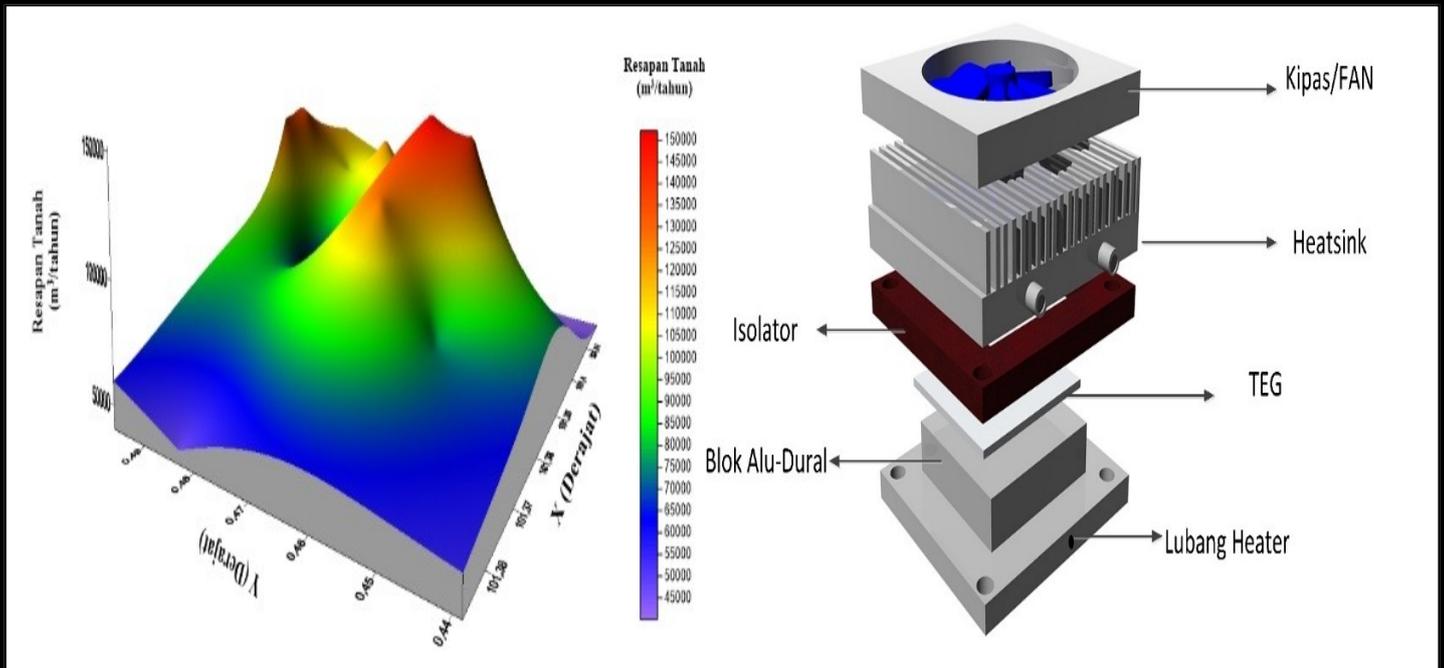


Komunikasi Fisika Indonesia



Susunan Dewan Redaksi Jurnal KFI

Penanggungjawab : Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

Pimpinan Redaksi : Drs. Usman Malik, M.Si

Redaksi Pelaksana :

1. Dr Muhammad Hamdi, Universitas Riau
2. Dr Erman Taer, Universitas Riau, Indonesia
3. Dr Ari Sulisty Rini, Universitas Riau
4. Dr Dedi Irawan, UIN Suska Riau, Indonesia
5. Dr Okfalisa Okfalisa, UIN Suska Riau, Indonesia

Editor:

1. Dr Rakhmawati Farma, M.Si, Universitas Riau, Indonesia
2. Romi Fadli Syahputra, S.Si, Universitas Riau, Indonesia

Dewan Reviewer :

Penanggung Jawab: Drs. Usman Malik, M.Si
Ketua : Prof. Saktioto, M.Phil (Fisika FMIPA Univ. Riau)
Anggota : 1. Prof. Erwin, M.Sc (Fisika FMIPA Univ. Riau)
2. Prof. Warsito, DEA (Fisika FMIPA Univ. Lampung)
3. Prof. Jalil Ali (Fizik, UTM Malaysia)
4. Prof. Timbangan Sembiring (Fisika FMIPA USU Medan)
5. Dr. Zul Bachrum, M.Sc (Fisika FMIPA Univ. Bengkulu)

Alamat Redaksi:

Jurusan FMIPA Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru
Telp (0761)63273 | Fax: 0761-63273
email : komunikasi.fisika.indonesia@gmail.com

Daftar Isi

Susunan Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
PENYELIDIKAN KEBOCORAN PIPA BAWAH TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER-SCHLUMBERGER BERDASARKAN MODEL FISIS SKALA LABORATORIUM	1-6
Dodi Irwan Siregar, Juandi M, Mhd Edisar	
STUDI SIFAT MAGNETIK DAN UKURAN PARTIKEL ABU VULKANIK ERUPSI GUNUNG SINABUNG KABUPATEN KARO MENGGUNAKAN PROBE PASCO 2162	7-15
Salomo Salomo, Serima Apriani Purba, Riad Syech	
VISUALISASI POTENSIAL LISTRIK DI ANTARA DUA PLAT SEJAJAR BERTINGKAT DENGAN PROGRAM KOMPUTER BERBASIS MATLAB	16-20
Eviliony Eviliony, Erwin Erwin, Antonius Surbakti	
KAJIAN KOMPUTASI POLA GELOMBANG RESONANSI MAGNET INTI (NMR) DENGAN TRANSFORMASI FOURIER	21-28
Fapriilia Khusnul, Salomo Salomo, Muhammad Hamdi	
ANALISA TINGKAT PENCEMARAN AIR BAWAH TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI KECAMATAN TAMPAN KOTA PEKANBARU	29-35
Juandi M, Usman Malik, Melki Leonardo	
PEMANFAATAN KARBON SEBAGAI FILTER UNTUK PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR SUNGAI OLEH LOGAM Zn (seng) DARI LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT DI KABUPATEN KUANSING	36-47
Riad Syech, Restina Restina, Usman Malik	
IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) DAN PENGOLAHAN CITRA UNTUK KLASIFIKASI KEMATANGAN TBS KELAPA SAWIT	48-60
Minarni Minarni, Roni Salumbae, Zilhan Hasbi	
VISUALISASI STRUKTUR KRISTAL KERAMIK PEROVSKITE MENGGUNAKAN VESTA	61-67
Sundami Restiana, Ari Sulistyono Rini	
ANALISA TINGKAT RESAPAN TANAH BERDASARKAN PENGUKURAN PERMEABILITAS TANAH (Studi Kasus Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru)	68-75
Usman Malik, Indra Gunawan, Juandi M	
EFEK VARIASI DAYA IRADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP KARBON AKTIF TONGKOL JAGUNG UNTUK PENJERNIHAN AIR	76-84
Raysa Fadillah, Rakhmawati Farma, Awitdrus Awitdrus	
PENGARUH KONSENTRASI KOH TERHADAP SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON DARI LIMBAH KULIT DURIAN SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR	85-92
Pandi Kurniawan, Erman Taer, Usman Malik, Rika Taslim	
PENGARUH HAMBATAN INTERNAL TERHADAP DAYA OUTPUT ELEMEN TERMOELEKTRIK GENERATOR TIPE 10W-4V-40s	93-98
Eri Wiyadi, Lazuardi Umar	
PENGARUH AKTIVASI KIMIA DENGAN BANTUAN IRADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT FISIS KARBON AKTIF DARI SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN	99-106
Nurlisa Kartikasari, Rakhmawati Farma, Awitdrus Awitdrus	
UJI KESESUAIAN BERKAS SINAR-X DENGAN BERKAS KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD RADEN MATTATHER JAMBI	107-115
Enggel Fransiska, Nehru Nehru, Muhammad Ficky Afrianto	
UJI DENSITAS DAN POROSITAS SERTA KARAKTERISASI MENGGUNAKAN XRD DAERAH MATA AIR PANAS SEMURUP SUNGAI MEDANG KABUPATEN KERINCI PROVINSI JAMBI	116-125
Larlen Nixolas, Nova Susanti, Samsidar Samsidar, Linda Handayani	

PENYELIDIKAN KEBOCORAN PIPA BAWAH TANAH MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER-SCHLUMBERGER BERDASARKAN MODEL FISIS SKALA LABORATORIUM

Dodi Irwan Siregar¹, Juandi M², Mhd Edisar³

¹STIE Persada Bunda Jl. Diponegoro Pekanbaru

^{2,3} Dosen Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Riau Pekanbaru

Kampus Bina Widya Jl. Prof. Dr. Muchtar Luthfi
Panam Pekanbaru 28282

E-mail : dodi.irwan.siregar@gmail.com

ABSTRACT

The research has been done using physical modeling of geoelectric configuration application of Wenner-Schlumberger to model the existence of underground pipe leakage. Modeling is done on a tub made of wood and glass which is filled with sand and clay as medium (host-rock) and the inclusion of leaked steel pipe, the first measurement model is done before the fluid flow into the leaking pipe, obtained the type of pipe resistance pattern 2310 Ωm at a depth of 25 cm from the sand surface with an error iteration of 9.5%. The second model is measured by flowing water into the leaking pipe obtained the pattern of resistance around the type of leakage where the leak is lower is between 6.49 - 55.9 Ωm lies in the horizontal range 12.5 - 20.5 cm and in the vertical range 10 - 45 cm from the sand surface with 25.8% error iteration. The third model is measured by flowing kerosene into leaking pipe can be seen clearly the pattern of distribution of resistance type around the leaky pipe is lower 12 - 71.3 Ωm lies in the horizontal range 11 - 19 cm and in the vertical range of 7-25 cm from the surface sand with 15.7% error iteration.

Keywords: *Underground Pipe, Geolistrik, Physics Modeling, Wenner-schlumberger configuration electrode.*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pemodelan fisik aplikasi konfigurasi geoelektrik Wenner-Schlumberger untuk memodelkan keberadaan kebocoran pipa bawah tanah. Pemodelan dilakukan pada bak yang terbuat dari kayu dan kaca yang diisi dengan pasir dan tanah liat sebagai media (host-rock) dan penyertaan pipa baja bocor, model pengukuran pertama dilakukan sebelum aliran fluida ke pipa bocor, diperoleh jenis pola resistansi pipa 2310 Ωm pada kedalaman 25 cm dari permukaan pasir dengan iterasi kesalahan sebesar 9,5%. Model kedua diukur dengan mengalirkan air ke dalam pipa bocor yang diperoleh pola resistansi sekitar jenis kebocoran dimana kebocoran lebih rendah antara 6,49 - 55,9 Ωm terletak pada kisaran horizontal 12,5 - 20,5 cm dan pada rentang vertikal 10 - 45. cm dari permukaan pasir dengan iterasi kesalahan 25,8%. Model ketiga yang diukur dengan mengalirkan minyak tanah ke dalam pipa bocor dapat dilihat dengan jelas pola distribusi tipe resistansi di sekitar pipa bocor yang rendah 12 - 71,3 Ωm terletak pada kisaran horisontal 11 - 19 cm dan pada rentang vertikal 7-25. cm dari pasir permukaan dengan iterasi kesalahan 15,7%.

Kata kunci: *Pipa Bawah Tanah, Geolistrik, Pemodelan Fisika, konfigurasi elektroda Wenner-schlumberger*

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini maraknya kebocoran pipa bawah tanah yang terjadi karena faktor korosi, kerusakan disebabkan oleh faktor lain, ataupun pencurian yang dilakukan oleh oknum tertentu (*Illegal Tapping*), hal ini menyebabkan banyaknya kerusakan dan kerugian, baik itu dilihat dari sisi lingkungan, ekonomi, maupun sosial-budaya. Penanaman pipa bawah tanah yang dilakukan oleh perusahaan-perusahaan dan instansi-instansi baik yang dimiliki oleh pihak pemerintah maupun swasta untuk menyuplai berbagai jenis keperluan. Mulai dari pipa minyak, pipa air, dan pipa lainnya, semua itu memerlukan pengawasan dan pemeliharaan yang berkelanjutan.

Penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai penyelidikan kebocoran pipa bawah tanah skala laboratorium dengan menggunakan metode geolistrik yaitu, metode geofisika yang mempelajari sifat-sifat listrik bebatuan. Tujuannya adalah mengukur harga resistivitas untuk mengapatkan sebaran tahanan jenis dibawah permukaan dengan melakukan pengukuran diatas permukaan. **Juandi, 2011** mengatakan besarnya nilai resistivitas permukaan ditentukan oleh mineral, komponen penyusun cairan, porositas dan derajat saturasi air didalam batuan, konfigurasi elektroda dalam pengukuran harga resistivitas bertujuan untuk memperoleh

informasi tentang faktor geometri bumi, faktor geometri diturunkan dari beda potensial yang terjadi antara jarak elektroda.

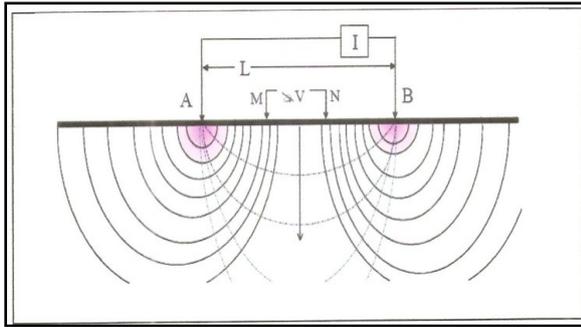
LANDASAN TEORI

Metode resistivitas pada dasarnya adalah pengukuran harga resistivitas (tahanan jenis) tanah. Prinsip kerja metode ini adalah dengan menginjeksikan arus ke bawah permukaan bumi sehingga diperoleh beda potensial (Volt), yang kemudian akan didapat informasi mengenai tahanan jenis tanah. Untuk mengetahui harga tahanan jenis tanah yang akurat diperlukan pengukuran secara langsung pada lokasi, karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama (**Hutauruk, 1991**). Ilustrasi garis equipotensial yang terjadi akibat injeksi arus ditunjukkan pada dua titik arus yang berlawanan di permukaan bumi, seperti yang di lukiskan pada Gambar 1.

Rumus nilai resistivitas / tahanan jenis adalah sebagai berikut :

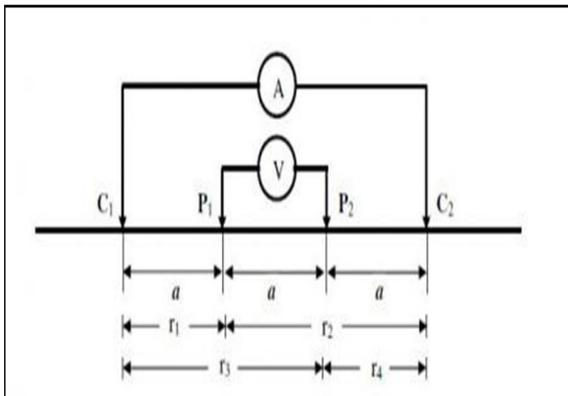
$$\rho = k \frac{V}{I} \dots\dots\dots 1$$

- Keterangan :
- ρ = Resistivitas / Tahanan Jenis (Ohm.meter)
 - k = Faktor Geometri Elektroda (meter)
 - V = Beda Potensial (Volt meter)
 - I = Kuat Arus (Ampere meter)



Gambar 1. Pola Aliran arus dan bidang equipotensial antara dua elektroda arus yang menimbulkan beda potensial diantara kedua elektroda tersebut.

