NodeMCUESP8266*. Monitoring dan kontroling pada bot telegram dilakukan dengan menekan salah satu tombol yang tersedia. Tombol yang tersedia yaitu tombol ON untuk menyalakan peralatan elektronik, tombol OFF untuk mematikan peralatan elektronik, dan tombol STATUS untuk menampilkan kondisi peralatan elektronik.



Gambar 3. Perancangan sistem smart home.

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dari penelitian ini dilakukan dengan pengukuran *response time* dari sistem. Adapun *response time* yang diukur yaitu *response time* terhadap perintah yang dilakukan oleh *bot telegram* dan *response time* pengiriman notifikasi ke aplikasi *telegram*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototype Sistem

Hasil dari perancangan sistem yang telah dibuat berupa *prototype* sistem *smarthome* yang terdiri atas komponen utama yaitu *NodeMCUESP8266* sebagai mikrokontroler dan penghubung sistem ke jaringan internet, kemudian terdapat *relay* yang dihubungkan pada peralatan elektronik sebagai pengontrol seperti yang terlihat pada Gambar 4. Semua komponen tersebut dimasukkan ke dalam *box* 14,5 x 9,5 x 5 cm warna hitam yang dilengkapi dengan layar LCD berukuran 16 x 2 untuk menampilkan informasi pada sistem seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Rangkaian komponen sistem.



Gambar 5. Sistem *smart home*.

Tampilan Antarmuka

Pada antarmuka di *telegram bot* seperti yang terlihat pada Gambar 6 terdapat tombol START

untuk memulai *bot*. Kemudian nanti akan ada balasan chat yang berisi ucapan selamat datang dan menampilkan cara penggunaan *bot telegram*. Pada masing-masing peralatan elektronik terdapat tombol ON untuk menyalakan, tombol OFF untuk mematikan, dan tombol STATUS untuk mengetahui kondisi peralatan elektronik tersebut.



Gambar 6. Antarmuka *bot smart home*.

Pengujian *Response Time*

Pengujian dilakukan untuk mengukur seberapa cepat modul ESP8266 dalam merespon perintah yang dikirimkan oleh *bot telegram*. Pengujian dilakukan dengan menekan tombol ON, tombol OFF dan tombol STATUS. Pengujian dilakukan pada 4 peralatan elektronik sebanyak 10 kali pengujian. Pengukuran *response time* menggunakan 2 buah stopwatch, masing-masing untuk mengukur waktu nyala atau padam dan yang satunya lagi mengukur waktu pesan diterima di *bot telegram*. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut.

Tabel 1. Pengujian *response time* lampu 1.

No	Waktu Pesan		Selisih (s)	Waktu Pesan		Selisih (s)
	Nyala (s)	Diterima (s)		Padam (s)	Diterima (s)	
1	0,72	1,21	0,49	0,72	1,22	0,50
2	1,44	2,16	0,72	0,75	1,22	0,47
3	0,97	1,25	0,28	1,22	1,56	0,34
4	0,66	1,31	0,65	0,84	1,38	0,54
5	1,50	2,19	0,69	0,90	1,47	0,57
6	0,85	1,69	0,84	1,41	1,88	0,47
7	1,44	1,88	0,44	1,47	2,25	0,78
8	0,87	1,28	0,41	1,32	1,38	0,06
9	0,79	1,41	0,62	0,79	1,37	0,58
10	0,91	1,25	0,34	1,38	1,31	0,07
Rata	1,02	1,56	0,55	1,08	1,50	0,44

Berdasarkan hasil pengujian seperti pada Tabel 1, maka diperoleh data pada lampu 1 yaitu untuk waktu nyala dengan rata-rata 1,02 detik, kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 1,56 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,55 detik. Sedangkan untuk waktu padam dengan rata-rata 1,08 detik, kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 1,50 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,44 detik. Terdapat nilai selisih kurang dari 1 detik antara waktu nyala dengan pesan diterima dan waktu padam dengan pesan diterima sehingga dapat dikatakan sistem berjalan dengan lancar dengan *delay* yang cepat.

Tabel 2. Pengujian *response time* lampu 2.

No	Waktu Pesan		Selisih (s)	Waktu Pesan		Selisih (s)
	Nyala (s)	Diterima (s)		Padam (s)	Diterima (s)	
1	0,90	1,34	0,44	0,82	1,41	0,59
2	0,60	1,13	0,53	1,00	1,43	0,43
3	0,81	1,22	0,41	1,60	2,22	0,62
4	1,28	1,21	0,07	0,85	1,41	0,56
5	1,13	1,69	0,56	1,13	1,88	0,75
6	1,40	2,06	0,66	0,82	1,56	0,74
7	0,84	1,19	0,35	1,44	2,12	0,68
8	1,62	2,44	0,82	0,84	1,31	0,47
9	1,12	1,69	0,57	1,69	2,41	0,72
10	1,47	2,06	0,59	1,29	2,00	0,71
Rata	1,12	1,60	0,50	1,15	1,78	0,63

Berdasarkan hasil pengujian seperti pada Tabel 2, maka diperoleh data pada lampu 2 yaitu untuk waktu nyala dengan rata-rata 1,12 detik, kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 1,60 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,50 detik. Sedangkan untuk waktu padam dengan rata-rata 1,15 detik,

kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 1,78 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,63 detik. Terdapat nilai selisih kurang dari 1 detik antara waktu nyala dengan pesan diterima dan waktu padam dengan pesan diterima sehingga dapat dikatakan sistem berjalan dengan lancar dengan *delay* yang cepat.

Tabel 3. Pengujian *respon time* AC 1.

No	Waktu Pesan		Selisih (s)	Waktu Pesan		Selisih (s)
	Nyala (s)	Diterima (s)		Padam (s)	Diterima (s)	
1	1,72	1,59	0,13	2,18	2,37	0,19
2	1,50	1,34	0,16	1,53	1,50	0,03
3	1,88	2,25	0,37	1,41	1,25	0,16
4	1,81	1,19	0,62	1,47	1,37	0,10
5	1,97	1,34	0,63	1,31	1,19	0,12
6	1,93	1,63	0,30	1,22	1,60	0,38
7	3,50	3,03	0,47	1,34	1,84	0,50
8	2,75	2,18	0,57	1,44	1,37	0,07
9	1,60	1,69	0,09	1,22	1,41	0,19
10	1,50	1,47	0,03	1,50	1,41	0,09
Rata	2,02	1,77	0,34	1,46	1,53	0,18

Berdasarkan hasil pengujian seperti pada Tabel 3, maka diperoleh data pada AC 1 yaitu untuk waktu nyala dengan rata-rata 2,02 detik, kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 1,77 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,34 detik. Sedangkan untuk waktu padam dengan rata-rata 1,46 detik, kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 1,53 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,18 detik. Terdapat nilai selisih kurang dari 1 detik antara waktu nyala dengan pesan diterima dan waktu padam dengan pesan diterima sehingga dapat dikatakan sistem berjalan dengan lancar dengan *delay* yang cepat.