Penelitian ini menggunakan konfigurasi Elektroda Wenner, penempatan elektrode arus dan elektrode potensial diletakkan seperti pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Konfigurasi Elektroda Wenner

Dalam hal ini, elektrode arus dan elektrode potensial mempunyai jarak yang sama yaitu $C_1P_1 = P_1P_2 = P_2C_2 = a$. Jadi jarak antar elektrode arus adalah tiga kali jarak antar elektrode potensial. Perlu diingat bahwa keempat elektrode dengan titik *datum* harus membentuk satu garis. Dari gambar 2 diatas, dapat diperoleh besarnya

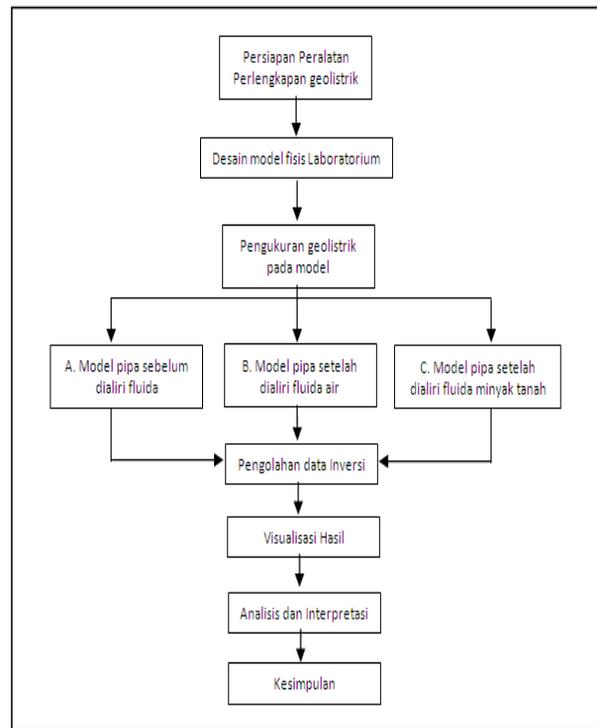
Faktor Geometri untuk Konfigurasi Wenner adalah sebagai berikut:

$$k = 2\pi a \quad 2$$

Sehingga pada konfigurasi Wenner berlaku hubungan:

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots 3$$

METODE PENELITIAN



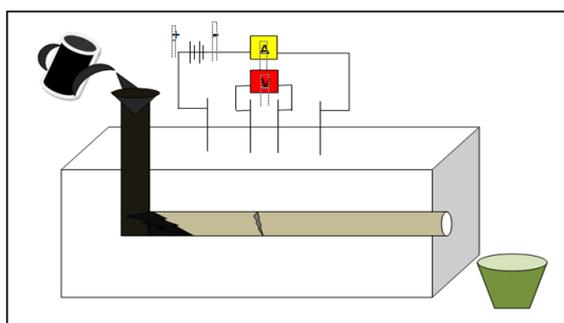
Gambar 2. Diagram alir (flow chart) penelitian

Metode penelitian kali ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Labaoratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA UR dengan membuat desain model fisis menggunakan bak kayu dan kaca berbentuk balok dengan ukuran panjang 2 meter, lebar 0,5 meter dan tinggi 0,5 meter. Pemodelan fisis laboratorium dilakukan pada suatu bak yang berbentuk

balok diisi dengan campuran pasir dan tanah liat sebagai *host-rock* dan dimasukkannya pipa besi yang telah dibocorkan sebagai ganti pipa sebenarnya.

Model pengukuran pertama dilakukan dengan tidak mengalirkan fluida, model pengukuran kedua dilakukan dengan mengalirkan fluida air kedalam pipa, dan model pengukuran ketiga dilakukan dengan mengalirkan minyak tanah kedalam pipa yang telah dibocorkan. Diagram alir (*Flow Chart*) penelitian seperti Gambar 2.

Kemudian masing-masing model didapat hasil pengukuran ΔV dan ΔI . Pengolahan data inversi pada masing-masing model dapat dilakukan dengan menggunakan *software RES2DINV* sehingga didapat tampilan berupa gambar visualisasi hasil pada setiap model, kemudian dianalisis dan Interpretasi dari hasil visualisasi yang didapat. Seperti gambar 3 berikut :



Gambar 3. Model fisis Laboratorium penelitian

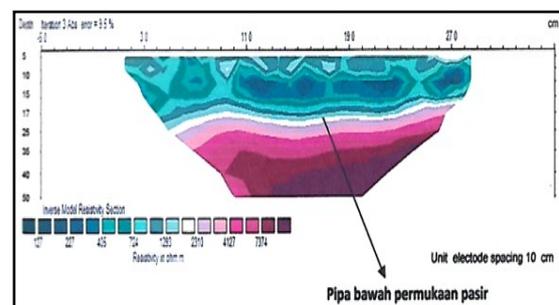
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran menggunakan alat Resistivity meter didapatkan harga Beda

Potensial (ΔV) dan kuat arus listrik (ΔI) pada masing-masing model. Dengan menggunakan *Software RES2DINV* untuk mengolah data hasil pengukuran pada masing-masing model didapatkan visualisasi hasil.

Pengukuran Pipa Bawah Permukaan Tanah yang belum dibocorkan.

Gambar hasil pencitraan pipa bawah permukaan tanah menggunakan *software* adalah seperti gambar 4 berikut :



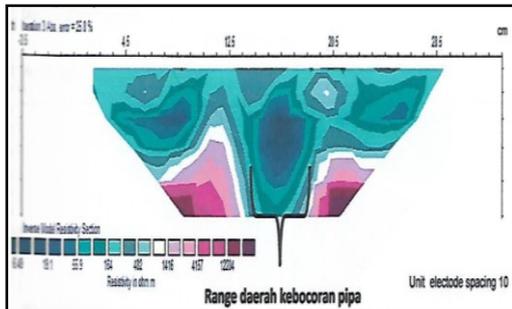
Gambar 4. Pengukuran hasil Inversi penampang tahanan jenis pipa bawah tanah skala laboratorium.

Penampang tahanan jenis pipa didalam permukaan pasir sebelum dialiri fluida dengan pengukuran menggunakan konfigurasi elektroda wenner-schlumberger didapat nilai resistivitas pipa didalam permukaan pasir sekitar (1851 – 3865 Ωm) dengan kedalaman antara 25 – 35 cm dari permukaan dengan iterasi kesalahan 9,5%.

Pengukuran Penampang Tahanan Jenis Pipa Yang Telah Dibocorkan Dialiri Oleh Air Skala Laboratorium

Hasil pengukuran penampang tahanan jenis pipa didalam permukaan pasir setelah dialiri air kedalam pipa yang sengaja

dibocorkan, dari hasil inverse menggunakan software Res2dinv diperoleh penampang tahanan jenis pipa yang dialiri air seperti Gambar 5 berikut :

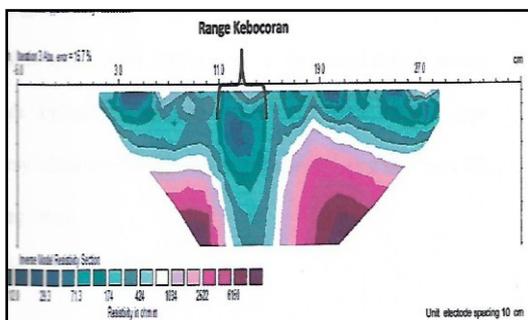


Gambar 5. Pengukuran hasil Inversi penampang tahanan jenis pipa air bawah tanah skala laboratorium

Hasil inverse dari Gambar 5 dapat diinterpretasikan range kebocoran pipa bawah tanah skala laboratorium secara horizontal berada 12,5 – 20,5 cm dengan tahanan jenis 6,49 – 55,9 Ω m. Dengan iterasi kesalahan 25,8%.

Pengukuran Penampang Tahanan Jenis Pipa Yang Telah Dibocorkan Dialiri Oleh Minyak Tanah Skala Laboratorium

Hasil pengukuran penampang tahanan jenis pipa yang telah dibocorkan dialiri oleh minyak tanah adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Pengukuran hasil Inversi penampang tahanan jenis pipa dialiri minyak tanah skala laboratorium.

Hasil interpretasi dari gambar 6 diatas didapat kebocoran pipa bawah tanah yang telah dialiri minyak tanah adalah pada range 11 – 19 cm, sedangkan tahanan jenis pada range kebocoran tersebut berkisar antara 12 – 71,3 Ω m. Pada kedalaman 7 – 25 cm dari permukaan pasir dengan iterasi kesalahan 15,7%.

KESIMPULAN

1. Model pengukuran pertama dilakukan sebelum mengalirkan fluida kedalam pipa yang bocor didapatkan pola sebaran tahanan jenis pipa 2310 Ω m dengan iterasi kesalahan 9,5% pada kedalaman 25cm dari permukaan pasir.
2. Model kedua dilakukan pengukuran dengan mengalirkan air kedalam pipa yang telah dibocorkan didapatkan pola sebaran tahanan jenis disekitar tempat yang bocor lebih rendah yaitu 6,49 – 55,9 Ω m terletak pada range horizontal 12,5 – 20,5 cm dan range vertical yaitu pada kedalaman 10 – 45 cm permukaan pasir dengan iterasi kesalahan 25,8%.
3. Model ketiga dilakukan pengukuran dengan mengalirkan minyak tanah kedalam pipa yang telah dibocorkan didapatkan pola sebaran tahanan jenis disekitar tempat yang bocor lebih rendah yaitu 12 – 71,3 Ω m terletak pada range horizontal 11 – 19 cm dan range vertical yaitu pada kedalaman 7 – 25 cm

permukaan pasir dengan iterasi kesalahan 15,7%

SARAN

Disarankan agar pengukuran geolistrik menggunakan konfigurasi elektroda yang lain dan menggunakan transformasi data agar mendapatkan nilai error yang lebih kecil lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yaitu Bapak dan Mamak, Adek-adek sekalian yang terus memberi semangat lahir dan batin kepada penulis, juga kepada teman-teman yang setia membantu penulis dalam penelitian ini, dan kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Damayanti Taufika, 2011. *Aplikasi Geolistrik Skala Model untuk Menentukan Nilai Resistivitas Lapisan Tanah yang Mengalami Pencemaran.*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang (Unnes), Semarang, Indonesia.
- [2]. Dobrin, M.B., 1981. *Introduction to Geophysical Prospecting*, New York: McGraw-Hill.
- [3]. Hutauruk, T.S., 1991, *Pengentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengentanahan Peralatan*, Erlangga, Jakarta.
- [4]. Juandi, 2011. *harga resistivitas untuk mengapatkan sebaran tahanan jenis dibawah permukaan*, FMIPA UR, Pekanbaru.
- [5]. Milsom, John. 2003. *Field Geophysics, The Geological Field Guide Series*. England : West Sussex P019 8SQ

STUDI SIFAT MAGNETIK DAN UKURAN PARTIKEL ABU VULKANIK ERUPSI GUNUNG SINABUNG KABUPATEN KARO MENGGUNAKAN PROBE PASCO 2162

Salomo¹, Serima Apriani Purba², Riad Syech³

^{1,3}Dosen Jurusan Fisika

²Mahasiswa Program Studi S1 Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: sraya@gmail.com

serima.apriani4791@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the magnetic properties and particle size of the volcanic ash of Sinabung Mount with experiment method. Magnetic properties studied were magnetic degree, magnetic induction magnetic susceptibility, and mass susceptibility of sample. The samples used were volcanic ash taken from the west part of Sinabung, precisely at Gurukinayan village. The ash samples were taken horizontally on the slopes of the Mountain with the amount of 1.5 Kg each point with the number of 10 points (A to J). Separation of concentrate of ash was done using a Neodymium Iron Boron (NdFeB). The magnetic induction of ash and concentrate was measured using a Pasco 2162 Probe using a solenoid is 3 cm in diameter, 10 cm in length and 2000 coil turns. Magnetic induction without a core was measured as a current function (2,4,6,8,10)A and a distance of 1 to 5 mm. The total magnetic induction of ash and concentrate was measured as a current function and the particle sizes was measured using a Light Microscope. The results showed that the greatest magnetic degree value at point B of 7.02% and the lowest level of magnetism is at point J was 1.07%. The largest particle sizes is at point B and the smallest is at point J with particle size of 0.175-0.90 mm. The highest average magnetic susceptibility value for concentrate at point B is 87.32×10^{-3} and the lowest at point F is 20×10^{-3} . Based on the mass susceptibility value of the concentrate obtained the volcanic ash of Mount Sinabung is at interval $(46-80.000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ of mass susceptibility value at each location point which contains Ilmenite particles (FeTiO_3).

Keywords : magnetic induction, volcanic ash, Sinabung Mount, particle size, Probe Pasco 2162.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat magnetik dan ukuran partikel dari abu vulkanik Gunung Sinabung dengan metode eksperimen. Sifat magnetik yang diteliti adalah tingkat kemagnetan, induksi magnetik, suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa sampel. Sampel yang digunakan adalah abu vulkanik yang diambil dari bagian barat Gunung Sinabung tepatnya desa Gurukinayan. Sampel abu diambil secara horizontal pada lereng gunung sebanyak 1,5 Kg tiap titik dengan jumlah 10 titik (A sampai J). Pemisahan konsentrat dari abu menggunakan Neodibium Iron Boron (NdFeB). Induksi magnetik abu dan konsentrat diukur menggunakan Probe Pasco 2162 dengan solenoid berdiameter 3 cm, panjang 10 cm dan 2000 lilitan. Induksi magnetik tanpa inti diukur sebagai fungsi arus (2,4,6,8,10)A dan jarak 1 sampai 5 mm. Induksi magnetik total abu dan konsentrat diukur sebagai fungsi arus dan ukuran partikel diamati dengan menggunakan Mikroskop Cahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tingkat kemagnetan terbesar berada dititik B sebesar 7,02% dan tingkat kemagnetan terendah pada titik J sebesar 1,07%. Ukuran partikel terbesar berada pada titik B dan terkecil pada titik J dengan ukuran partikel pasir sebesar 0,17-0,90 mm. Nilai suseptibilitas magnetik rata-rata tertinggi untuk konsentrat pada titik B sebesar $87,30 \times 10^{-3}$ dan terendah pada titik F sebesar 20×10^{-3} . Berdasarkan nilai suseptibilitas massa dari konsentrat yang diperoleh bahwa abu vulkanik yang merupakan hasil erupsi Gunung Sinabung berada pada interval

$(46-80.000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dari nilai suseptibilitas massa pada masing-masing titik lokasi mengandung partikel Ilmenit (FeTiO_3).

Kata kunci : sifat magnetik, abu vulkanik, Gunung Sinabung, ukuran partikel, Probe Pasco 2162.

PENDAHULUAN

Gunung Sinabung adalah gunung berapi yang aktif kembali dan meletus (Erupsi) pada tanggal 27 Agustus 2010. Kabupaten Karo merupakan salah satu daerah di Sumut yang mengalami pencemaran udara yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik Gunung Sinabung. Gunung ini mengeluarkan awan panas dan abu vulkanik. Abu vulkanik ini tersembur hingga 5.000 meter di udara. Letusan ini mengakibatkan lahan pertanian rusak dan memberikan dampak negatif terhadap masyarakat sekitarnya **Wikipedia (2014)**. Erupsi Gunung Sinabung masih terus secara berkala sampai saat penelitian ini dilakukan. Gunung sinabung cenderung meluncurkan abu vulkanik dan lahar dari arah barat daya menuju timur laut. Abu vulkanik berdampak pada 6 (enam) Kecamatan di sekitar Gunung Sinabung yaitu Kecamatan Naman Teran, Kecamatan Simpang Empat, Kecamatan Merdeka, Dolat Rayat, Barus Jahe dan Payung. **BPTP Sumatera Utara (2013)**.

Abu vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhnya hasil erupsi Gunung Sinabung yang disebarkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Abu vulkanik terdiri dari batuan berupa padatan disebut sebagai

bahan Piroklasik (*Pyro = Api, Klasitik = Bongkahan*) **Sembiring (2015)**. Berukuran besar sampai berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitaran kawah sampai radius 2 sampai 4 km dari kawah sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan kilometer disebabkan adanya hembusan angin. Abu vulkanik mempunyai sifat kimia dan fisika. Sifat kimia abu vulkanik adanya kandungan Silika (SiO) yang tinggi, Sulfur berkisar antara 0,05-0,32 %, Pb (Timbal) berkisar antara 1,5-5,3 % dan kandungan logam berat seperti Cd, As, Ag, Mg dan Ni. Beberapa sifat fisika partikel abu vulkanik adalah sifat magnetik dan ukuran partikel dari kandungan besi (FeO) **Asnawir Nasution dalam Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2011)**. Menurut **Badan Penelitian Perkembangan Pertanian (2014)** abu vulkanik mengandung Fe berkisar antara 0,58-3,1 %.