Berdasarkan hasil pengujian seperti pada Tabel 4, maka diperoleh data pada AC 2 yaitu untuk waktu nyala dengan rata-rata 2,49 detik, kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 2,15 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,49 detik. Sedangkan untuk waktu padam dengan rata-rata 1,96 detik, kemudian untuk pesan diterima dengan rata-rata 1,87 detik, sehingga terdapat selisih atau delay selama 0,50 detik. Terdapat nilai selisih kurang dari 1 detik antara waktu nyala dengan pesan diterima dan waktu padam dengan pesan

diterima sehingga dapat dikatakan sistem berjalan dengan lancar dengan *delay* yang cepat.

Tabel 4. Pengujian *respon time* AC 2.

No	Waktu Pesan Nyala		Selisih (s)	Waktu Pesan Padam		Selisih (s)
	Diterima (s)	Diterima (s)		Diterima (s)	Diterima (s)	
1	1,31	1,69	0,38	1,44	1,50	0,06
2	5,69	5,31	0,38	1,31	1,75	0,44
3	2,09	1,16	0,93	1,71	2,22	0,51
4	2,50	1,68	0,82	1,69	2,03	0,34
5	1,91	1,37	0,54	1,22	1,68	0,46
6	2,53	2,91	0,38	2,09	2,34	0,25
7	1,88	1,28	0,60	1,38	1,38	0,00
8	2,56	2,06	0,50	2,53	1,31	1,22
9	1,93	1,88	0,05	2,84	2,03	0,81
10	2,47	2,18	0,29	3,35	2,41	0,94
Rata	2,49	2,15	0,49	1,96	1,87	0,50

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan yaitu sistem *Smart Home* untuk monitoring dan kontroling berbasis *Internet of Things* telah berhasil dibuat dengan menggunakan *NodeMCU ESP8266* dan *telegram bot*. Sistem *Smart Home* berjalan lancar dengan waktu *delay* yang relatif singkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITSNU Pekalongan karena telah membiayai seluruh penelitian, sehingga penelitian dapat selesai dengan lancar.

REFERENSI

- Burange, A. W., & Misalkar, H. D. (2015). Review of Internet of Things in development of smart cities with data management & privacy. *2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications*, 189–195.
- Aditya, F. G., Hafidudin, H., & Permana, A. G. (2015). Analisis Dan Perancangan

Prototype Smart Home Dengan Sistem Client Server Berbasis Platform Android Melalui Komunikasi Wireless. *eProceedings of Engineering*, *2*(2).

- Alipudin, A. M. (2018). Rancang bangun alat monitoring biaya listrik terpakai berbasis internet of things (IOT). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, *1*(1).
- Junaidi, D., & Prabowo, Y. (2018). *Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino*. Penerbit Aura.
- Saleh, M., & Haryanti, M. (2017). Rancang bangun sistem keamanan rumah menggunakan relay. *Jurnal Teknologi Elektro*, *8*(2), 87–94.
- Efendi, M. Y. (2019). Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Messenger Bot Dan Nodemcu Esp 8266. *Global Journal of Computer Science and Technology*.
- Nega, M., Susanti, E., & Hamzah, A. (2019). Internet Of Things (Iot) Kontrol Lampu Rumah Menggunakan Nodemcu Dan Esp-12e Berbasis Telegram Chatbot. *Jurnal SCRIPT*, *7*(1), 88–99.
- Hidayatullah, S., & Oktavianto, H. (2021). *Pengembangan Prototype Smart Home Menggunakan Konsep Internet of Things Berbasis Wemos D1*. Jember: UM Jember.
- Hadikristanto, W., & Suprayogi, M. (2019). Penerapan Internet of Things (IoT) pada Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu Gedung Menggunakan NodeMCU Berbasis Telegram. *Jurnal SIGMA*, *10*(1), 167–172.
- Pratama, A. P., Maulana, F. S., & Kusumadiarti, R. S. (2021). Sistem Pemantauan Ketebalan Debu & Suhu Pada Ruangan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis IoT. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, *8*(4), 2198–2211.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

SISTEM MONITORING KEBAKARAN HUTAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Jesi Pebralia¹, Rustan^{1*}, Rizqa Raaiqa Bintana², Iful Amri³

¹Program Studi Fisika FST Universitas Jambi

²Program Studi Sistem Informasi FST Universitas Jambi

³Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Jambi

*E-mail korespondensi: rustan.rustan@unja.ac.id

ABSTRACT

In this study, a forest fire monitoring system based on IoT has been developed where the parameters used include temperature, wind speed, air humidity, and hotspots. These physical parameters are measured in real time using sensors installed in locations prone to forest fires. The sensor measurement data sent and processed by the Arduino Uno microcontroller and sent to the server using the Internet of Things (IoT). The forest fire monitoring system developed has a high level of accuracy, where the temperature sensor has an accuracy of 99.9%, the air humidity sensor has an accuracy of 97.85%, and the wind speed sensor has an accuracy of 90.70%. The hotspot detection system also has good performance, where the sensor can detect the presence of hotspot in real time. The development of an IoT system for monitoring four forest fire parameters was made using the Blynk application. The system can work well where data from the four forest fire parameters can be monitored in real time via computer devices or via smartphones.

Keywords: Forest, Fireforest, Land, Mitigation.

ABSTRAK

Pada penelitian ini, telah dikembangkan system monitoring titik api dimana parameter yang digunakan antara lain suhu, kecepatan angin, kelembaban udara, dan titik api. Parameter fisika tersebut diukur secara real time menggunakan sensor yang dipasang pada lokasi-lokasi rawan kebakaran hutan. Data-data hasil pengukuran sensor kemudian dikirim dan diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno dan dikirim ke server menggunakan Internet of Things (IoT). Sistem monitoring kebakaran hutan yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dimana sensor suhu memiliki akurasi sebesar 99,9%, sensor kelembaban udara memiliki akurasi sebesar 97,85%, dan sensor kecepatan angin memiliki akurasi sebesar 90,70%. Sistem pendeteksi titik api juga memiliki kinerja yang baik, dimana sensor dapat mendeteksi keberadaan panas secara realtime. Pengembangan system IoT untuk monitoring empat parameter kebakaran hutan dibuat menggunakan aplikasi Blynk. Sistem tersebut dapat bekerja dengan baik dimana data-data dari keempat parameter kebakaran hutan dapat dimonitoring secara realtime melalui perangkat computer maupun melalui smartphone.

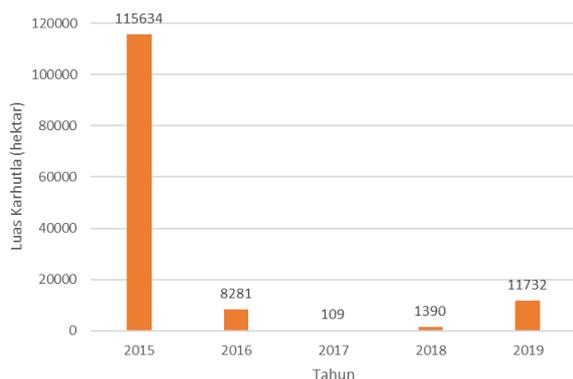
Kata kunci: Hutan, Kebakaran, Lahan, Mitigasi.

Diterima 01-11-2022 | Disetujui 25-11-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) merupakan bencana utama dan rutin terjadi setiap tahun di Provinsi Jambi. Luas kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Jambi pada tahun 2015 - 2019 mencapai 137.146 hektar dengan rata-rata 27.429 hektar per tahun, menempati urutan ketiga di Pulau Sumatera setelah

provinsi Sumatera Selatan dan provinsi Riau [1]. Data yang dicatat oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan lebih tinggi lagi yaitu 56.593 hektar pada tahun 2019, dengan rincian lahan mineral seluas 32.549 ha dan lahan gambut seluar 24.045 ha [2]. Data kebakaran hutan dan lahan di provinsi Jambi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Data luas lahan terbakar di Provinsi Jambi Tahun 2015–2019 [2].

Karhutla memberikan dampak kerugian dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat seperti gundulnya hutan yang berpotensi menimbulkan bencana mematikan lainnya seperti longsor dan banjir, menghasilkan polusi asap yang mengakibatkan masalah kesehatan dan mengurangi jarak pandang transportasi udara, serta musnahnya berbagai flora fauna [3]. Selama ini pemerintah fokus pada upaya penanganan pasca bencana dibandingkan proses pencegahannya. Saat ini, paradigma baru melihat persoalan karhutla dianggap lebih efektif diatasi melalui upaya pencegahan (mitigasi) daripada upaya penanganan atau pengendalian [4].

Upaya mitigasi bencana adalah upaya untuk menekan dan mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh suatu jenis bencana. Mitigasi bencana kebakaran hutan dan lahan adalah bagaimana kebakaran hutan dan lahan dapat dicegah atau dikurangi di kemudian hari baik frekuensi, intensitas maupun sebaran kejadiannya. Strategi utama untuk mencegah kebakaran hutan dan lahan di Indonesia adalah dengan menerapkan strategi *zero burning* atau penyiapan lahan tanpa bakar. Strategi lainnya, yaitu zonasi wilayah rawan kebakaran hutan, pengelolaan kawasan hutan dengan membuat fire breaker, pengembangan hutan kemasyarakatan sebagai *buffer zone*, pengelolaan sistem informasi penanggulangan bencana kebakaran melalui pengembangan sistem peringatan dini kebakaran hutan, dan penyediaan dana untuk pelatihan penanggulangan bencana dan penelitian ilmiah tentang kebakaran hutan [5].

Sistem peringatan dini (*early warning system*) merupakan bagian penting dari mekanisme kesiapsiagaan masyarakat, aparat dan akademisi dari kegiatan pengurangan risiko bencana. Sistem peringatan dini memberitahukan secara cepat potensi/ancaman hingga terjadinya bencana, merespon secara cepat dan tepat potensi/ancaman terjadinya bencana, membantu evakuasi penyelamatan penduduk lebih cepat, serta mencegah dan mengurangi dampak bencana [6]. Sistem peringatan dini berfungsi mengantisipasi terjadinya kebakaran hutan dan meminimalkan wilayah kebakaran hutan [7]. Peringatan dini dapat diwujudkan salah satunya melalui terapan teknologi IoT (*internet of things*) yang menghasilkan sebuah alat deteksi yang mampu membantu pemantauan dan mendeteksi gejala awal yang berpotensi sebagai pemicu terjadinya kebakaran hutan melalui pemanfaatan sensor [8]. Pemanfaatan teknologi untuk penanganan karhutla di Indonesia mulai banyak dilakukan berbagai pihak, termasuk di instansi pemerintahan. Aplikasi SIPONGI merupakan sistem deteksi dan peringatan dini yang dibangun hasil kerjasama antara Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melakukan kerjasama dengan pihak LAPAN dan BMKG. Selain itu, KLHK mengembangkan *monitoring* kondisi hutan menggunakan teknologi CCTV panas yang dipasang di daerah rawan kebakaran yang tersebar di 6 provinsi di Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mempunyai sistem informasi InaRISK yang menyediakan data indeks resiko bencana alam di Indonesia.

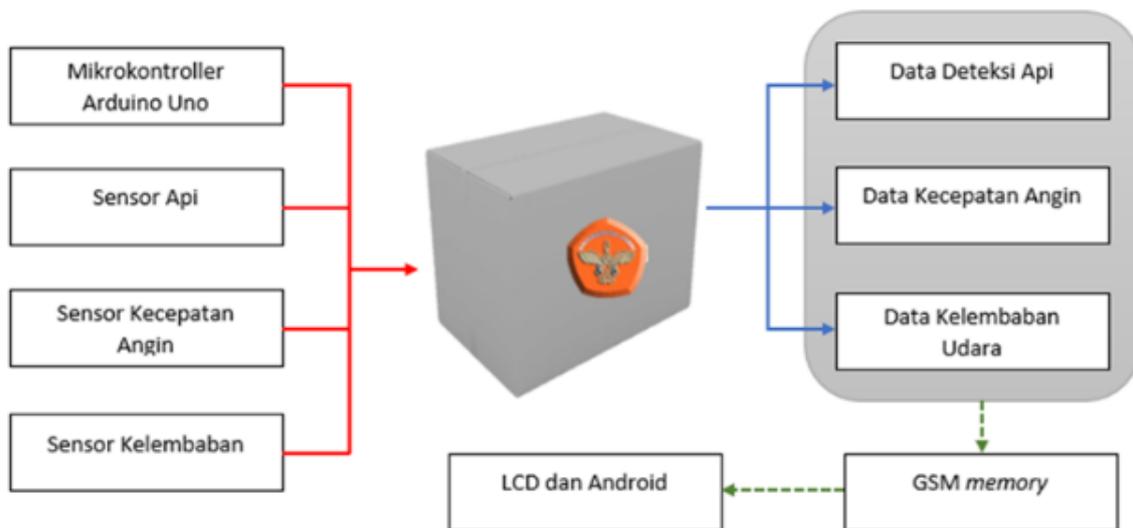
IoT merupakan salah satu bentuk inovasi berdasarkan sensor cerdas dan perangkat pintar yang bekerja bersama dan terhubung oleh jaringan internet [9]. Secara garis besar, IoT menggunakan beberapa teknologi yang terintegrasi meliputi sensor sebagai pembaca data, jaringan internet, *radio frequency identification* (RFID), *wireless sensor network*, dan perangkat lainnya [10]. Melalui penelitian ini, penulis akan melakukan perancangan dan perakitan alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi gejala awal yang berkemungkinan

berpotensi sebagai pemicu terjadinya kebakaran hutan, yaitu berupa titik api, kecepatan angin, dan kelembaban udara di suatu wilayah dengan menerapkan teknologi IoT melalui pemanfaatan sensor.

METODE PENELITIAN

Perancangan Sistem Perangkat Keras

Sistem perangkat keras sistem *monitoring* titik api sebagai upaya mitigasi bencana



Gambar 2. Skema perancangan perangkat keras sistem *monitoring* titik api.