Peneliti terdahulu **Liu dan Li (2013)** telah mempelajari morfologi dan sifat magnetik nanopartikel Core/Shell Fe/Oksida Fe hasil proses milling energi tinggi pada berbagai medium dan pengaruh konsentrasi polyethylene glycol (PEG) pada sifat kemagnetan nanopartikel

magnetik PEG-coated Fe_3O_4 . Beberapa penelitian saat ini **Shilton (2015)** telah menghasilkan kajian suseptibilitas magnetik dan konduktivitas listrik pada tanah vulkanik yang terpapar pestisida organochlorin.

Penelitian dilakukan guna melihat pengaruh sifat fisika berupa sifat magnetik dan ukuran partikel abu vulkanik Gunung Sinabung dari kajian induksi magnetik dan analisis suseptibilitas magnetik serta suseptibilitas massa pada sampel abu dan material magnetik dari hasil erupsi sebagai inti pada solenoid.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk menentukan sifat magnetik khususnya tingkat kemagnetan, nilai suseptibilitas magnetik, nilai suseptibilitas massa dan ukuran partikel dari abu vulkanik.

a. Prosedur Pengambilan Sampel

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu Gunung Sinabung yang memiliki tingkat ketebalan debu yang tinggi disekitar Desa Gurukinayan. Sampel diambil secara horizontal sebanyak 10 titik (A sampai J) dengan jarak setiap titik 500 m, setiap titik terdapat 5 komponen sampel dengan jarak 2 m dari setiap komponen. Tiap komponen sampel diambil sebanyak

0,30 Kg sehingga, pengambilan sampel pada daerah yang diduga terkontaminasi oleh aktivitas vulkanik sebanyak 1,50 Kg untuk setiap titik.

b. Pemisahan Partikel Magnetik dari Masing-masing Sampel Abu

Sampel abu yang sisa sebanyak 0,15 Kg, selanjutnya dilakukan proses penimbangan maka diperoleh massa Abu (M_s). Pemisahan antara partikel magnetik dari abu dari 10 titik lokasi sepanjang lereng Gunung Sinabung dilakukan menggunakan alat *Neodibium Iron Boron*.

c. Penentuan Tingkat Ke-magnetan (M_D)

Setelah partikel magnetik dipisahkan dengan abu menggunakan *Neodibium Iron Boron*. Partikel magnetik ditimbang. massa sampel yang diperoleh berbeda-beda dan diratakan massa setiap sampel dengan massa terkecil yaitu 0,15 Kg setelah ditimbang (M_s). Melalui perbandingan masa konsentrat dan massa sebelum pemisahan ($M_k:M_s$) maka, diperoleh nilai tingkat kemagnetan (M_D).

d. Penentuan Sifat Magnetik

Sifat magnetik yang ditentukan dalam penelitian ini berupa induksi magnetik total dari abu dan suseptibilitas magnetik dari abu sebelum dan sesudah pemisahan. Langkah pertama adalah

pembuatan sebuah solenoid dengan diameter dan panjang 3 cm dan 10 cm dan jumlah lilitan sebanyak 2000 lilitan. Pengukuran induksi magnetik total dengan menggunakan Probe Pasco PS 2162. Pertama pengukuran solenoid tanpa inti sebagai ground untuk fungsi arus variasi (2,4,6,8,10A) dan jarak variasi (1,2,3,4,5 mm). Pengukuran kedua Abu sebanyak 0,15 Kg sebagai inti pada solenoid. Induksi magnetik total diukur untuk jarak horizontal yaitu 1 mm sebagai fungsi arus listrik yang digunakan yaitu (2, 4, 6, 8 dan 10) A. Pengukuran ketiga konsentrat sebagai inti pada solenoid dengan cara yang sama seperti pengukuran abu dapat diamati pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Rangkaian pengukuran induksi magnetik untuk B_0 dan B_T .

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran induksi magnetik, nilai suseptibilitas magnetik dan Suseptibilitas massa dari sampel dapat ditentukan dengan cara menghitung rapat massa dari sampel abu dan konsentrat.

Berdasarkan hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik maka dihitung nilai suseptibilitas massa, kemudian dibandingkan dengan referensi yang telah diperoleh.

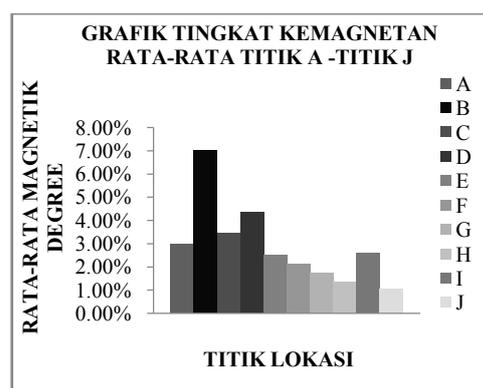
e. Penentuan Ukuran Partikel

Langkah selanjutnya menentukan ukuran partikel dengan bantuan alat Mikroskop Cahaya sehingga dapat diamati ukuran partikel dari material abu erupsi Gunung Sinabung dengan perbesaran 4x dan 10x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Tingkat Kemagnetan (M_D)

Perbandingan dari massa konsentrat dengan massa abu sesudah diratakan sesuai massa terkecil. Tingkat kemagnetan yang ditunjukkan pada Gambar 1 merupakan tingkat kemagnetan rata-rata.



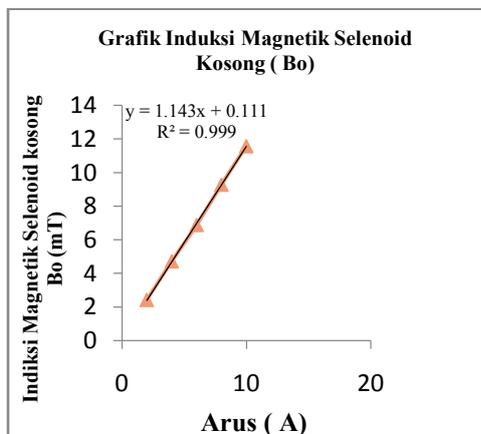
Gambar 2. Grafik perbandingan tingkat kemagnetan rata-rata dari masing-masing titik lokasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa sampel berupa abu yang diperoleh dari

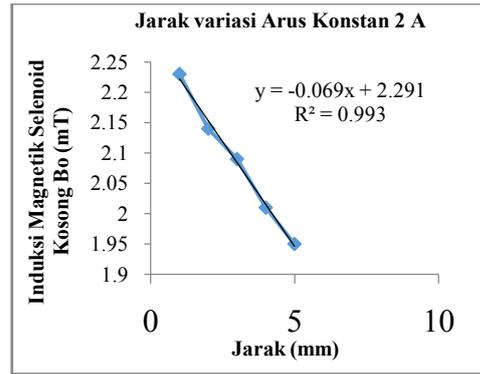
sepuluh titik lokasi memiliki tingkat kemagnetan rata-rata paling besar di lokasi titik B yakni sebesar 7,02 % sedangkan, tingkat kemagnetan paling kecil berada pada lokasi titik J sebesar 1,07 %. Tingginya tingkat kemagnetan rata-rata dari sampel abu yang diduga dipengaruhi oleh adanya kandungan besi (Fe) yang terakumulasi di dalam abu vulkanik hasil erupsi Gunung Sinabung. Semakin tinggi abu mengandung material magnetik maka semakin tinggi tingkat kemagnetan dari suatu sampel tersebut.

b. Sifat Magnetik (Bo, B_{Tabu}, B_{Tkonsentrat})

Hasil pengukuran induksi magnetik untuk solenoid tanpa inti sebagai acuan bahwasanya induksi magnetik berbanding lurus dengan arus seperti pada Gambar 2 dan berbanding terbalik dengan jarak sensor ke sampel seperti pada Gambar 3.



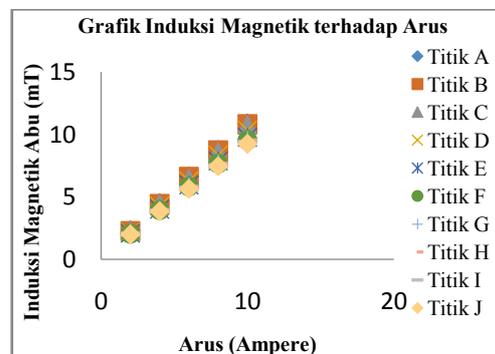
Gambar 3. Grafik hubungan Induksi magnetik solenoida tanpa inti sebagai fungsi arus (2,4,6,8,10A).



Gambar 4. Grafik hubungan Induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi jarak (1,2,3,4,5 mm)

Gambar 2 dan Gambar 3 menampilkan hubungan antara induksi magnetik tanpa inti sebagai fungsi arus dan fungsi jarak. Ini sesuai dengan teori dimana induksi magnetik bertambah secara linear seiring dengan bertambahnya arus listrik sedangkan semakin jauh jarak sensor dari ujung solenoid maka semakin kecil kerapatan fluks magnetnya.

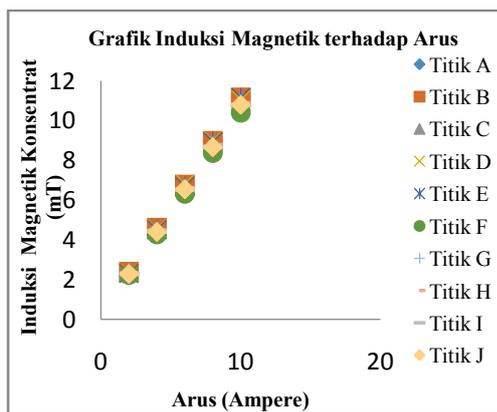
Hasil pengukuran induksi magnetik rata-rata untuk solenoid dengan inti abu pada setiap titik sebagai fungsi arus ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik perbandingan antara induksi magnetik rata-rata untuk 10 titik sampel sebagai fungsi arus.

Gambar 5 menampilkan grafik perbandingan antara induksi magnetik total (abu + solenoid) meningkat seiring bertambahnya arus secara linier. Setiap titik pada grafik masih berhimpit dan selisih peningkatan dari arus yang diberikan masih sangat kecil itu membuktikan jumlah partikel (Fe) besi pada abu masih sangat kecil.

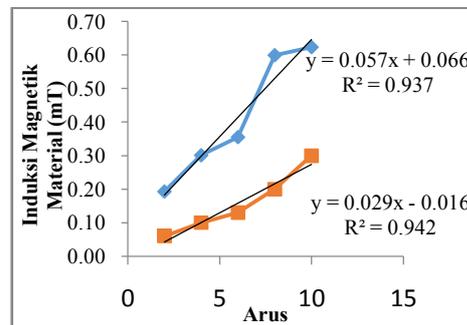
Hasil pengukuran induksi magnetik rata-rata untuk solenoid dengan inti konsentrat pada setiap titik sebagai fungsi arus ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan antara induksi magnetik rata-rata untuk 10 titik sampel sebagai fungsi arus

Gambar 6 menampilkan grafik perbandingan antara induksi magnetik total (konsentrat + solenoid) meningkat seiring bertambahnya arus secara linier. Setiap titik pada grafik sangat berhimpit dan selisih peningkatan dari arus yang diberikan dua kali lebih besar dari selisih abu itu membuktikan jumlah partikel (Fe) besi pada konsentrat lebih besar dari abu.

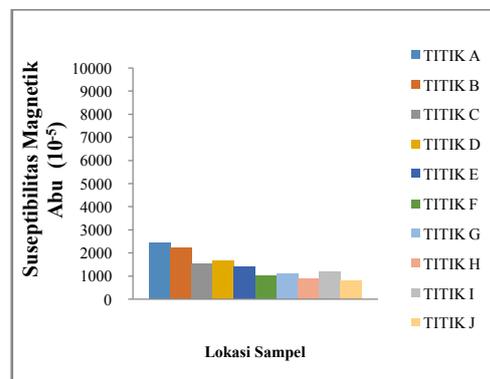
Selisih nilai induksi magnetik rata-rata abu dan konsentrat di tampilkan pada Gambar 7 dibawah ini



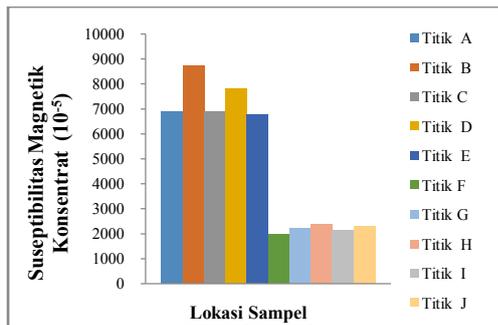
Gambar 7. Grafik perbandingan selisih nilai induksi magnetik material sampel konsentrat (biru) dan abu (orange)

c. Suseptibilitas Magnetik dan Suseptibilitas Massa Sampel

Hasil perhitungan suseptibilitas magnetik rata-rata dan suseptibilitas massa rata-rata untuk sampel abu ditampilkan pada Gambar 8 A dan B sedangkan suseptibilitas magnetik rata-rata dan suseptibilitas massa rata-rata untuk sampel konsentrat ditampilkan pada Gambar 3 A dan B.



Gambar 8. Grafik suseptibilitas magnetik rata-rata abu dari masing-masing titik lokasi sampel



Gambar 9. Grafik suseptibilitas magnetik rata-rata konsentrat dari masing-masing titik lokasi sampel

Gambar 8 menampilkan grafik suseptibilitas magnetik rata-rata abu, sedangkan Gambar 9 menampilkan grafik suseptibilitas magnetik rata-rata konsentrat. Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik sesudah dilakukan pemisahan dengan menggunakan *Neodibium Iron Boron* memiliki nilai jauh lebih besar dari pada nilai suseptibilitas magnetik rata-rata abu.

Bentuk grafik suseptibilitas magnetik sampel berbentuk zig-zag yang dipengaruhi oleh faktor angin dan aliran air hujan. Partikel magnetik yang terbawa air hujan maka nilai suseptibilitas menurun karena air merupakan material diamagnetik **Dearing (1999)**.

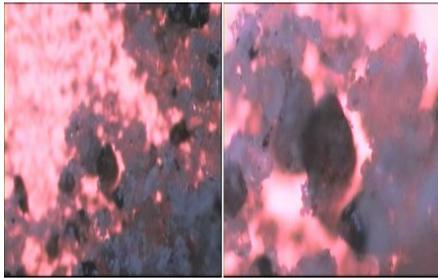
Tabel 1 menampilkan nilai suseptibilitas massa untuk arus 10 Ampere sesudah dilakukan pemisahan dengan menggunakan *Neodibium Iron Boron*. Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas massa abu dan konsentrat berada dalam interval $(46 - 80.000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, berarti nilai suseptibilitas massa dari masing-masing abu dan konsentrat mengandung partikel ilmenite (FeTiO_3) **Hunt et al., (1995) dalam Aliyah (2015)**.

Tabel 1. Data suseptibilitas massa setelah pemisahan menggunakan *Neodibium Iron Boron*

No	Lokasi Sampel	Massa Konsentrat (10^{-3} Kg)	ρ (Kg/m^3)	χ_m untuk 10A (10^{-5})	Suseptibilitas Massa ($10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$)
1	A	1,30	1858	5916	3170
2	B	1,29	1848	8047	4410
3	C	1,36	1946	6396	3280
4	D	1,23	1768	6266	3570
5	E	1,26	1811	7393	4070
6	F	1,16	1657	2241	1320
7	G	1,12	1608	1806	1120
8	H	1,12	1600	2290	1420
9	I	1,27	1817	2308	1330
10	J	1,19	1703	2611	1540

d. Ukuran Partikel Magnetik

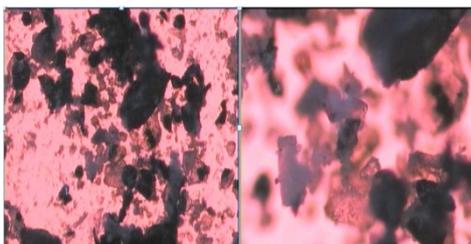
Hasil foto Light Microscope untuk ukuran partikel sampel abu sebagai perbandingan dengan ukuran partikel konsentrasi pada perbesaran 4x dan 10x ditampilkan pada Gambar 10a, 10b dan 10c.