Garis panah merah merupakan garis penghubung komponen masukan. Garis panah biru merupakan garis penghubung data keluaran, sedangkan garis panah hijau menghubungkan data keluaran dengan komponen display. Komponen masukan sistem terdiri dari perangkat pengendali utama yang berupa mikrokontroler arduino uno. Adapun komponen masukan yang berfungsi sebagai penangkap data terdiri dari tiga jenis sensor yaitu sensor api, sensor kecepatan angin, dan sensor kelembaban udara. Sensor api berfungsi untuk mendeteksi keberadaan api di sekitar alat pendeteksi. Sensor kecepatan angin berfungsi untuk menghitung nilai kecepatan angin yang berada di sekitar alat pendeteksi, dan sensor kelembaban berfungsi untuk menangkap nilai kelembaban udara. Ketiga sensor ini akan memberikan nilai masukan untuk dikirim ke

kebakaran lahan gambut terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian sistem masukan dan bagian sistem keluaran. Bagian sistem masukan terdiri dari komponen-komponen elektronika yaitu mikrokontroler arduino uno, sensor api, sensor kecepatan angin, dan sensor kelembaban udara. Pada bagian sistem keluaran terdiri dari komponen-komponen elektronika yaitu GSM memory, LCD, dan android. Diagram perangkat keras sistem *monitoring* ditampilkan dalam Gambar 2.

pangkalan data dan kemudian akan ditampilkan ke android melalui teknologi IoT.

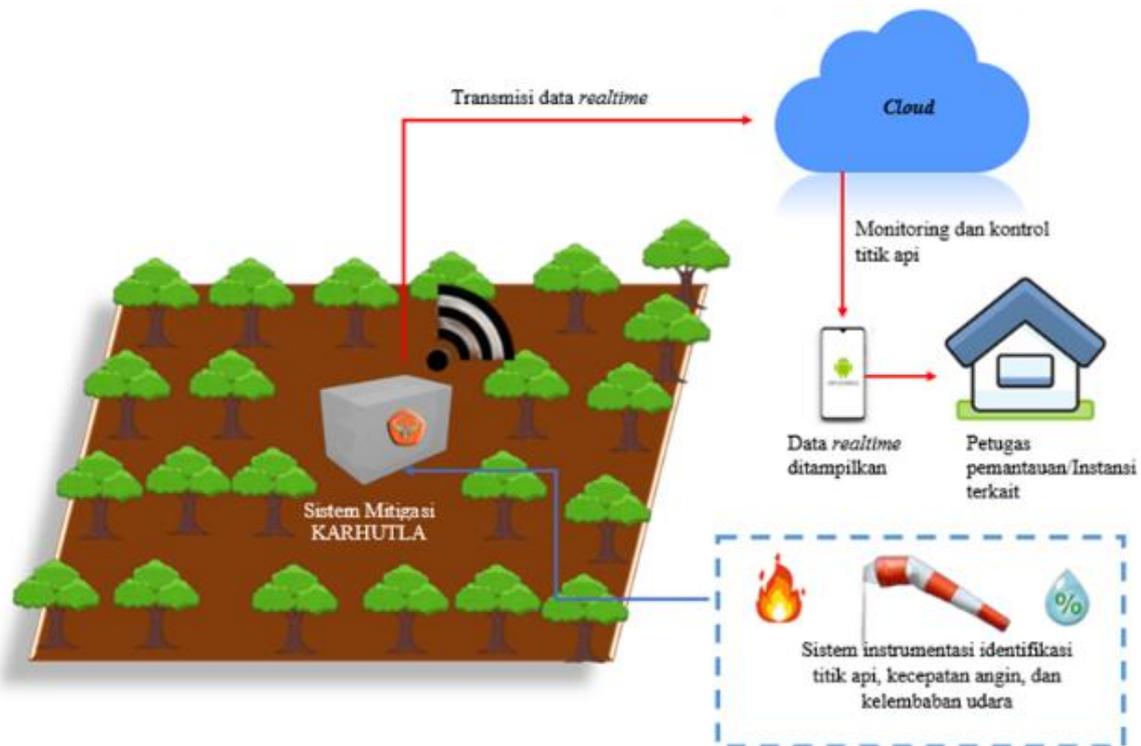
Desain Sistem *Monitoring* Titik Api

Sistem *monitoring* titik api sebagai upaya mitigasi bencana kebakaran didesain dalam bentuk prototipe sebuah lahan hutan dan di dalamnya akan diletakkan prototipe alat pendeteksi yang terdiri atas tiga parameter yaitu parameter api, kecepatan angin, dan kelembaban udara. Secara keseluruhan alur proses mitigasi kebakaran ditampilkan oleh Gambar 3.

Ketiga parameter yang terdapat dalam sistem ini berfungsi sebagai indikator kerentanan dan tingkat kewaspadaan bencana kebakaran hutan. Data yang terbaca oleh sistem akan disimpan dan kemudian dikirimkan secara

real time ke perangkat android. Hal ini bertujuan akan dapat dilakukannya proses pemantauan secara jarak jauh oleh petugas

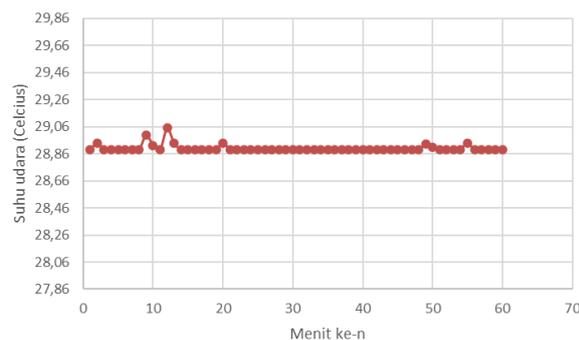
terkait dengan cakupan area pemantauan yang luas.



Gambar 3. Skema mitigasi kebakaran hutan menggunakan sistem deteksi titik api dengan 3 parameter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor Suhu



Gambar 4. Hasil pengukuran suhu selama 60 menit.

Pengujian sensor suhu dilakukan selama 60 menit melalui uji coba terbatas. Uji coba terbatas dirancang dengan cara meletakkan alat *monitoring* kebakaran hutan di suatu ruangan tertutup dan pada ruangan uji coba tersebut telah dipasang kipas angin dengan kecepatan

tetap. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk menghitung tingkat akurasi dari system pengukuran sensor suhu yang dikembangkan, maka digunakan formulasi berikut:

$$akurasi = 100\% - kesalahan\ relatif \quad (1)$$

Tingkat kesalahan relatif diperoleh melalui rasio dari simpangan baku (standar deviasi pengukuran) dibagi dengan nilai rata-rata data hasil pengukuran dan dikali 100%, sebagaimana ditampilkan melalui formulasi berikut:

$$kesalahan\ relatif = \left(\frac{SD}{\bar{x}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

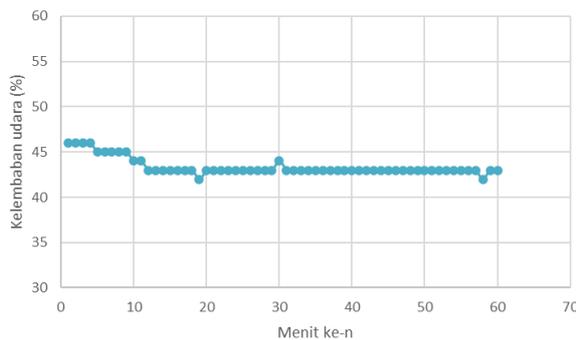
Sedangkan nilai dari standar deviasi diperoleh melalui formulasi berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Berdasarkan uji coba terbatas yang dilakukan selama 60 menit, diperoleh nilai standar deviasi pengukuran yaitu sebesar 0,0275. Nilai kesalahan relative yaitu sebesar 0,095%, sehingga tingkat akurasi pengukuran sensor suhu yaitu sebesar 99,9%.

Pengujian Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban dilakukan selama 60 menit melalui system uji coba terbatas. Uji coba terbatas dilaksanakan di suatu ruang tertutup dimana telah terpasang kipas angin dengan kecepatan tetap yang diletakkan sejajar dengan alat *monitoring*. Hasil pengukuran kelembaban udara dapat dilihat pada Gambar 5.



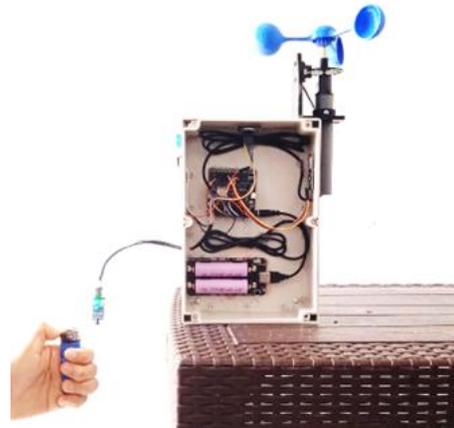
Gambar 5. Hasil pengukuran kelembaban selama 60 menit

Berdasarkan uji coba terbatas terhadap pengukuran sensor kelembaban udara yang dilakukan selama 60 menit, diperoleh nilai standar deviasi pengukuran yaitu sebesar 0,93. Nilai kesalahan relative yaitu sebesar 2,15%, sehingga tingkat akurasi pengukuran sensor kelembaban yaitu sebesar 97,85%.

Pengujian Sensor Api

Pengujian sensor api dilakukan dengan cara meletakkan alat *monitoring* kebakaran di dekat sumber api. Uji coba terbatas dilaksanakan di suatu ruang tertutup. Sumber api yang

digunakan yaitu pemantik manual seperti pada Gambar 6.

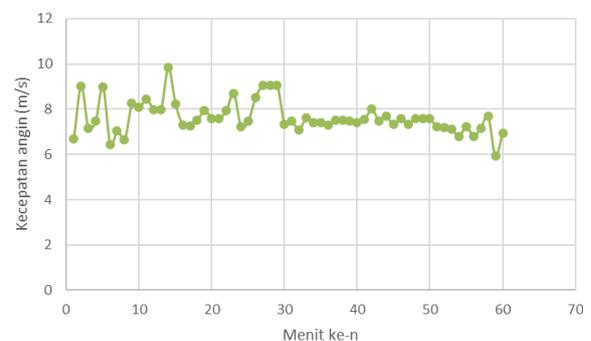


Gambar 6. Pengujian sensor api.

Ketika sumber api dinyalakan maka sensor akan mendeteksi keberadaan panas dan alat *monitoring* akan menghidupkan secara otomatis alarm buzzer yang telah dipasang, sehingga buzzer akan berbunyi. Berdasarkan pengujian terhadap sensor api, maka dapat diketahui bahwa system pendeteksian titik api dapat bekerja dengan baik yang ditandai oleh langsung berbunyinya alarm buzzer ketika pemantik dinyalakan.

Pengujian Sensor Kecepatan Angin

Pengujian sensor kecepatan angin dilakukan selama 60 menit melalui system uji coba terbatas. Uji coba terbatas dilaksanakan di suatu ruang tertutup dimana telah terpasang kipas angin dengan kecepatan tetap yang diletakkan sejajar dengan alat *monitoring*. Hasil pengukuran kecepatan angin dapat dilihat pada Gambar 7.



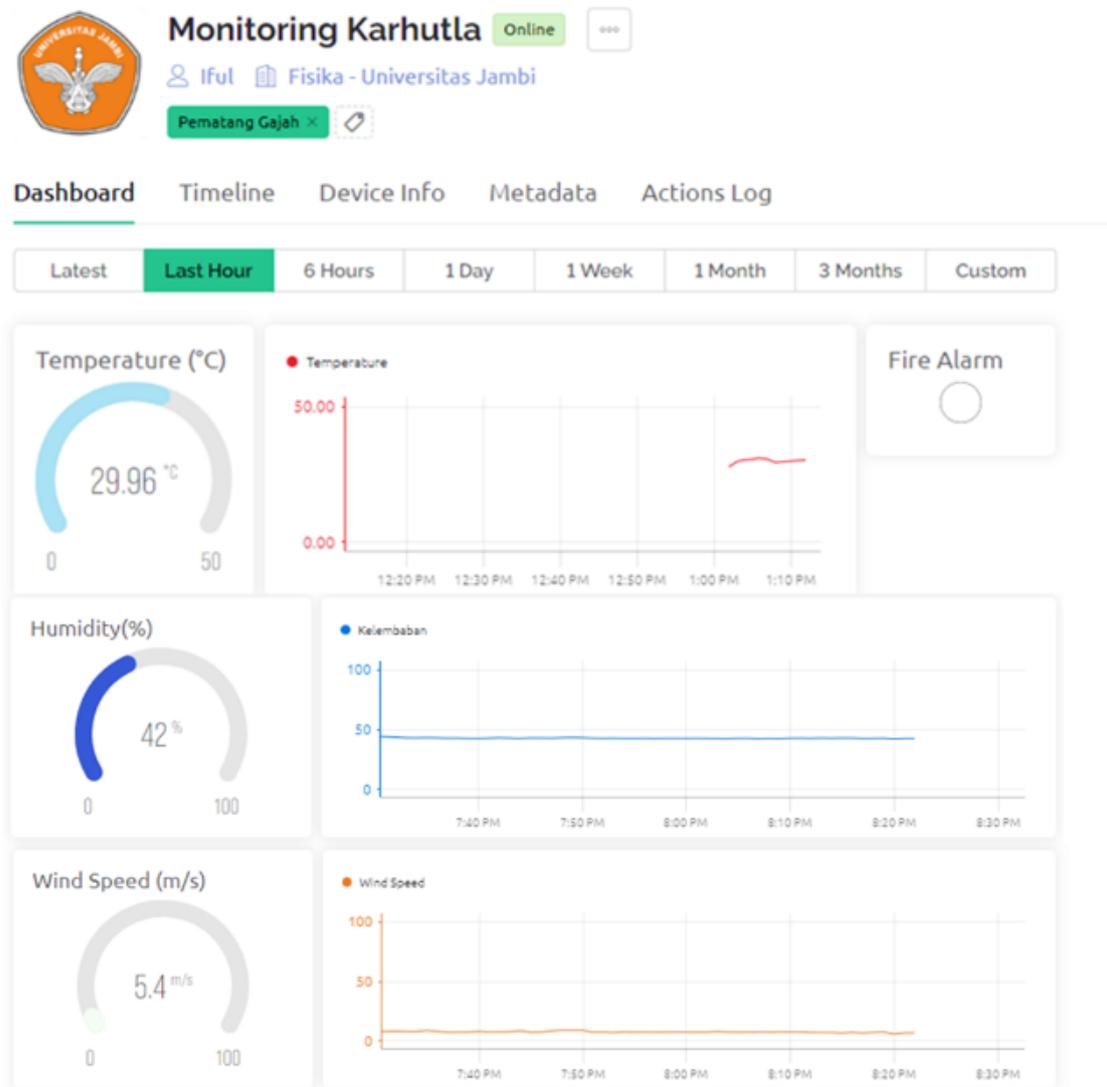
Gambar 7. Hasil pengukuran kecepatan angin selama 60 menit.