Gambar 10 a. Hasil foto Light Microscope pada sampel abu titik B



Gambar 10b. Hasil foto Light Microscope pada sampel konsentrasi titik B



Gambar 10 c. Hasil foto Light Microscope pada sampel konsentrasi titik J

Gambar diatas menampilkan densitas sampel konsentrasi lebih besar dari densitas abu untuk perbesaran 4x dan 10x. Hasil perhitungan diameter partikel magnetik konsentrasi sebesar 0,175-0,90 mm sesuai perbesaran 4x. berdasarkan

diameter partikel magnetik abu vulkanik Gunung Sianbung berada pada interval ukuran pasir yaitu 0,25-4,00 mm, maka berdasarkan interval ukuran partikel yang diperoleh mengandung partikel pasir halus **Fiantis (2006).**

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu tingkat kemagnetan (M_D) memiliki nilai paling tinggi pada titik lokasi B yaitu 7,02 % dan tingkat kemagnetan terendah berada pada titik lokasi J yaitu 1,07 %. Nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti menurun ketika jarak sensor dari ujung tengah solenoid semakin jauh. Sedangkan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti meningkat ketika arus yang diberikan semakin besar.

Nilai induksi magnetik total rata-rata konsentrasi memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai induksi magnetik total rata-rata abu dan induksi magnetik solenoid tanpa inti. Ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah partikel (Fe) besi di dalam konsentrasi menyebabkan nilai induksi magnetik total konsentrasi semakin tinggi.

Nilai suseptibilitas magnetik rata-rata konsentrasi tertinggi berada pada titik lokasi A yaitu 8732×10^{-5} , sedangkan nilai suseptibilitas magnetik rata-rata konsentrasi

terendah berada pada titik lokasi F yaitu 2000×10^{-5} . Tingginya nilai ini disebabkan oleh adanya jumlah partikel seperti besi yang terdapat di dalam abu vulkanik Gunung Sinabung.

Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat memiliki nilai jauh lebih besar dari pada nilai suseptibilitas magnetik sampel. Tingginya nilai ini disebabkan nilai suseptibilitas magnetik konsentrat lebih banyak mengandung besi (Fe) dibandingkan abu. Berdasarkan nilai suseptibilitas massa konsentrat yang diperoleh, maka abu hasil erupsi Gunung Sinabung yang diambil disepuluh titik lokasi berada dalam interval (46 – 80000) $\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. berdasarkan interval nilai suseptibilitas massa dari masing-masing sampel mengandung partikel Ilmenite (FeTiO_3). Ukuran partikel magnetik abu vulkanik berdiameter 0,175-0,90 mm merupakan partikel pasir halus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustine, E. dan Shilton. 2015. *Kajian Suseptibilitas Magnetik dan Konduktivitas Listrik pada Tanah Vulkanik yang terpapar Pestisida Organochlorin*. Disertai Doktor ITB : Bandung.
- [2] Exaudi, Tri. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Keramik Magnesium Alumina Silika Dari Abu Vulkanik Gunung Sinabung. *Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, No. 1, Februari 2017*.
- [3] Saragih, Elsany dan kamarlin, Pinem. 2016. Identifikasi Sifat Kimia Tanah Vulkanik di Lereng Timur Pasca Erupsi Gunung Sinabung Kabupaten Karo. *Jurnal Pendidikan Ilmu-ilmu Sosial 8 (10 (2016) : 1-15*.
- [4] Balitbangtan, 2014. Hasil Kajian dan Identifikasi Dampak Erupsi Gunung Sinabung pada Sektor Pertanian. www.Litbang.Deptan.go.id. Diakses pada tanggal 11 September 2017.
- [5] Robock, A. 2002. *Volcanic Eruption, Volume 1, The Earth system: Physical and Chemical dimensions of global environmental change*, John Wiley & Soon, Ltd Chicheste, pp 738-744.
- [6] Sembiring, Mariani, dkk. 2015. Dampak Ketebalan Abu Vulkanik Erupsi Gunung Sinabung Terhadap Sifat Biologi Tanah di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo, [Jurnal Online Agroekoteknologi, Vol.3, No.3.1159-1163](#).
- [7] Aliyah, H. 2015. Karakterisasi Magnetik Sedimen Sungai Citarum Hulu dan Hubungan dengan Pencemaran Logam Berat Terhadap Lingkungan. Skripsi Sarjana ITB. Bandung: Tidak diterbitkan.
- [8] Fiantis, D., 2006. *Laju Pelapukan Kimia Debu Vulkanik Gunung Talang dan Pengaruh Terhadap Proses Pembentukan Mineral Liat non Kristalin*. Fakultas Pertanian/Jurusan Tanah. Universitas Andalas. Padang.

VISUALISASI POTENSIAL LISTRIK DI ANTARA DUA PLAT SEJAJAR BERHINGGA DENGAN PROGRAM KOMPUTER BERBASIS MATLAB

Eviliony¹, Erwin², Antonius Surbakti³

¹Mahasiswa Program Studi – S1 Fisika

^{2,3}Dosen Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Riau Pekanbaru

Kampus Bina Widya Jl. Prof. Dr. Muchtar Luthfi

Panam Pekanbaru 28282,

E-mail: evi.lionybakara@gmail.com

ABSTRACT

The calculation of electric potential between two parallel plates with finite size is difficult work, visualization of the issue comprehensively is needed. In this paper, visualization of electric potential between two parallel plates with finite size has been done by developing a MATLAB based computer program. The electric potential was calculated by solving two dimensional Laplace equation. There are two parts of the program that have been developed, the menu program and the main program. The menu program was provided to store the input data required in the calculation. While, the main program served to perform calculations and visualization of the electric potential. The visualization of the electric potential was shown in the mesh and contour graph. The results showed that the program is applicable for various sizes of plates, and the electric potential in each position can be calculated and visualized. However, the computer programs has some limitations, such as for performing calculations of electric potential. For plate width (b) of 50 m, distance of plates (a) of 1 m, and initial potential (V_0) of 70 Volt, the electric potential in coordinate (20,0.5) is not defined (NaN).

Keywords: MATLAB, Laplace equation, electric potential, 2 dimensional plate, visualization

ABSTRAK

Perhitungan potensial listrik di antara dua plat sejajar merupakan persoalan yang sulit, sehingga dibutuhkan visualisasi agar pemahaman terhadap persoalan tersebut lebih komprehensif. Pada penelitian ini, dilakukan visualisasi terhadap potensial listrik diantara dua plat sejajar yang ukurannya berhingga. Potensial listrik dihitung dengan menyelesaikan persamaan Laplace dalam koordinat kartesian 2-D. Visualisasi dibuat dengan menggunakan software MATLAB. Ada dua program yang telah dibuat, yaitu program menu dan program utama. Program menu berfungsi untuk menginputkan parameter yang diperlukan dalam perhitungan, sementara program utama berfungsi untuk melakukan perhitungan dan visualisasi potensial listrik. Visualisasi potensial listrik ditampilkan melalui grafik mesh dan contour. Hasil simulasi menunjukkan bahwa program yang telah dibuat dapat digunakan untuk ukuran plat yang berbeda dan potensial listrik setiap titik dapat ditentukan dan divisualisasikan. Namun, program komputer yang dibuat ini memiliki keterbatasan untuk melakukan perhitungan terhadap potensial listrik untuk persoalan ini. Untuk lebar plat (b) = 50 m, jarak antar plat (a) = 1 m dan potensial awal (V_0) = 70 Volt, potensial listrik pada titik koordinat (20,0.5) tidak terdefinisi (NaN).

Kata kunci: MATLAB, persamaan Laplace, potensial listrik, plat 2-D, visualisasi

PENDAHULUAN

Salah satu bentuk sederhana dari persamaan diferensial parsial adalah persamaan Laplace. Persamaan ini merupakan salah satu jenis persamaan diferensial parsial tipe eliptik. Pada hakikatnya persamaan Laplace adalah persamaan Poisson untuk kasus tanpa sumber ($\rho = 0$) seperti muatan. Persamaan Laplace dapat digunakan untuk menjelaskan peristiwa potensial listrik (Reitz et al., 1993). Penyelesaian persamaan Laplace melibatkan koordinat seperti koordinat kartesian, silinder dan bola sesuai dengan kondisi fisis persoalan yang ditinjau.

Persoalan potensial listrik dapat diselesaikan dengan metode

pemisahan variabel (*separation of variables*). Pada metode ini, solusi persamaan diferensial parsial adalah hasil perkalian dari masing-masing fungsi yang hanya bergantung pada satu variabel. (Hayt dan Buck, 2001).

Visualisasi potensial listrik perlu dilakukan agar pemahaman seseorang akan persoalan tersebut lebih komprehensif (Supardiyono, 2011). MATLAB merupakan program matematis yang dapat digunakan untuk melakukan komputasi,

pemograman, visualisasi dan pengolahan *database* (Perangin-angin, 2006). Sehingga pada penelitian ini dilakukan perhitungan dan visualisasi potensial listrik diantara dua buah plat sejajar berhingga yang terpisah sejauh a dengan menggunakan *software* MATLAB.

LANDASAN TEORI

Potensial listrik didefinisikan sebagai energi potensial per satuan muatan positif. Potensial listrik dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

$$V = \frac{U}{Q} \quad (1)$$

Persamaan Laplace merupakan salah satu jenis persamaan diferensial parsial tipe eliptik. Pada hakikatnya persamaan Laplace adalah persamaan Poisson untuk kasus tanpa sumber ($\rho = 0$) seperti muatan. Persamaan Laplace dapat ditulis sebagai berikut:

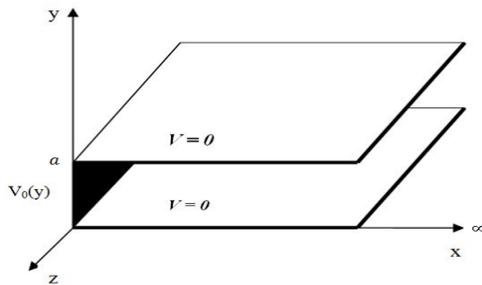
$$\nabla^2 V = 0 \quad (2)$$

Menurut Griffiths (1999), dua buah plat sejajar yang berjarak a satu sama lain melebar dari $x = 0$ sampai $x = \infty$, jika diberikan potensial konstan V_0 pada $x = 0$ maka potensial listrik diantara dua plat tersebut dihitung dengan menyelesaikan persamaan Laplace. Adapun syarat batas yang diberikan pada persoalan ini adalah sebagai berikut:

$$V(x, 0) = V(x, a) = V(\infty, y) = 0, V(0, y) = V_0 \quad (3)$$

Sehingga potensial listrik yang didapatkan adalah:

$$V(x, y) = \frac{4V_0}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{1}{n} e^{-n\pi x/a} \sin(n\pi y/a) \quad (4)$$



Gambar 1. Potensial listrik diantara dua buah plat sejajar tidak berhingga

Namun, jika lebar plat pada persoalan tersebut dibatasi, yaitu $x = b$ maka persamaan (4) bukan solusi yang tepat. Solusi yang tepat didapatkan dengan menyelesaikan kembali persamaan Laplace pada koordinat kartesian sesuai syarat batas yang baru sehingga didapatkan solusi akhir potensial listrik sebagai berikut:

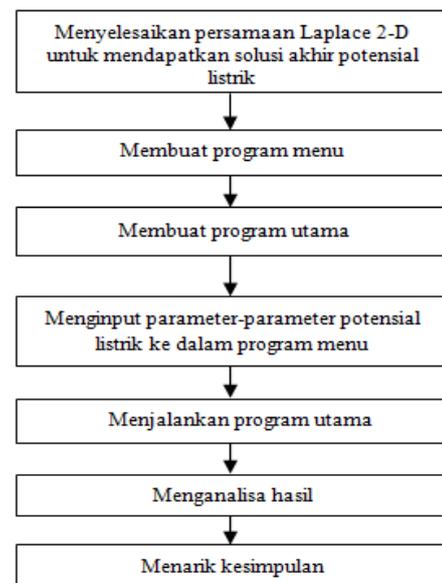
$$V(x, y) = -\frac{4V_0}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{1}{n} \sin \frac{n\pi y}{a} \frac{\sinh \frac{n\pi(x-b)}{a}}{\sinh \frac{n\pi b}{a}} \quad (5)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Perhitungan potensial listrik diantara dua buah plat logam dilakukan dengan terlebih dahulu menyelesaikan persamaan Laplace. Persamaan Laplace diselesaikan secara analitik berdasarkan syarat batas yang berhingga. Solusi akhir

persamaan Laplace diuji untuk beberapa syarat batas, kemudian dilakukan perhitungan dan visualisasi terhadap potensial listrik.

Gambar 2 adalah diagram alir yang menunjukkan prosedur yang dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 2. Prosedur penelitian

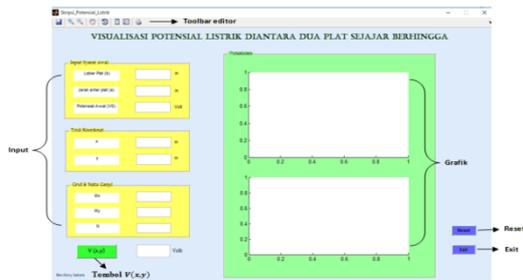
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Program Menu

Program menu adalah program yang berfungsi untuk memudahkan pengguna dalam penginputan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan potensial listrik. Program menu dirancang menggunakan media tampilan grafis yaitu *Graphical User Interface* (GUI) sehingga tampilan program lebih atraktif dan mudah

digunakan dan disimpan dengan ekstensi *fig*.

Gambar 3 adalah tampilan dari program menu yang dibuat menggunakan GUI.

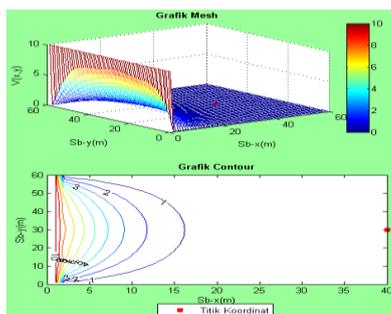


Gambar 3. Tampilan program menu

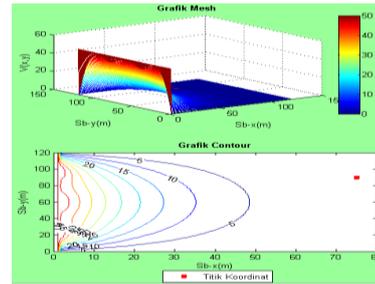
2. Program Utama

Program utama berisi sederetan perintah yang disusun secara berurutan untuk melakukan perhitungan dan visualisasi potensial listrik diantara dua plat sejajar. Program utama bekerja dengan memanggil data yang telah diinput pada program menu.

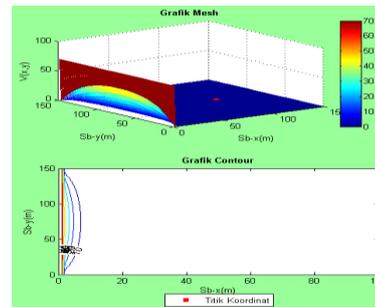
Gambar 4(a) sampai dengan 4(e) yang menunjukkan visualisasi potensial listrik untuk eksperimen I hingga V melalui grafik *mesh* dan *contour*:



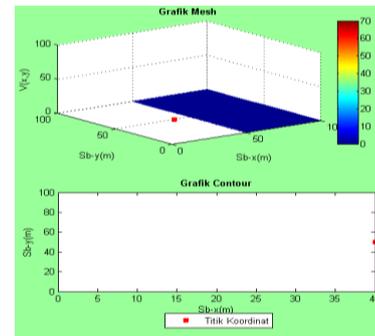
(a)



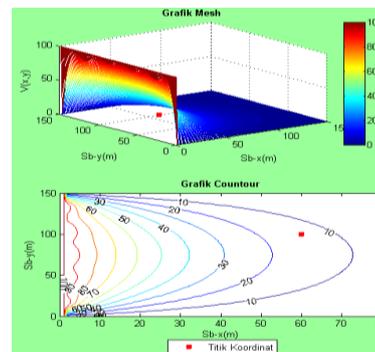
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4. Visualisasi potensial listrik (a) eksperimen I (b) eksperimen II (c) eksperimen III (d) eksperimen IV (e) eksperimen V

Sesuai dengan syarat awal dan syarat batas yang diberikan, potensial listrik maksimum berada pada sumbu

$x = 0$, sementara pada sumbu x dan y maksimum serta sumbu y minimum nilai potensial listrik adalah nol. Potensial listrik maksimum ditandai dengan warna merah tua, sementara potensial listrik paling kecil ditandai dengan warna biru tua.