Berdasarkan uji coba terbatas yang dilakukan selama 60 menit, diperoleh nilai standar deviasi pengukuran yaitu sebesar 0,7. Nilai kesalahan relative yaitu sebesar 9,22%, sehingga tingkat akurasi pengukuran sensor suhu yaitu sebesar 90,78%.

Pengujian System Internet of Things (IoT)

Sistem IoT dikembangkan menggunakan aplikasi Blynk, dimana data pemantauan secara

realtime dapat ditampilkan pada perangkat smartphone dan perangkat computer melalui website yang tersedia. Data pengukuran uji coba terbatas melalui *monitoring* system IoT pada website seperti pada Gambar 8. Pada system *monitoring* yang telah dikembangkan ini, kinerja *monitoring* parameter-parameter kebakaran hutan dapat terbaca dengan baik dan *realtime*.



Gambar 8. Tampilan *monitoring* suhu dan titik api melalui IoT.

KESIMPULAN

Sistem *monitoring* kebakaran hutan yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Melalui uji coba yang telah dilakukan, sensor suhu memiliki akurasi sebesar 99,9%,

sensor kelembaban udara memiliki akurasi sebesar 97,85%, dan sensor kecepatan angin memiliki akurasi sebesar 90,70%. Sistem pendeteksi titik api juga memiliki kinerja yang baik, dimana sensor dapat mendeteksi keberadaan panas secara *realtime*.

Pengembangan system IoT untuk *monitoring* empat parameter kebakaran hutan dibuat menggunakan aplikasi Blynk. Sistem tersebut dapat bekerja dengan baik dimana data-data dari keempat parameter kebakaran hutan dapat di *monitoring* secara realtime melalui perangkat computer maupun melalui smartphone.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai menggunakan dana PNBP Fakultas Universitas Jambi Tahun 2022.

REFERENSI

1. BNPB. (2019). *Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) (Internet)*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (diakses tanggal 25 Juni 2022). URL: <http://bnpb.cloud/dibi>.
2. KLHK. (2019). *Analisa Data Luas Areal Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2019*. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan.
3. Harrison, M. E., Page, S. E., & Limin, S. H. (2009). The global impact of Indonesian forest fires. *Biologist*, **56**(3), 156–163.
4. Syaufina, L. (2018). Forest and land fires in Indonesia: Assessment and mitigation. *Integrating Disaster Science and Management*, 109–121.
5. Sudibyakto, S. S. (2003). Anomali Iklim Dan Mitigasi Kebakaran Hutan di Indonesia. *Majalah Geografi Indonesia*, **17**(1), 71–80.
6. Jung, M., Reichstein, M., Ciais, P., Seneviratne, S. I., Sheffield, J., Goulden, M. L., ... & Zhang, K. (2010). Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. *Nature*, **467**(7318), 951–954.
7. Leuenberger, M., Parente, J., Tonini, M., Pereira, M. G., & Kanevski, M. (2018). Wildfire susceptibility mapping: Deterministic vs. stochastic approaches. *Environmental Modelling & Software*, **101**, 194–203.
8. Miller, C., & Ager, A. A. (2012). A review of recent advances in risk analysis for wildfire management. *International journal of wildland fire*, **22**(1), 1–14.
9. Keoh, S. L., Kumar, S. S., & Tschofenig, H. (2014). Securing the internet of things: A standardization perspective. *IEEE Internet of things Journal*, **1**(3), 265–275.
10. Guo, B., Zhang, D., Wang, Z., Yu, Z., & Zhou, X. (2013). Opportunistic IoT: Exploring the harmonious interaction between human and the internet of things. *Journal of Network and Computer Applications*, **36**(6), 1531–1539.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

POTENSI NANOPARTIKEL PERAK HASIL BIOSINTESIS MENGUNAKAN EKSTRAK KULIT SENTUL SEBAGAI PENDETEKSI LOGAM MERKURI

Ari Sulisty Rini*, Anggrid Fitriisa, Yolanda Rati

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: ari.sulisty@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Silver (Ag) nanoparticles have recently been widely applied due to its high surface plasmon resonance (SPR) properties compared to other metals. In this present work, Ag nanoparticles were prepared through a green synthesis technique that uses sentul peel extracts as a reducing agent. Ag nanoparticles were prepared by reacting AgNO_3 and the extract at the volume ratios of 4:1, 3:2, and 1:1. These solutions were heated at 80°C for 30 minutes to form colloidal silver nanoparticles. The optical properties of Ag nanoparticles were characterized using UV-Vis and FTIR spectroscopy. Furthermore, Ag nanoparticles were tested as an indicator of mercury metal detection in term of colorimetric. The UV-Vis absorbance peak of Ag nanoparticles was obtained at wavelengths of 409 nm, 408 nm, and 402 nm. The FTIR spectrum showed the presence of four functional groups, namely, $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{HC}\equiv\text{CH}$, and O-H . The optimum sample of Ag nanoparticles in the detection of metallic mercury is the 4:1 sample because it shows a significant colour change.

Keywords: Silver, Optic, Sensitivity, Mercury, Environment.

ABSTRAK

Nanopartikel perak (Ag) memiliki aplikasi yang luas karena sifat surface plasmon resonance (SPR) yang tinggi dibandingkan logam lainnya. Pada penelitian ini nanopartikel Ag disintesis menggunakan metode ramah lingkungan yang memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai pereduksi. Nanopartikel Ag dipreparasi dengan mereaksikan AgNO_3 dan ekstrak pada rasio volumenya 4:1, 3:2 dan 1:1. Larutan ini dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit sehingga tercipta koloid nanopartikel perak. Selanjutnya, nanopartikel Ag diuji sebagai indikator pendeteksi logam merkuri menggunakan metode kolorimetri. Sifat optik nanopartikel Ag dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis dan FTIR. Kemampuan serapan UV-Vis Ag didapatkan pada panjang gelombang 409 nm, 408 nm dan 402 nm. Spektrum FTIR menunjukkan adanya empat gugus fungsi yaitu, $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{HC}\equiv\text{CH}$ dan O-H . Sampel nanopartikel Ag yang optimum dalam deteksi logam merkuri adalah sampel 4:1 karena menunjukkan perubahan warna yang signifikan.

Kata kunci: Perak (Ag), Optik, Sensitivitas, Merkuri, Lingkungan.

Diterima 15-08-2022 | Disetujui 23-10-2022 | Dipublikasi 30-11-2022

PENDAHULUAN

Merkuri (Hg) merupakan logam berat paling beracun yang ada secara alami dalam jumlah kecil di bumi. Upaya mencegah pencemaran logam merkuri dilakukan dengan berbagai metode alternatif untuk menganalisis keberadaan Hg. Metode kolorimetri merupakan cara efektif dalam mendeteksi logam merkuri

melalui perubahan warna pada indikator ketika direaksikan dengan analit. Selain itu, proses deteksi dengan metode ini cukup sederhana dan cepat serta memiliki sensitivitas tinggi [1].