Dari eksperimen I dan II terlihat bahwa nilai inputan N yang besar memberikan keluaran grafik *mesh* yang lebih halus. Kemudian potensial listrik yang tidak terdefinisi pada eksperimen IV disebabkan oleh nilai lebar plat (b) yang diinput jauh lebih besar daripada nilai jarak antar plat (a), sehingga persamaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu persamaan (5) menghasilkan keluaran berupa NaN (*Not a Number*).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Program komputer yang telah dibuat dapat berjalan jika nilai parameter-parameter yang diinputkan pada program menu memberikan nilai iterasi yang sesuai pada program utama.
2. Visualisasi potensial listrik diantara dua plat sejajar ditampilkan melalui grafik *mesh* dan *contour*, dimana warna merah tua menunjukkan potensial listrik maksimum dan biru.

3. Semakin besar nilai grid yang diinputkan maka grafik *mesh* yang dihasilkan semakin halus.
4. Solusi potensial listrik yang didapatkan pada penelitian ini tidak dapat digunakan jika nilai lebar plat jauh lebih besar dari nilai jarak antar kedua plat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Erwin, M.Sc yang telah membimbing serta memberikan sumbangan pola pikir, waktu dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Griffiths, D. J. 1999. *Introduction to Electrodynamics 3rd Edition*. The United States of America: Reed College
- [2]. Hayt, W. dan Buck J. 2001 *Engineering Electromagnetics Six. edition*. The McGraw Companies.
- [3]. Reitz, J. R, Milford, F. J dan Christy, R. W. 1979. *Foundations of Electromagnetic Theory 3rd edition*. Addison-Wesley Publishing Company. Inc.
- [4]. Supardiyono. 2011. *Analisis Distribusi Suhu Pada Pelat Dua Dimensi Dengan Menggunakan Metoda Beda Hingga*. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya. Volume 1 No. 2.
- [5]. Perangin-angin, K. 2006. *Pengenalan Matlab*. Andi: Yogyakarta.

KAJIAN KOMPUTASI POLA GELOMBANG RESONANSI MAGNET INTI (NMR) DENGAN TRANSFORMASI FOURIER

Fapriilia Khusnul¹, Salomo², Muhammad Hamdi³

¹Mahasiswa Program Studi S1 Fisika

^{2,3}Dosen Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

Email: Fapriilia.khusnul@gmail.com

ABSTRACT

Research on nuclear magnetic resonance (NMR) modeling has been done with computational approach. This study aims to determine the shape of signals and spectra of some of the combined nuclear spins. The physical parameters were determined using Fourier transformation equation modeled with the wolfram mathematical software 9.0. The relaxation time of the 1/2 nuclear spin was varied according to the nuclear state of cancer tissue. This produces a cosine wave pattern for the signal at $T_2 = 0.11$ ms. Variations of this in chemical shift (Δ) and J-coupling (J) for modeling were performed in 9 times. The spectrum of one spin is generated at the value of $\Delta = 0.001$ Hz and $J = 0$ Hz, the spectrum of two spins at $\Delta = 849,001$ Hz and $J = 24$ Hz. These results can be applied to research interests for the medical world and as reference data for research standards.

Keywords: Modeling, NMR, Fourier transform, signal, and waveform

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pemodelan pola gelombang resonansi magnet inti (NMR) dengan pendekatan komputasi. Kajian ini bertujuan untuk menentukan bentuk sinyal dan spektrum dari beberapa spin gabungan inti. Parameter-parameter fisis ditentukan menggunakan persamaan transformasi fourier yang dimodelkan dengan perangkat lunak wolfram matematika 9.0. Waktu relaksasi dari spin inti 1/2 divariasikan sesuai keadaan inti jaringan kanker. Menghasilkan pola gelombang kosinus untuk sinyal pada nilai $T_2=0,11$ ms. Variasi nilai pergeseran kimia (Δ) dan J-coupling (J) untuk pemodelan dilakukan sebanyak 9 kali. Spektrum dari satu spin dihasilkan pada nilai $\Delta=0,001$ Hz dan $J= 0$ Hz, spektrum dua spin pada nilai $\Delta=849,001$ Hz dan $J= 24$ Hz. Hasil ini dapat diaplikasikan pada kepentingan riset untuk dunia medis dan sebagai data standar referensi penelitian.

Kata kunci : Pemodelan, NMR, transformasi Fourier, sinyal, dan pola gelombang

1. PENDAHULUAN

Resonansi magnetik adalah suatu resonansi absorpsi, terjadi serapan gelombang elektromagnetik secara drastis

apabila frekuensi gelombang itu tepat sama dengan yang diperlukan untuk mengeksitasi atom (Soedjo Peter, 2001). Resonansi dari inti-inti akan memberikan pola gelombang

yang disebut sinyal. Pemodelan menggunakan software matematika 9.0 dengan memecahkan persamaan transformasi Fourier, menghasilkan sinyal NMR yang berupa peluruhan induksi bebas (FID).

Komponen x dan y dari FID dapat dihitung dengan berpikir tentang evolusi magnetisasi selama waktu akuisisi. Asumsikan bahwa magnetisasi dimulai sekitar sumbu -x yang akan berotasi pada getaran 90. nilai magnetisasi dari komponen x dan y pada Gambar 1

Terlihat bahwa magnetisasi dari komponen x dan y adalah sebagai berikut:

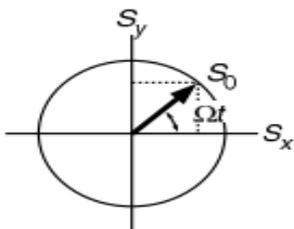
$$M_x = M_0 \cos \Omega t \quad 1$$

$$M_y = M_0 \sin \Omega t \quad 2$$

Sinyal yang dideteksi sebanding dengan magnetisasi, berikut adalah deteksi sinyal pada komponen x dan y:

$$S_x(t) = S_0 \cos \Omega t \quad 3$$

$$S_y(t) = S_0 \sin \Omega t \quad 4$$



Gambar 1. Magnetisasi sinyal

2. METODE PENELITIAN

Dimana S_0 memberikan keseluruhan ukuran sinyal yang merupakan fungsi dari waktu sebagai $S_x(t)$ ini sesuai bahwa sinyal timbul dari vector rotasi S_0 pada frekuensi Ω , komponen x memberikan vector S_x dan S_y . Seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Menggunakan transformasi Fourier maka $S_x(t)$ dan $S_y(t)$ merupakan bagian real dan $S(t)$ merupakan bagian imajiner:

$$S(t) = S_x(t) + iS_y(t)$$

$$S(t) = S_0 \cos \Omega t + iS_0 \sin \Omega t$$

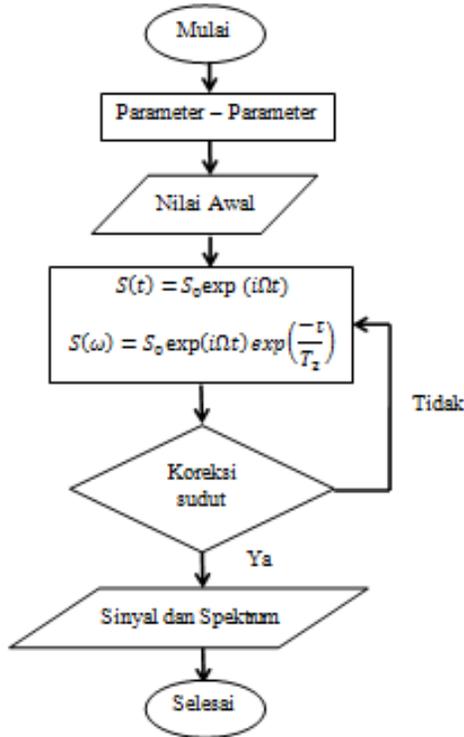
$$S(t) = S_0 \exp(i\Omega t) \quad 5$$

Perlu diperhatikan bahwa sinyal domain waktu adalah kompleks dengan bagian real dan imajiner sesuai yang dengan komponen x dan y pada sinyal. Magnetisasi transversal meluruh dari waktu ke waktu, oleh peluruhan eksponensial dengan T_2 konstan terhadap waktu. peluruhan eksponensial ditunjukkan pada Gambar 1. Sehingga sinyal menjadi:

$$S(\omega) = S_0 \exp(i\Omega t) \exp\left(\frac{-t}{T_2}\right) \quad 6$$

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak wolfram matematika 9.0

yang memodelkan pola gelombang dinamik spin inti dalam bentuk sinyal. Diagram alir dalam penelitian ini digunakan untuk menganalisis gelombang dinamik spin inti yang menekankan pada bentuk pemodelan. Diagram alir pemodelan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart pemodelan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

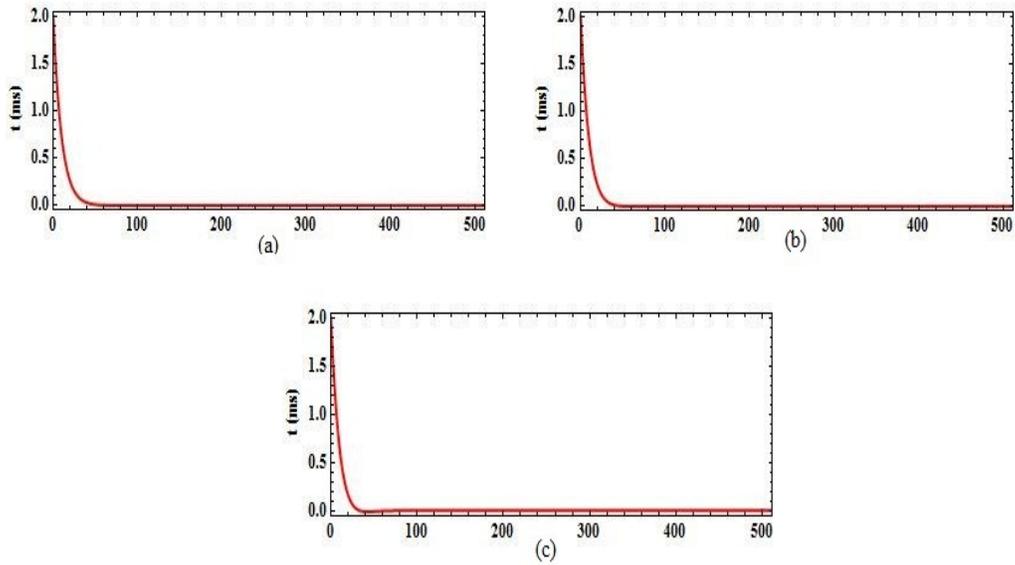
Hasil penelitian memperoleh pola gelombang spin gabungan inti dalam bentuk sinyal fungsi dari waktu. Proses perhitungan pada penelitian ini meliputi parameter pada spektroskopi NMR yang dilakukan dengan simulasi dan pemodelan menggunakan

komputer dan perangkat lunak matematika 9.0.

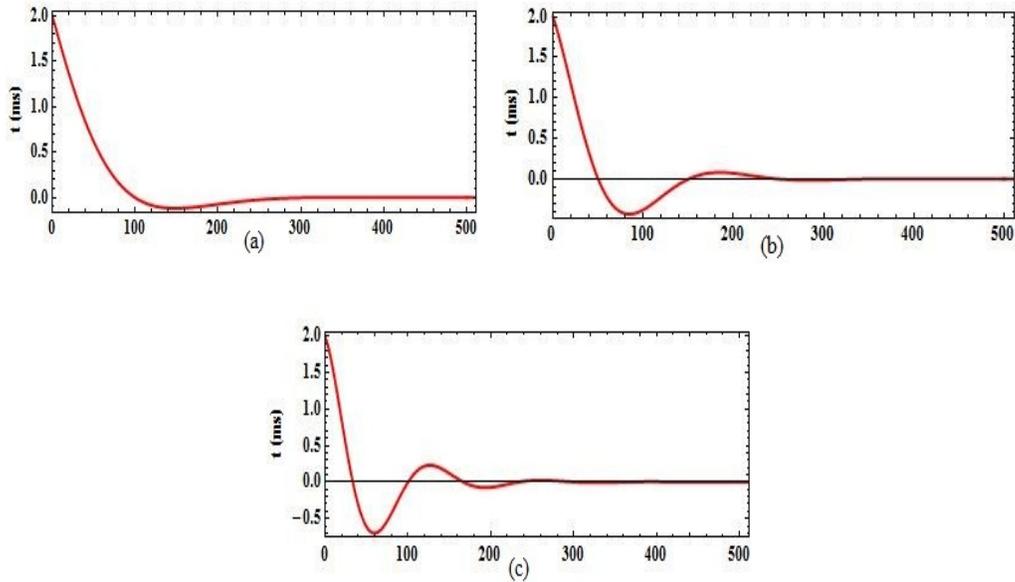
3.1 Analisa Pola Gelombang Dinamik Spin Inti dengan Spektroskopi NMR Menggunakan Transformasi Fourier.

Pola Gelombang diamati dengan menerapkan waktu relaksasi (T_2), nilai pergeseran kimia (Δ), dan J -coupling dari spin inti. Masing-masing nilainya divariasikan dari nilai minimum hingga maksimum untuk melihat pola gelombang resonansi yang terjadi.

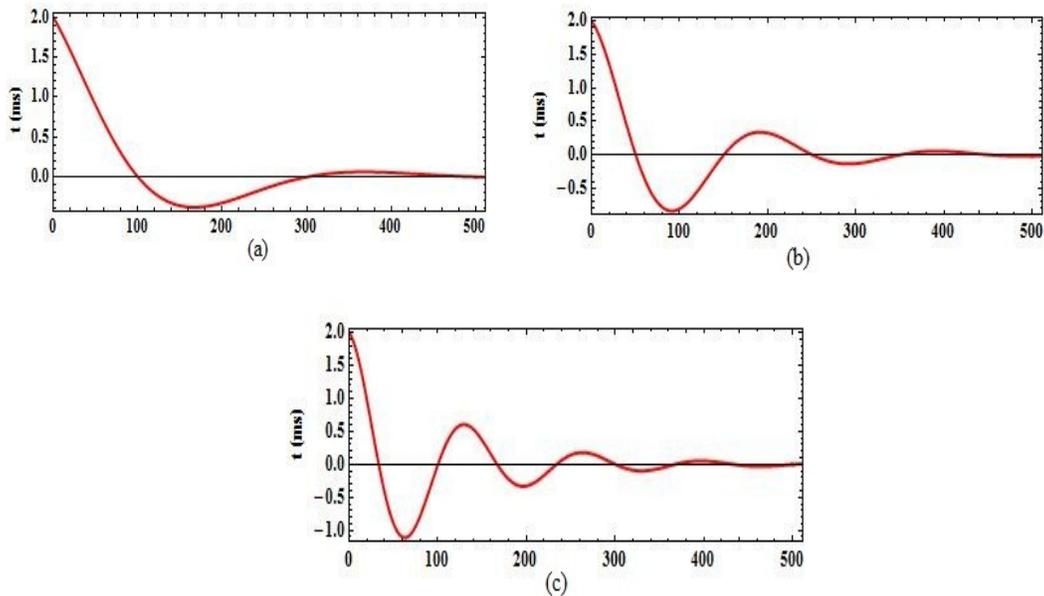
Parameter waktu relaksasi dalam simulasi memiliki karakteristik yaitu dengan nilai minimum 0.01, nilai medium 0.11, nilai maksimum 0.50 dan range 0.05 dengan satuan dalam mS (microsekon). Nilai T_2 , Δ , dan J diubah secara bersamaan sebanyak 9 kali mulai dari 0.01 mS sampai 0.11 mS, sedangkan Δ bernilai 5.001 Hz sampai 15.001 Hz dan J bernilai konstan 0 Hz. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3 Grafik pola gelombang NMR pada nilai $J= 0$ Hz (a) $T_2= 0.01$ mS dan $\Delta=5.001$ Hz (b) $T_2= 0.01$ mS dan $\Delta=10.001$ Hz (c) $T_2= 0.01$ mS dan $\Delta=15.001$ Hz



Gambar 4 Grafik pola gelombang NMR pada nilai $J= 0$ Hz (a) $T_2= 0.06$ mS dan $\Delta=5.001$ Hz (b) $T_2= 0.06$ mS dan $\Delta=10.001$ Hz (c) $T_2= 0.06$ mS dan $\Delta=15.001$ Hz



Gambar 5 Grafik pola gelombang NMR pada nilai $J= 0$ Hz (a) $T_2= 0.11$ mS dan $\Delta=5.001$ Hz (b) $T_2= 0.11$ mS dan $\Delta=10.001$ Hz (c) $T_2= 0.11$ mS dan $\Delta=15.001$ Hz

Berdasarkan hasil simulasi pola gelombang spin yang diperoleh, maka dapat dilihat dari Gambar 1 bahwa pada nilai $T_2= 0.01$ mS sinyal mengalami penurunan secara eksponensial. Keadaan sinyal masih bernilai besar yaitu 2.0 mS. Pola gelombang atau sinyal belum terlihat pada waktu ini. Hasil simulasi nilai $T_2= 0.06$ mS yang dapat dilihat pada Gambar 2, menyebabkan keadaan sinyal semakin berkurang. Akibatnya terdapat beberapa puncak yang bernilai positif dan negatif. Bentuk pola gelombang sudah mulai terlihat pada waktu ini.