Indikator dalam metode kolorimetri menggunakan nanopartikel perak yang memiliki sifat optis yang lebih baik dibanding nanopartikel emas. Nanopartikel perak mendapat fokus perhatian lebih terkait

perubahan warna dengan pita serapan plasmon permukaan (*Surface Plasmon Resonance - SPR*) yang dapat diamati secara kasat mata [2]. Sifat unik yang dimiliki nanopartikel perak diantaranya adalah konduktivitas listrik dan termal yang baik serta stabilitas kimia dan aktivitas katalitik yang tinggi. Selain itu, nanopartikel Ag menunjukkan aktivitas bakterisida dan fungisida yang membuatnya sangat populer di berbagai produk plastik, sabun, pasta, makanan dan tekstil [3].

Nanopartikel perak dapat disintesis melalui dua pendekatan utama yaitu, *top-down* (fisika) dan *bottom-up* (kimia dan biologi). Produksi nanopartikel dengan metode fisika dan kimia menghasilkan produk sampingan beracun yang berbahaya bagi lingkungan. Selain itu, teknik pengerjaannya rumit, memakan waktu, mahal dan membutuhkan kondisi kerja yang canggih [4]. Metode secara biologi kemudian berkembang sebagai alternatif yang ramah lingkungan untuk memproduksi nanopartikel yang bersifat non toksik, dengan biaya yang sangat rendah dan konsumsi energi yang sedikit [5]. Secara umum, biosintesis berarti mensintesis nanopartikel menggunakan metode biologi yang melibatkan mikroorganisme, tanaman, dan virus dengan bantuan berbagai alat bioteknologi. Penggunaan bagian-bagian tumbuhan untuk sintesis nanopartikel karena mengandung senyawa fitokimia, metabolit primer dan sekunder akibat pengurangan (reduksi) garam logam [6].

Pada penelitian ini, nanopartikel perak disintesis secara biologi menggunakan bioreduktor ekstrak dari kulit buah sentul (*Sandoricum koetjape*) yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Hasil dari sintesis nanopartikel Ag di uji sensitivitasnya terhadap ion merkuri (II) (HgCl_2) dan dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis.

METODE PENELITIAN

Sintesis Nanopartikel Perak

Ekstrak yang digunakan berasal dari kulit buah sentul. Proses pembuatan ekstrak

dilakukan seperti penelitian sebelumnya yaitu, sebanyak 4 gram serbuk kulit buah sentul dipanaskan dalam aqua dm pada suhu 80°C [7].

Larutan prekursor AgNO_3 2,5 mM dicampurkan dengan ekstrak kulit buah sentul. Selanjutnya, sampel dipanaskan selama 30 menit dengan penambahan NaOH 1 M hingga mencapai pH 10. Sintesis nanopartikel perak (NPP) dilakukan dengan memvariasikan perbandingan volume larutan AgNO_3 dan ekstrak kulit buah sentul yaitu 4:1, 3:2, dan 1:1.

Uji Sensitivitas Nanopartikel Perak

Sensitivitas nanopartikel Ag terhadap HgCl_2 1000 ppm dibuat dengan perbandingan volume 1:2. Setelah larutan NPP dan HgCl direaksikan, perubahan warnanya diamati secara visual.

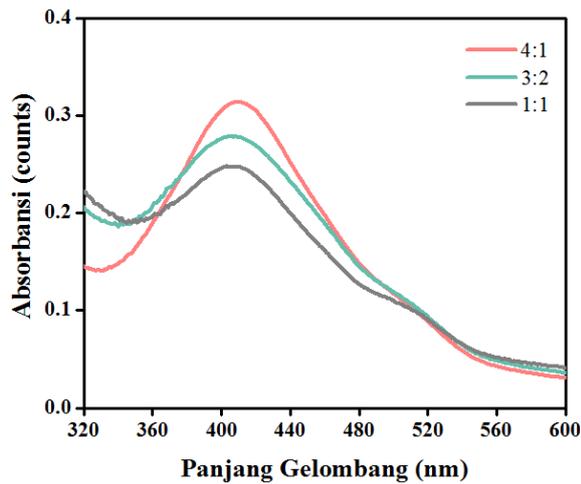
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sintesis nanopartikel perak (NPP) ditandai dengan perubahan warna pada larutan dari kuning terang menjadi coklat gelap setelah pemanasan pada suhu 80°C . Perbedaan warna larutan dapat dilihat pada Gambar 1. Perubahan ini terjadi akibat adanya proses reduksi dimana ekstrak kulit buah sentul berperan sebagai agen pereduksi ion perak Ag^+ dari AgNO_3 untuk membentuk perak Ag^0 [8].



Gambar 1. Sintesis nanopartikel perak.

Analisis spektrum serapan UV-Vis digunakan untuk mengetahui puncak serapan karakterisasi Ag pada panjang gelombang yang merupakan nilai SPRnya. Gambar 2 menunjukkan hasil karakterisasi UV-Vis NPP. Larutan NPP yang dibuat memiliki puncak serapan panjang gelombang di sekitar 400 nm.

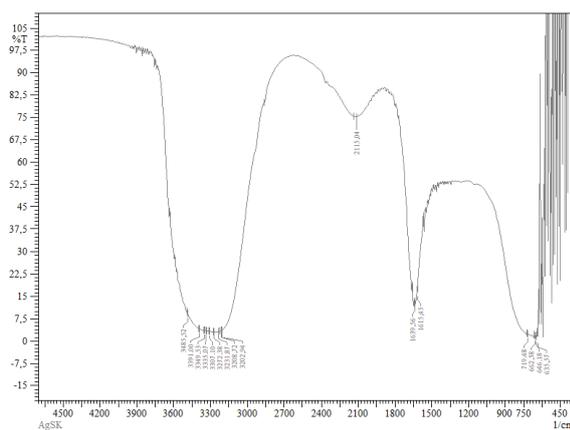


Gambar 2. Spektrum serapan UV-Vis sampel 4:1, 3:2, dan 1:1.

Tabel 1 merupakan nilai puncak absorbansi dan panjang gelombang pada tiap variasi sampel. Nanopartikel perak pada umumnya memiliki puncak absorbansi spesifik antara 400 dan 450 nm [4]. Hasil UV-Vis spektroskopi menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah sentul berperan sebagai pereduksi dalam pembentukan Ag.

Tabel 1. Data Puncak Absorbansi UV-Vis.

Sampel Ag	Absorbansi	Posisi Panjang Gelombang
4:1	0,315	409 nm
3:2	0,279	408 nm
1:1	0,248	402 nm



Gambar 3. Kurva Serapan FTIR Ag 3:2.