Pada nilai $T_2= 0.01$ mS belum terlihat pola gelombang dan $T_2= 0.06$ mS sudah mulai terlihat pola gelombang, sedangkan $T_2= 0.11$ mS menunjukkan pola gelombang atau sinyal yang mengalami penurunan secara eksponensial. Sinyal membentuk pola gelombang kosinus dengan 2 gelombang yang terdiri dari sinyal bernilai positif dan negatif.

3.2 Menganalisa Gelombang Spin Gabungan Inti Melalui Gelombang Atenuasi Bebas dan Spektrum Frekuensi

Spektrum NMR merupakan spektrum kompleks, bagian utamanya adalah kekuatan medan magnet yang diukur dengan pergeseran kimia pada garis bawah dengan satuan ppm.

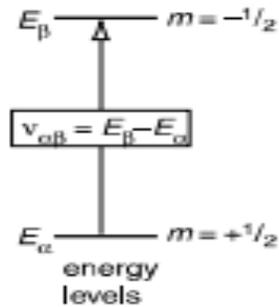
Spektrum NMR juga mendapat informasi tambahan mengenai *J-Coupling*, yaitu jarak antara puncak spektrum dalam satuan frekuensi (Balci, 2005).

Parameter *chemical shift* (Δ) dalam simulasi memiliki karakteristik yaitu dengan nilai minimum 0.001, nilai tengah 500, nilai maksimum 1000 dan range 1 dengan satuan Hz. Parameter *J-coupling* (J) memiliki karakteristik dengan nilai minimum 0, nilai tengah 0, nilai maksimum 1000 dan range 1 dengan satuan Hz. Nilai Δ dan J diubah secara bersamaan sebanyak 9 kali. Nilai Δ mulai dari 0 Hz sampai 1000 Hz, J bernilai 0 Hz dan 24 Hz dan T_2 bernilai konstan 0.11 ms.

a. Satu Spin

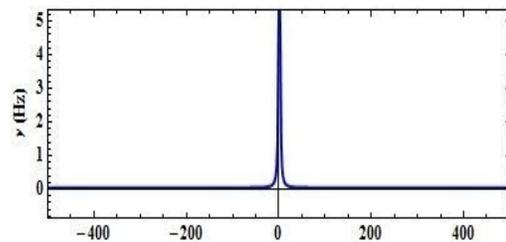
Terdapat dua level energi untuk *single* spin atau satu pasangan spin, ditandai dengan nilai m yang berbeda yaitu α dan β ,

dari mekanika kuantum dapat dilihat 2 level energinya yaitu E_α dan E_β :



Gambar 6. Transisi antara dua level energi yang diizinkan dari spin setengah (Keeler, 2002).

Level energi *single* spin menghasilkan spektrum pada Gambar 7.



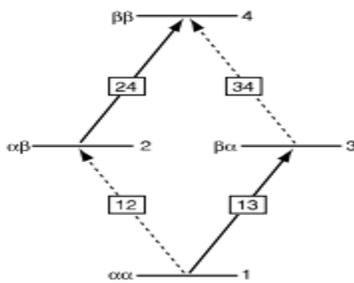
Gambar 7. Nilai parameter $\Delta = 0,001$ Hz dan $J = 0$ Hz untuk spektrum NMR

Kadaan spin setengah yang diperbolehkan mengalami pertukaran terhadap m adalah diantara dua level energi, yaitu $(+\frac{1}{2} - (-\frac{1}{2})) = 1$. Nilai $\Delta m = \pm 1$ disebut juga dengan transisi *single-quantum* (Keeler, 2002). Transisi antara dua level energi ini menghasilkan spektrum pada Gambar 7. Garis *single* pada frekuensi

larmor dari spin dan *coupling* tidak memberikan efek pada frekuensi digaris ini, sehingga *J-Coupling* bernilai 0 pada simulasi.

b. Dua Spin

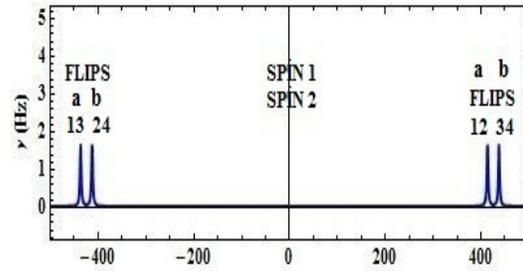
Menurut *selection rule* jika $\Delta m = \pm 1$, maka nilai M hanya dapat bertukar 1 kali yaitu *up* atau *down*. Artinya transisi yang diperbolehkan dari system dua spin yaitu diantara level 1-2, 3-4, 1-3 dan 2-4. Level energinya ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Level energi dari 2 sistem spin (Keeler, 2002).

Transisi yang diperbolehkan dari Gambar 8 yaitu, garis tebal untuk transisi spin 1 yang mengalami perpindahan dan garis putus-putus untuk transisi spin 2 yang mengalami perpindahan. Transisi 1-2 melibatkan spin 2 yaitu dari α ke β , sedangkan spin 1 tetap pada keadaan α . Transisi ini dikatakan bahwa spin 2 aktif dan spin 1 pasif. Spin 2 juga berputar untuk transisi 1-3 sehingga ada 2 transisi dari

keadaan 1 ($\alpha\alpha$). Transisi pada Gambar 8 menghasilkan spektrum pada Gambar 9.



Gambar 9. Nilai parameter $\Delta=849,001$ Hz dan $J= 24$ Hz untuk spektrum NMR

Terdapat dua atau lebih transisi dalam sistem 2 spin, hal ini tidak diperbolehkan oleh ketentuan *selection rule*. Sistem 2 spin memiliki $\Delta m = \pm 1$. Kedua spin pada keadaan 1 ($\alpha\alpha$) mengalami perpindahan menghasilkan transisi 1-2 dan 1-3. Meskipun kedua transisi memiliki spin pasif dan aktif yang berbeda, hal ini tetap tidak diperbolehkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pemodelan dan analisa yang telah dilakukan terhadap pola gelombang NMR dengan transformasi fourier, maka beberapa hal penting dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai 0,01 ms pada percobaan waktu relaksasi (T_2) dan pergeseran kimia dengan nilai $\Delta= 10,001$ Hz, menghasilkan sinyal yang

mengalami penurunan secara eksponensial. Pola gelombang belum terlihat pada percobaan ini. Pola gelombang terbentuk dari nilai $T_2=0,11$ ms dan $\Delta= 10,001$ Hz, dengan demikian semakin besar waktu relaksasi maka pola gelombang yang dihasilkan akan semakin banyak dan rapat.

2. Sinyal dan spektrum untuk 1 spin dengan 1 transisi level energi, dihasilkan dari percobaan *chemical shift* (Δ) dan *J-Coupling* (J) pada nilai $\Delta=0,001$ Hz dan $J=0$ Hz. Spektrum dari 2 spin dengan transisi 4 level energi dihasilkan pada nilai $\Delta=849,001$ Hz dan $J=24$ Hz.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis berterima kasih kepada bapak Drs. salomo, M.Si. dan bapak Dr. Muhammad Hamdi, M.Si. selaku Dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan dan saran untuk kesempurnaan karya ilmiah ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Keeler, James. 2002. *Understanding NMR Spectroscopy*. Department of Chemistry : University of Cambridge.
- Soedjojo, Peter. 2001. *Azas-Azas Ilmu Fisika Jilid 4 Fisika Modern*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

ANALISA TINGKAT PENCEMARAN AIR BAWAH TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI KECAMATAN TAMPAN KOTA PEKANBARU

Dr. Juandi M, M.Si¹, Usman Malik², Melki Leonardo³

^{1,2}Dosen Jurusan Fisika

³Mahasiswa Program Studi SI Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: juandi@lecturer.unri.ac.id

Melkyleonardo176@gmail.com

ABSTRACT

The research analyzing ground water contamination based on Geo-electrical methods near 2 point, that is in Cipta Karya street (without waste pile) and Srikandi street (with waste pile), Kecamatan Tampan Riau. Data was processed using Software Progress, with the results of processing in the form of depth, thickness and number of layers and the resistivity value. Has been done the results obtained showed that the resistivity value on Cipta Karya road without garbage pile was 57.10-4955.00 Ohm.m at depth 0,00-346,00 Meter and on Srikandi street with garbage pile was 68.90-4008.00 Ohm.m at depth 0,00-367,00 Meter. Geo-electrical data measurements in Cipta Karya and Srikandi there are 5 layers of soil, that is cover layer, clay loam layer, alluvium layer, sand layer and bedrock layer. Based on the above resistivity values and depth, all points considered un polluted by leachet because the resistivity value is far above 10 Ohm.m (fresh water). Resistivity values indicate that the leachet does not seep into the soil and spread to swamps which are right next to the garbage pile (Srikandi road).

Keywords : contamination, ground water, geo-electrical methods.

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisa pencemaran air tanah berdasarkan metode geolistrik yang didekatkan pada 2 titik, yaitu pada jalan Cipta Karya (tanpa timbunan sampah) dan Srikandi (adanya timbunan sampah), kecamatan Tampan. Data diolah menggunakan Software Progress dengan hasil pengolahan berupa kedalaman, ketebalan dan jumlah lapisan serta nilai resistivitas. Hasil yang diperoleh adalah nilai resistivitas pada jalan Cipta Karya tanpa timbunan sampah 57,10-4955,00 Ohm.m pada kedalaman 0,00-346,00 m dan jalan Srikandi adanya timbunan sampah 68,90-4008,00 Ohm.m. pada kedalaman 0,00-367,00 m. Pengukuran data geolistrik di Cipta Karya dan Srikandi terdapat 5 lapisan tanah, yaitu lapisan penutup, lapisan lempung pasir, lapisan alluvium, lapisan pasir dan lapisan bedrock. Berdasarkan nilai resistivitas dan kedalaman diatas serta jumlah lapisan yang diperoleh, semua titik dianggap tidak tercemar oleh air lindi karena nilai resistivitasnya jauh diatas 10 ohm.m (air tawar). Nilai resistivitas menunjukkan bahwa air lindi tidak meresap kedalam tanah dan menyebar kearah rawa-rawa yang berada tepat di samping timbunan sampah (jalan Srikandi).

Kata Kunci : Pencemaran, air tanah, metode geolistrik.

PENDAHULUAN

Aktivitas manusia dalam memanfaatkan alam selalu meninggalkan sisa yang dianggap sudah tidak berguna lagi sehingga diperlakukan sebagai barang buangan yaitu sampah. Sampah merupakan polutan umum yang dapat menyebabkan turunnya nilai estetika lingkungan, membawa berbagai jenis penyakit, menurunkan sumber daya, menimbulkan polusi, menyumbat saluran air dan berbagai akibat negatif lainnya, sehingga manusia menyingkirkan sampah sejauh mungkin dari aktivitas manusia yang biasa disebut Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah (**Ginting, P. 2004**).

Kebutuhan manusia akan air berkualitas tinggi semakin pesat dari tahun ke tahun diiringi dengan kemajuan teknologi. Dan air tanah dipandang sebagai salah satu sumber air bersih yang sangat potensial untuk digunakan dalam memenuhi kebutuhan tersebut. Air tanah adalah air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah yang berasal dari air hujan ataupun sumber lainnya yang masuk ke dalam tanah dengan bantuan gravitasi. Di sisi lain kualitas air tanah tersebut semakin menurun karena meningkatnya pencemaran air. Air tanah ini dapat dieksploitasi secara terus menerus namun harus tetap dijaga keseimbangan dan pelestariannya.

Pencemaran air tanah yang disebabkan oleh limbah merupakan salah satu masalah

yang dihadapi oleh masyarakat Kecamatan Tampan, baik limbah industri maupun limbah rumah tangga. Umumnya limbah yang dibuang ke lingkungan akan mempengaruhi kualitas air tanah dimana limbah dibuang (**Djajadiningrad dan Harsono, 1990**). Apabila dilihat dari bahaya yang ditimbulkan limbah ini ada yang berbahaya dan ada yang tidak berbahaya. Pembuangan limbah yang berbahaya akan menjadi persoalan besar, apabila air yang dikonsumsi oleh manusia, hewan, dan organisme tercemar limbah yang mengandung senyawa berbahaya.

Metode yang banyak dipakai dalam studi pencemaran air bawah tanah adalah metode geolistrik. Metode ini melibatkan pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat injeksi arus. Salah satu jenis metode geolistrik yaitu geolistrik tahanan jenis atau yang sering disebut metode resistivity (**Soininen, 1985**)

METODOLOGI PENELITIAN

Teknik Pengambilan Data

Pengukuran dilaksanakan di kawasan Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru dengan mengambil 2 titik sampel yakni 1 titik sampel berada di daerah yang ada timbunan sampahnya

dan 1 titik sampel lainnya berada tanpa adanya timbunan sampah dengan menarik titik sampel sepanjang 300 meter. Teknik pengukuran didasarkan pada pengambilan data geolistrik Schlumberger. Alat dihubungkan pada elektroda-elektroda yang dipancangkan dengan meletakkan alat resistivitas di tengah-tengah pengaturan elektroda arus dan elektroda potensial seperti pada pengaturan elektroda schlumberger. Susunan elektroda schlumberger dalam pelaksanaan di lapangan adalah dengan mengatur jarak antara masing-masing elektroda, dimana elektroda potensial MN selalu ditempatkan di antara elektroda arus AB demikian seterusnya sampai titik pengukuran pengambilan data pada line A-B berkisar 300 meter.

Langkah-langkah pengambilan data adalah : pertama observasi lapangan dengan mensurvei daerah mana yang ada timbunan sampah dan tanpa timbunan sampah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru sebagai titik sampelnya. Selanjutnya membentangkan meteran sebagai tempat pengecekan titik-titik tancapan elektroda sepanjang 300 meter, penancangan elektroda, selanjutnya penghubungan dengan terminal arus dan potensial, kemudian data boleh diambil dengan cara menghidupkan Resistivytimeter sebagai pengatur arus input dan arus output.

Besarnya arus dan tegangan untuk setiap perubahan jarak elektroda arus dan elektroda potensial dicatat untuk berbagai pengukuran. Hasil yang diperoleh diproses dengan

komputer menggunakan program progress selanjutnya diinterpretasikan untuk memperoleh daerah mana yang anomali polutannya besar atau kecil dan arah pergerakan air lindi di wilayah Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru.