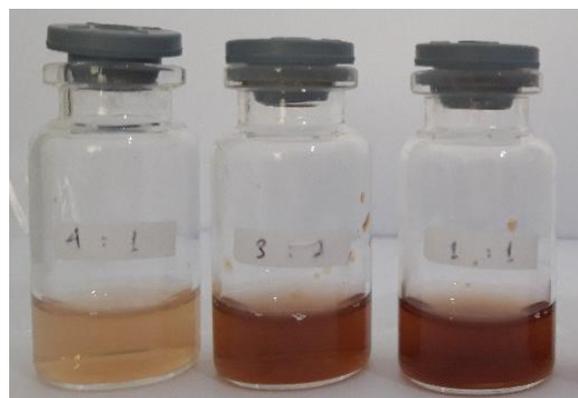
Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada suatu sampel. Hasil spektrum FTIR diujikan pada salah satu sampel nanopartikel Ag yang ditunjukkan pada Gambar 3. Spektrum FTIR

memperlihatkan gugus dari sampel nanopartikel Ag terbagi menjadi empat bagian. Spektrum gugus ini terdiri dari gugus alkena ($C\equiv C$), karbonil ($C=O$), alkuna ($HC\equiv CH$) dan polifenol/alkohol (OH) yang berasal dari ekstrak kulit sentul. Masing-masing gugus memiliki rentang bilangan gelombang yang berbeda-beda seperti pada Tabel 2.

Spesifikasi untuk menentukan gugus fungsional dan bentuk ikatan sampel dibandingkan dengan data dari literatur [9]. Terlihat bahwa gugus fungsi yang terkandung dalam sampel nanopartikel Ag berada pada rentang bilangan gelombang $632 - 720\text{ cm}^{-1}$ adalah ikatan alkena $C\equiv C$. Daerah frekuensi $1619 - 1638\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus karbonil ($C=O$). Gugus karbonil ($1617 - 1642\text{ cm}^{-1}$) inilah yang dapat mereduksi ion perak Ag^+ menjadi Ag^0 . Gugus karbonil dapat membentuk *capping* (lapisan pada nanopartikel perak) untuk mencegah aglomerasi partikel dan memiliki kemampuan berikatan dengan logam. Rentang frekuensi $2110 - 2135\text{ cm}^{-1}$ dan $204 - 3481\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi ikatan Alkuna ($HC\equiv CH$) dan polifenol, alkohol (O-H) [10].

Tabel 2. Data spektrum infra merah uji FTIR.

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Ikatan kimia
632 – 720	Alkena	$C\equiv C$
1619 – 1638	Karbonil	$C=O$
2110 – 2135	Alkuna	$HC\equiv CH$
3204 – 3481	Polifenol, alkohol	O-H



Gambar 4. Hasil uji sensitivitas sampel Ag (4:1), (3:2), dan (1:1) terhadap logam merkuri.

Sensitivitas nanopartikel Ag terhadap HgCl₂ dilakukan dengan metode kolorimetri. Pada pengujian sensitivitas NPP ini, terjadi perubahan warna setelah masing-masing NPP diberikan ke dalam HgCl₂ 1000 ppm dengan perbandingan volume 1:2. Koloid nanopartikel Ag (NPP) memudar setelah 30 menit direaksikan seperti terlihat pada Gambar 4.

Hasil reaksi ini menunjukkan bahwa nanopartikel Ag sensitif dengan keberadaan HgCl₂ dimana ketika Ag bereaksi dengan HgCl₂ larutan nanopartikel Ag yang semula berwarna coklat gelap berubah warna menjadi coklat kekuningan hingga kuning pucat dalam waktu yang sama untuk masing-masing sampel yaitu 4:1, 3:2 dan 1:1. Perubahan warna ini terjadi karena sifat SPR nanopartikel Ag mampu mendeteksi Hg [11]. Dari hasil pengamatan terlihat bahwa sampel 4:1 paling sensitif dibandingkan sampel lain karena menghasilkan perubahan warna yang signifikan. Namun, hasil yang ini masih dapat diperbaiki lebih lanjut sehingga larutan nanopartikel Ag yang berwarna coklat berubah menjadi tidak berwarna. Penyebab larutan nanopartikel Ag tidak berubah hingga menjadi tidak berwarna dikarenakan nilai konsentrasi HgCl₂ yang terlalu besar dan volume pencampuran antara larutan nanopartikel perak dan HgCl₂ sedikit. Sensitivitas Ag dapat diperbaiki dengan mengubah konsentrasi analit yang digunakan.

KESIMPULAN

Nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak kulit buah sentul menghasilkan larutan berwarna coklat dengan serapan optik yang tinggi dan gugusan fungsi yang terkandung didalam ekstrak kulit buah sentul. Nanopartikel Ag yang disintesis dengan perbandingan volume AgNO₃ terhadap ekstrak (4:1) memiliki sensitivitas yang terbaik dalam mendeteksi logam merkuri.

REFERENSI

1. Mohtasebi, A., Broomfield, A. D., Chowdhury, T., Selvaganapathy, & Kruse,

- P. (2017). Reagent-Free quantification of aqueous free chlorine via electrical readout of colorimetrically functionalized pencil lines. *ACS Appl. Mater. Interfaces.*, **9**(24), 20748–20761.
2. Farhadi, K., Forough, M., Molaei, R., Hajizadeh, S., & Rafipour, A. (2012). Highly selective Hg²⁺ colorimetric sensor using green synthesized and unmodified silver nanoparticles. *Sensors Actuators. B Chem.*, **161**(1), 880–885.
3. Tran, Q. H., & Le, A. T. (2013). Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, **4**(3), 033001.
4. Patra, J. K., & Baek, K. H. (2014). Green nanobiotechnology: factors affecting synthesis and characterization techniques. *J. Nanomater.*, **2014**.
5. Ponsanti, K., Tangnorawich, B., Ngernyuang, N., & Pechyen, C. (2020). A flower shape-green synthesis and characterization of silver nanoparticles (AgNPs) with different starch as a reducing agent. *Journal of materials Research and Technology*, **9**(5), 11003–11012.
6. Wubet, W. (2019). Green synthesis of CuO nanoparticles for the application of dye sensitized solar cell. *Adama Science Technol. Univ. Appl.*, **6755**, 1–23.
7. Rini, A. S., Rati, Y., & Maisita, S. W. (2021). Of ZnO nanoparticle using sandoricum koetjape peel extract as bio-stabilizer under microwave irradiation. *J. Phys. Conf. Ser.*, **2049**(1), 012069.
8. Alaqad, K., & Saleh, T. A. (2016). Gold and silver nanoparticles: synthesis methods, characterization routes and applications towards drugs. *J. Environ. Anal. Toxicol.*, **6**(4), 2525–2161.
9. Phongtongpasuk, S., Poadang, s., & Yongvanich, N. (2016). Environmental-friendly method for synthesis of Silver nanoparticles from dragon fruit peel extract and their antibacterial activities.

- Energy Procedia.*, **89**, 239–247.
10. Kumar, A., *et al.* (2014). A simple method for fabricating silver nanotubes. *RSC Adv.*, **4**(69), 36671–36674.
 11. Sangaonkar, G. M., Desai, M. P., Dongale, T. D., & Pawar, K. D. (2020). Selective

interaction between phytomediated anionic silver nanoparticles and mercury leading to amalgam formation enables highly sensitive, colorimetric and memristor-based detection of mercury. *Sci. Rep.*, **10**(1), 1–12.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)