Pengolahan Data

Hasil yang didapatkan dari lokasi penelitian berupa data resistivitas yang diolah dengan menggunakan software *progress*. Langkah-langkah penggunaan software *progress* untuk memproses data geolistrik adalah sebagai berikut :

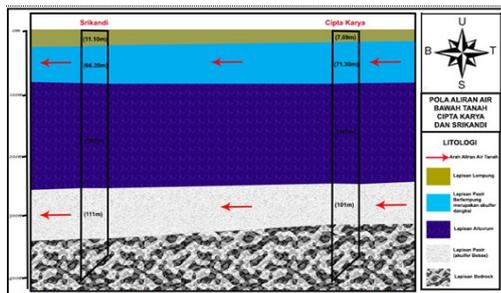
1. Data hasil pengukuran berupa nilai elektroda arus, nilai elektroda potensial, kuat arus dan tegangan diolah dengan program Excel untuk menentukan faktor geometri dan nilai resistivitasnya.
2. Data yang diolah di program Excel kemudian diinput ke software *Progres*.
3. Data yang telah diinput kemudian menghasilkan pengolahan data berupa grafik dengan nilai-nilai resistivitas pada setiap lapisan beserta dengan nilai-nilai kedalamannya.
4. Dari grafik yang diperoleh dapat dibuat model resistivitasnya dengan melihat litologinya yang sesuai dengan nilai-nilai resistivitas serta kedalamannya.

5. Pengolahan data selanjutnya dengan menggunakan Software progress.

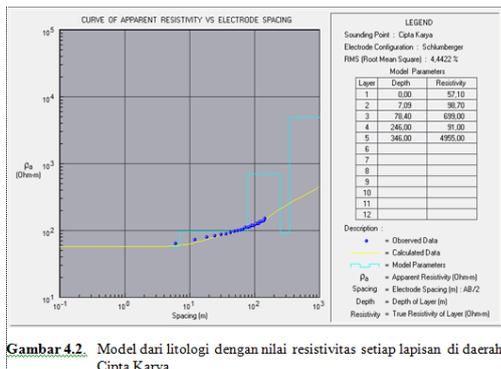
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan Data Nilai Resistivitas

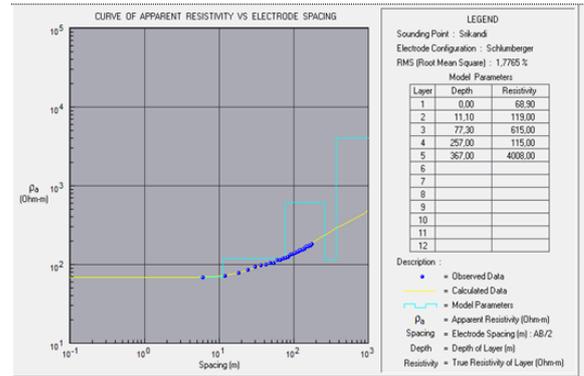
Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan dengan menggunakan alat geolistrik konfigurasi Schlumberger terdiri dari parameter arus dan beda tegangan data tersebut kemudian dikonversikan menjadi resistivitas semu yang diperoleh dan hasilnya diolah dengan komputer menggunakan program progress. Hasil yang diperoleh dengan program progress ini merupakan harga tahanan jenis yang sebenarnya (*true resistivity*) dan mewakili nilai resistivitas berbeda-beda dan menunjukkan arah pergerakan air lindi dan identifikasi adanya pencemaran pada sistem air bawah tanah. Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Hasil Pengolahan Data Geolistrik di Cipta Karya dan Srikandi



Gambar 4.2. Model dari litologi dengan nilai resistivitas setiap lapisan di daerah Cipta Karya



Gambar 4.3. Model dari litologi dengan nilai resistivitas setiap lapisan di daerah Srikandi

Analisa dan Interpretasi Nilai Resistivitas

Gambar 4.1 adalah hasil pengolahan data geolistrik di Cipta Karya dan Srikandi yang terdiri dari 5 lapisan tanah, yaitu pada lapisan pertama adalah lapisan tanah penutup, lapisan kedua adalah lapisan lempung pasir, lapisan ketiga adalah lapisan alluvium, lapisan keempat adalah lapisan pasir dan lapisan kelima adalah lapisan bedrock. Kelima lapisan ini khususnya yang ada timbunan sampah yaitu pada Jalan Srikandi tidak tercemar oleh polutan air lindi karena air lindi tidak meresap sampai ke bawah lapisan tanah dan hanya menyebar secara horizontal ke arah rawa-rawa tepat berada di samping timbunan sampah. Arah sebarannya yaitu dari Cipta Karya ke Srikandi dan menuju ke arah rawa-rawa di samping timbunan sampah.

Lintasan titik 1 (pertama) pada koordinat Lintang Selatan 00°28'11.61" dan koordinat Bujur Timur 101°22'41.84" terletak di jalan Cipta

Karya dengan panjang lintasan 300 meter. Analisa data dengan menggunakan program progress memberikan gambaran lapisan tanah hingga kedalaman 346,00 m di lintasan titik pertama jalan Cipta Karya seperti terlihat pada Gambar 4.2. Hasil inversi menunjukkan pada lapisan pertama dengan resistivitas 57,10 ohm.m dengan kedalaman 0,00 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Tanah Penutup. Lapisan kedua dengan resistivitas 98,70 ohm.m dengan kedalaman 7,09 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Lempung Pasiran. Lapisan ketiga dengan resistivitas 699,00 ohm.m dengan kedalaman 78,40 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Alluvium. Lapisan keempat dengan resistivitas 91,00 ohm.m dengan kedalaman 246,00 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Pasir. Lapisan kelima dengan resistivitas 4955,00 ohm.m dengan kedalaman 346,00 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Bedrock. Nilai resistivitas ini memiliki tingkat kesalahan (error) 4,4422%.

Lintasan titik 2 (kedua) pada koordinat Lintang Selatan 0°29'49" dan koordinat Bujur Timur 101°23'48" terletak di jalan Srikandi dengan panjang lintasan 300 meter. Analisa data dengan menggunakan program progress memberikan gambaran lapisan tanah hingga kedalaman 367,00 m di lintasan titik kedua jalan Srikandi seperti terlihat pada Gambar 4.3. Hasil inversi menunjukkan pada lapisan pertama dengan resistivitas 68,90 ohm.m dengan kedalaman 0,00 meter

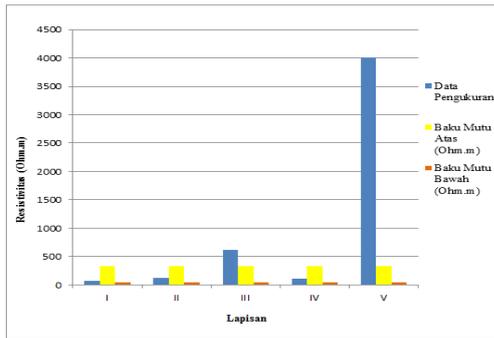
diinterpretasikan sebagai lapisan Tanah Penutup. Lapisan kedua dengan resistivitas 119,00 ohm.m dengan kedalaman 11,10 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Lempung Pasiran. Lapisan ketiga dengan resistivitas 615,00 ohm.m dengan kedalaman 77,30 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Alluvium. Lapisan keempat dengan resistivitas 115,00 ohm.m dengan kedalaman 257,00 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Pasir. Lapisan kelima dengan resistivitas 4008,00 ohm.m dengan kedalaman 367,00 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Bedrock. Nilai resistivitas ini memiliki tingkat kesalahan (error) 1,7765%.

Tabel 4.1 Hasil interpretasi pencemaran TPA di Srikandi

Lapisan	Litologi	Kedalaman (meter)	Resistivitas (ohm.m)	Keterangan
I	Tanah penutup	0,00	68,90	Tidak tercemar
II	Lempung pasiran	11,10	119,00	Tidak tercemar
III	Alluvium	77,30	615,00	Tidak tercemar
IV	Lapisan pasir	257,00	115,00	Tidak tercemar
V	Lapisan bedrock	367,00	4008,00	Tidak tercemar

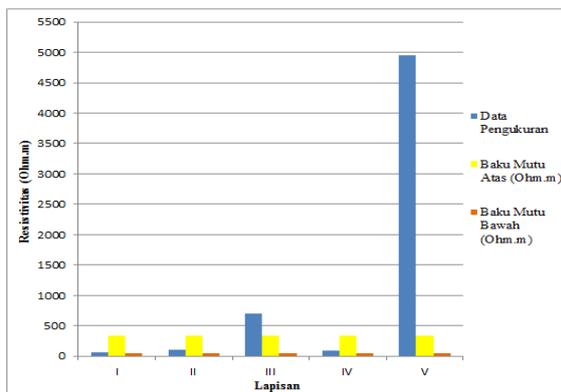
Tabel 4.2 Hasil interpretasi pencemaran di Cipta karya

Lapisan	Litologi	Kedalaman (meter)	Resistivitas (ohm.m)	Keterangan
I	Tanah penutup	0,00	57,10	Tidak tercemar
II	Lempung pasiran	7,09	98,70	Tidak tercemar
III	Alluvium	78,40	699,00	Tidak tercemar
IV	Lapisan pasir	246,00	91,00	Tidak tercemar
V	Lapisan bedrock	346,00	4955,00	Tidak tercemar



Gambar 4.4 Interpretasi Pencemaran Air Bawah Tanah di Srikandi

Daerah Srikandi, berdasarkan diagram diatas menunjukkan nilai resistivitas paling tinggi yaitu pada lapisan bedrock dengan resistivitas 4008,00 Ohm.m dan lapisan paling rendah yaitu pada lapisan tanah penutup dengan resistivitas 68,90 Ohm.m. Menurut nilai Standar Baku Mutu (Davis dan Wiest, 1996), nilai resistivitas yang tidak tercemar yaitu antara (50-333,333) Ohm.m (air tanah). Lapisan tanah penutup, lapisan lempung pasir, dan lapisan pasir dengan masing-masing nilai resistivitas 68,90 Ohm.m, 119,00 Ohm.m, dan 115,00 Ohm.m diinterpretasikan sebagai lapisan yang tidak tercemar oleh polutan air lindi karena nilai resistivitasnya berada antara (50-333,333) Ohm.m (air tanah).



Gambar 4.5 Interpretasi Pencemaran Air Bawah Tanah di Cipta Karya

Daerah Cipta Karya, berdasarkan diagram diatas menunjukkan nilai resistivitas

paling tinggi yaitu pada lapisan bedrock dengan resistivitas 4955,00 Ohm.m dan lapisan paling rendah yaitu pada lapisan tanah penutup dengan resistivitas 57,10 Ohm.m. Menurut nilai Standar Baku Mutu (Davis dan Wiest, 1996), nilai resistivitas yang tidak tercemar yaitu antara (50-333,333) Ohm.m (air tanah). Lapisan tanah penutup, lapisan lempung pasir, dan lapisan pasir dengan masing-masing nilai resistivitas 57,10 Ohm.m, 98,70 Ohm.m, dan 91,00 Ohm.m diinterpretasikan sebagai lapisan yang tidak tercemar oleh polutan air lindi karena nilai resistivitasnya berada antara (50-333,333) Ohm.m (air tanah).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian dari pencemaran air bawah tanah menggunakan metode uji Geolistrik aturan Schlumberger didapat beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh, kedua lintasan tidak tercemar oleh air lindi karena air lindi tidak meresap ke dalam tanah.
2. Hasil pengukuran geolistrik setelah diolah dengan program progress menunjukkan nilai resistivitas sebenarnya yaitu di

lintasan titik pertama jalan Cipta Karya (57,10-4955,00) Ohm.m dan di lintasan titik kedua jalan Srikandi (68,90-4008,00) Ohm.m.

Saran

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran sifat fisis tanah seperti porositas, permeabilitas di daerah timbunan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alile, O. M., W.A Molindo, dan M.A Nwachokor. 2007. Evaluation of SoilProfile on Aquifer Layer of Three Location in Edo State. International Journal of Physical Sciences. 2(9):249-253.
- Derana T. I., 1981, “ *Perbandingan Interpretasi Geolistrik*”, *Aturan Wenner dan Schlumberger*, Skripsi, Jurusan Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Djajadiningrat, S.T. dan Harsono, H. 1990. Penilaian secara cepat sumber-sumber pencemaran air, tanah dan udara. Yogyakarta : Gadjah Mada University press.
- Effendi, Hefni. 2003. Telaah Kualitas Air. Yogyakarta: Kanisius.
- Hendrajaya, L. dan Arif. 1990. Geolistrik Tahanan Jenis. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi ITB.
- Loke, M. H. (1999), Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies
- Soininen, H. 1985. The behavior of the apparent resistivity phase spectrum in the case of two polarizable media. J. Geophysics 50: 810-819
- Sutrisno, C.T dan Suciastuti, E. 1987. Teknologi Penyediaan Air Bersih. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Keys, D.A. 1990. Applied Geophysics. London: Cambridge University Press.
- Zohdy, A. A., Eaton, G. P., Mabey, D. R., 1980, Application Of Surface Geophysics To Ground- Water Investigation, Chaptere D1, United States Government Printing Office, Washington.

PEMANFAATAN KARBON SEBAGAI FILTER UNTUK PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR SUNGAI OLEH LOGAM Zn (*seng*) DARI LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT DI KABUPATEN KUANSING

Riad Syech¹, Restina², Usman Malik³

^{1,3}Dosen Jurusan Fisika

²Mahasiswa Program Studi SI Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: Restinaphysic@gmail.com

ABSTRACT

A research has been conducted on using charcoal as a filter to control river water pollution with heavy metals from palm oil mill waste based on physical parameters in Kuantan Singingi district using SSA method. The process begins with taking sample from palm oil mill waste output, the temperature and electrical conductivity of it is measured. Heavy metal concentration (Zn) is measured with Atomic Absorption (SSA). The highest electrical conductivity value before filtration was found in factory A sample. The value is $8,87 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ with 0,241 mg/l Zn concentration. Electrical conductivity value decreased after filtration to $7,11 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ with 0,216 mg/l Zn concentration. While the lowest electrical conductivity value before filtration was found in factory C sample. The value is $4,65 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ with 0,169 mg/l Zn concentration. Conductivity value decreased after filtration to $4,26 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ with 0,154 mg/l Zn concentration. These results explain that using charcoal as a filter for pollution control is quite effective.

Keyword : Charcoal, pollution, oil palm factory, physical parameter

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan arang sebagai filter untuk pengendalian pencemaran air sungai oleh logam berat dari limbah pabrik kelapa sawit berdasarkan parameter fisis di kabupaten kuantan singingi menggunakan SSA. Proses dimulai dengan mengambil sampel keluaran limbah pabrik kelapa sawit, kemudian diukur suhu dan konduktivitas listrik air limbah. Pengukuran konsentrasi logam berat (Zn) dilakukan dengan Spektrometer Serapan Atom (SSA). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai konduktivitas listrik sebelum penyaringan menggunakan arang paling tinggi yaitu pada sampel pabrik A yaitu sebesar $8,87 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ dengan konsentrasi Zn 0,241 mg/l. Setelah dilakukan penyaringan menjadi $7,11 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ dengan konsentrasi logam berat Zn 0,216 mg/l sedangkan konduktivitas listrik paling rendah yaitu pada sampel pabrik C sebelum penyaringan sebesar $4,65 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ dengan konsentrasi logam berat Zn sebesar 0,169 mg/l dan setelah dilakukan penyaringan menjadi $4,26 \times 10^{-4} \Omega m^{-1}$ dengan konsentrasi logam berat Zn sebesar 0,154 mg/l. Hasil ini menjelaskan pemanfaatan arang sebagai filter untuk pengendalian pencemaran cukup efektif.

Kata kunci : Arang, pencemaran, pabrik kelapa sawit, parameter fisis

PENDAHULUAN

Limbah pada dasarnya adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia, maupun proses-proses alam yang mempunyai nilai ekonomi negatif. Limbah industri pabrik kelapa sawit adalah berupa limbah padat, gas dan cair. Limbah cair adalah limbah yang mempunyai sifat cair dimana komposisinya meliputi bahan organik dan anorganik dan lainnya dan bahan pencemar yang besar sehingga apabila di alirkan ke sungai tanpa memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah akan menyebabkan pencemaran sungai.

Sungai adalah salah satu sumber daya alam yang sering digunakan masyarakat untuk kegiatan sehari-hari. Peran sungai disetiap tempat sangat penting untuk keseharian masyarakat. Beberapa sungai tidak memenuhi baku mutu yang layak digunakan masyarakat, karena masih banyak pencemaran sungai terjadi akibat ulah manusia. Sebab itu dibutuhkan uji kualitas air limbah keluaran pabrik saawit dan cara pengendaliannya menggunakan arang tempurung kelapa sebagai filter dengan mengukur parameter Fisika yaitu Suhu, konduktivitas listrik serta kandungan logam berat air sungai.

TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran Air Sungai

Air adalah sumber kehidupan di muka bumi ini, kita semua bergantung pada air sehingga diperlukan air yang dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Pencemaran air sungai terjadi apabila dalam air sungai terdapat berbagai macam zat atau kondisi yang dapat menurunkan standar kualitas air yang telah ditentukan, sehingga tidak dapat digunakan untuk kebutuhan tertentu. Sumber air dikatakan tercemar tidak hanya karena tercampur dengan bahan pencemar, akan tetapi apabila air tersebut tidak sesuai dengan kebutuhan tertentu, contoh suatu sungai yang tercemar logam berat atau bakteri penyakit sehingga tidak dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga.

Limbah Cair Industri Sawit

Limbah cair industri kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan (sterilisasi), proses klarifikasi dan buangan dari hidrosiklon. Limbah cair industri minyak kelapa sawit mengandung bahan organik yang sangat tinggi, sehingga kadar bahan pencemar akan semakin tinggi (**Azwir, 2006**). Dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair industri sawit adalah tercemarnya badan air penerima yang umumnya sungai karena hampir setiap industri minyak kelapa sawit berlokasi didekat

sungai. Salah satu teknik pengendalian pencemaran air limbah adalah dengan melakukan penyaringan menggunakan arang sebagai penyerap komponen organik.

Parameter Fisika Mempengaruhi Air Sungai

1. Suhu

Menurut Effendi (2003), suhu dari suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (latitute), ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air adalah salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan organisme, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun pengembangbiakan dari organisme-organisme tersebut (Hutabarat dan Evans,1986). Kisaran suhu yang baik untuk menunjang pertumbuhan optimal adalah 28-32°C.

1. Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik adalah bilangan yang menyatakan kemampuan larutan cair untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas atau daya hantar merupakan ukuran kemampuan mengalirkan arus listrik, menandakan banyaknya ion yang terkandung didalamnya (Abdi, R. 2016).

Resistivitas (ρ) adalah kemampuan suatu bahan untuk mengantarkan arus listrik yang bergantung terhadap besarnya medan listrik dan kerapatan arus. Semakin besar resistivitas suatu bahan maka semakin besar pula medan listrik yang dibutuhkan untuk menimbulkan sebuah kerapatan arus. Satuan untuk resistivitas adalah $\Omega.m$. Secara matematis dirumuskan seperti berikut :

$$R = \frac{\rho l}{A} \dots\dots\dots 1$$

Logam Berat Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah logam yang putih kebiruan, logam ini sangat mudah ditempa dan liat pada suhu 110-150°C . Zink melebur pada 410°C dan mendidih pada 906°C. Seng (Zn) dalam pemanasan tinggi akan menimbulkan endapan seperti pasir. Seng (Zn) diperlukan tubuh untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat menjadi racun (Al-Harisi, 2008).

Seng dialam tidak berada dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Seng juga merupakan salah satu bentuk materi anorganik yang sering menimbulkan berbagai permasalahan yang cukup serius pada perairan. Konsentrasi logam berat pada air akan

mempengaruhi konsentrasi logam berat yang ada pada sedimen. Kecendrungan peningkatan konsentrasi logam berat di sedimen diakibatkan oleh tingginya konsentrasi logam berat tersebut di air. Selain itu, terdapat parameter-parameter lain yang berpengaruh dalam kesetimbangan reaksi di sistem perairan, seperti suhu, konsentrasi logam dan tipe senyawanya, kondisi reduksi-oksidasi perairan, dan bilangan oksidasi dari logam tersebut.

Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan untuk melihat unsur-unsur logam dengan panjang gelombang tertentu melalui penyerapan cahaya oleh atom-atom tertentu dalam keadaan bebas. Atom-atom mengabsorpsi cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Ketika terjadi radiasi, elektron berada pada transisi dari keadaan energi satu ke energi yang lainnya. Saat tereksitasi (tingkat energi tinggi) dan kembali lagi pada keadaan dasar (energi terendah) dengan melepas energi foton pada energi yang sama. Atom dapat menyerap jika energi pada keadaan tinggi dasar melalui foton **(Rahmayani, 2009)**.

Hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi didapat dari:

1. Hukum Lambert: bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer: intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut **(Anshori, 2005)**.

Berdasar hukum Beer diperoleh persamaan :

$$A = E \times b \times c \dots\dots\dots 2$$

Karbon

Karbon merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85,95% unsur karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Karbon selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap karbon tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan- bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Karbon akan mengalami perubahan sifat fisika dan sifat kimia. Karbon menyerap kandungan-kandungan tertentu didalam suatu zat cair.

Arang Tempurung Kelapa

Arang merupakan adsorben yang sangat efisien karena butiran padatan yang sangat halus. Arang tempurung kelapa mempunyai daya untuk mengadsorpsi ion logam Zn. Arang tempurung kelapa adalah arang yang menghasilkan karbon dengan poro-pori lebih terbuka. Arang tempurung kelapa mempunyai permukaan yang luas dan berongga dengan sruktur yang berlapis. Ini menyebabkan arang tempurung kelapa dapat menyerap gas atau zat lain dalam larutan dan udara.

Filtrasi (Penyaringan)

Filtrasi adalah proses pemisahan dari campuran heterogen yang mengandung cairan dan partikel-partikel padat dengan menggunakan media filter hanya meloloskan cairan dan menahan partikel-partikel padat. Proses pemisahan dengan cara filtrasi dapat dibedakan berdasarkan adanya tekanan dan tanpa tekanan. Proses filtrasi sederhana (tanpa tekanan) adalah proses penyaringan dengan media filter kertas saring. Penyaringan dilakukan dengan cara kertas saring dipotong melingkar, kemudian lipat dua sebanyak tiga atau empat kali. Selanjutnya buka dan letakkan dalam corong pisah sehingga melekat pada corong pisah. Tuangkan

campuran heterogen yang akan dipisahkan sedikit demi sedikit. Hasil filtrasi adalah zat padat yang disebut residen dan zat cairnya disebut dengan filtrat.

METODE PENELITIAN

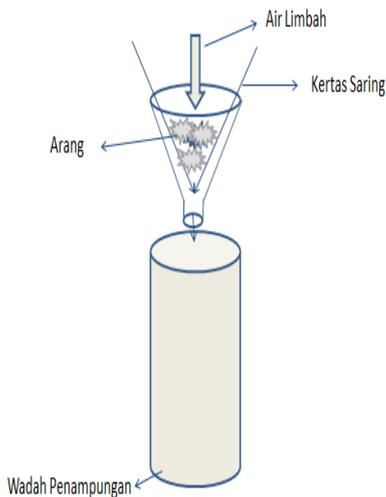
Pengambilan Sampel

Sampel diambil pada tiga pabrik kelapa sawit yang berada dikabupaten Kuansing. Pabrik sawit PT Usaha Kita Makmur diberi label A, PT Tamora Agro Lestari diberi label B dan PT Mustika Agro Sari diberi label C. Sampel diambil pada kolam limbah terakhir atau limbah keluaran sebelum dibuang kesungai. Sampel diambil pada jam \pm 09.00 wib dipinggir kolam sekitar pipa penyaringan limbah sebelumnya, sampel diambil menggunakan botol air mineral dengan kedalaman rata-rata 10 cm.

Skema Penelitian

penyaringan air limbah pabrik kelapa sawit seperti pada Gambar 1. filter arang digunakan untuk mengurangi kadar pengotor atau logam berat pada limbah pabrik kelapa sawit sehingga badan air penerima air limbah tidak tercemar bahan organik dan anorganik limbah. Arang tempurung kelapa yang digunakan adalah arang yang dijual dipasaran. Arang tempurung kelapa yang akan digunakan dipotong kecil dengan ukuran rata-rata 2 cm dan dtimbang masing-masing 10

gram kemudian direndam selama 2 menit menggunakan aquades sebagai kalibrasi. Tahap awal dari pengukuran adalah melakukan pengukuran tanpa ada penyaringan, selanjutnya penyaringan menggunakan kertas saring dan arang volume sampel yang digunakan untuk masing-masing pengukuran adalah 200 mL. Proses ini diulangi untuk masing – masing pengujian logam berat dan parameter fisika.



Gambar 1 Skema Penyaringan Sampel.

Analisis Parameter Fisika

1. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan cara memasukkan termometer pada sampel yang telah diberi label, suhunya diamati dan catat kedalam tabel data.

2. Pengukuran Konduktivitas Listrik Dengan Konduktivimeter

Pengukuran konduktivitas listrik dilakukan dengan memasukan sel

platina yang terdapat pada konduktiviti meter kedalam gelas beker yang sudah berisi 40 mL sampel air, kemudian nyalakan konduktiviti meter dan catat hasil pengukuran yang ditunjukkan pada konduktivimeter. Setelah konduktiviter meter digunakan bersihkan dengan aquades.

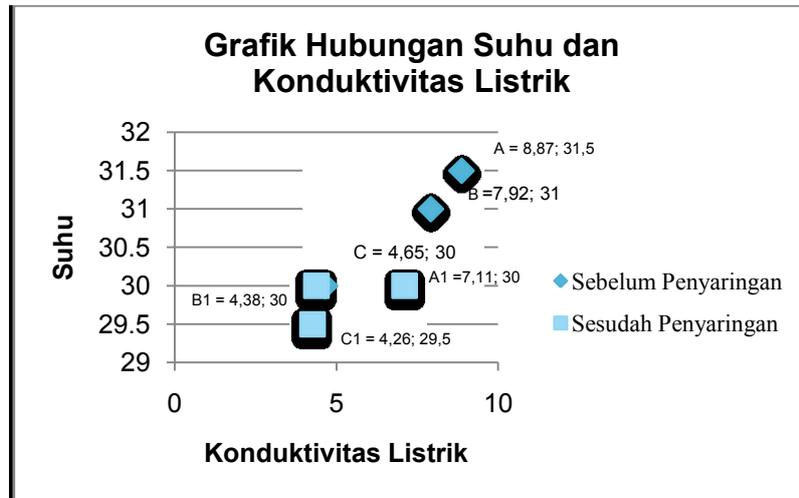
Mengukur Konsentrasi Logam Berat Air Sungai Batang Lubuh Menggunakan Spektrofometer Serapan Atom (SSA)

Pengukuran konsentrasi logam berat Cu, Zn dan Pb yang terdapat dalam sampel menggunakan spektroskopi serapan atom. Pengukuran dilakukan dengan cara Alirkan Asetilen ke Spektrofometer dengan membuka aliran dari tabung gas. Atur lampu katoda berongga untuk Cu, Zn dan Pb. Inputkan parameter sampel yang akan dianalisa ke komputer, secara otomatis alat akan menyesuaikan datanya. Jalankan alat dan masukkan pipa penghisap spektrofometer kedalam tabung reaksi larutan standar Cu dan sampel air sungai secara berurutan sesuai penomorannya. Ulangi langkah 4 untuk logam Zn dan Pb lalu cetak data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran suhu sampel, konduktivitas listrik dan konsentrasi logam berat Zn dapat dilihat pada tabel dibawah

Analisa Nilai Pengukuran Konduktivitas Listrik dan Suhu Sampel Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit sebelum dan sesudah penyaringan



Gambar 2 Grafik hubungan suhu dan konduktivitas limbah keluaran sawit sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu, Konduktivitas Listrik, Konsentrasi Logam Berat Seng dan Absorbansi Sampel

Sampel	suhu (°C)	$\sigma_{rata-rata} (\Omega m)^{-1}$	Konsentrasi Seng (Zn) mg/l	Absorbansi x $10^{-10} (Kg^2/s)$
Sampel A	31,5	$8,87 \times 10^{-4}$	0,241	2,5775
Sampel A1	30	$7,11 \times 10^{-4}$	0,216	2,31012
Sampel B	31	$7,92 \times 10^{-4}$	0,235	2,513325
Sampel B1	30	$4,38 \times 10^{-4}$	0,214	2,28873
Sampel C	30	$4,65 \times 10^{-4}$	0,169	1,807455
Sampel C1	29,5	$4,26 \times 10^{-4}$	0,154	1,64703

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara nilai konduktivitas listrik dan suhu air limbah pabrik kelapa sawit sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang sebagai filter pada tiga pabrik kelapa sawit. Suhu mempengaruhi besarnya konduktivitas listrik. Semakin tinggi nilai suhu air

limbah maka semakin besar nilai konduktivitas listriknya. Ini disebabkan kenaikan suhu akan meningkatkan pergerakan ion-ion dalam larutan sehingga konduktivitas larutan meningkat.

Nilai pengukuran konduktivitas listrik di tiga pabrik sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang. Nilai konduktivitas paling kecil yaitu pada pabrik C sebesar $4,65 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$ dengan

suhu 30°C. Rendahnya nilai konduktivitas listrik menunjukkan air limbah memiliki kandungan mineral organik dan anorganik yang sedikit sehingga mineral-mineral yang dapat menghantarkan arus listrik untuk mengalir lebih kecil.

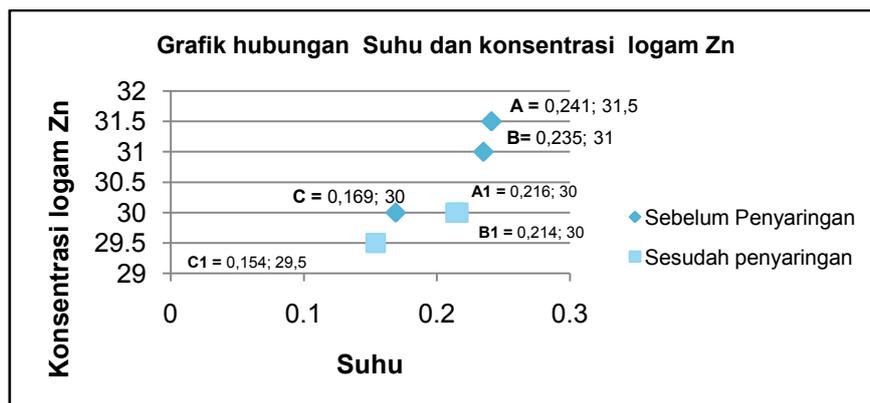
Konduktivitas listrik paling tinggi terdapat pada pengukuran sampel pabrik A sebesar $8,87 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$ dengan suhu

31,5°C. Tingginya nilai konduktivitas mengakibatkan nilai resistivitas semakin kecil ini menunjukkan kemampuan untuk menghambat arus listrik yang mengalir juga kecil, sedangkan mineral-mineral yang bisa menghantarkan arus listrik yang terkandung sangat besar sehingga daya hantar listriknya akan semakin besar. Semakin besar nilai konduktivitas listrik maka menunjukkan semakin buruk kualitas air limbah karna memiliki kandungan mineral organik dan anorganik pencemar yang banyak.

Setelah dilakukan penyaringan menggunakan arang sebagai filter maka didapat nilai pengukuran sebelum dan sesudah penyaringan dengan urutan dari konduktivitas tinggi sampai terendah yaitu pabrik A sebelum penyaringan sebesar $8,87 \times 10^{-4}(\Omega m)^{-1}$ menjadi $7,11 \times 10^{-4}(\Omega m)^{-1}$

$4(\Omega m)^{-1}$ setelah penyaringan, pabrik B sebesar $7,92 \times 10^{-4}(\Omega m)^{-1}$ menjadi $4,38 \times 10^{-4}(\Omega m)^{-1}$ dan pabrik C sebesar $4,65 \times 10^{-4}(\Omega m)^{-1}$ menjadi $4,26 \times 10^{-4}(\Omega m)^{-1}$. Arang mampu menjadi filter yang cukup baik dalam menyerap kandungan mineral dalam sampel. Arang bisa menjadi penyerap yang baik karna arang mengalami perubahan sifat kimia dan fisika pada saat pemanasan sehingga arang dapat menyerap kandungan-kandungan tertentu dalam suatu zat cair. Arang dapat menyerap ribuan kali beratnya sendiri seperti zat-zat berupa gas, logam, berat dan racun-racun dan bahan kimia lainnya.

Analisa Nilai Pengukuran Suhu Dan Konsentrasi Logam Zn Air Limbah Keluaran Pabrik Kelapa Sawit A, B Dan C Sebelum Dan Sesudah Penyaringan



Gambar 3 Grafik hubungan konsentrasi logam Zn dan Suhu sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang.

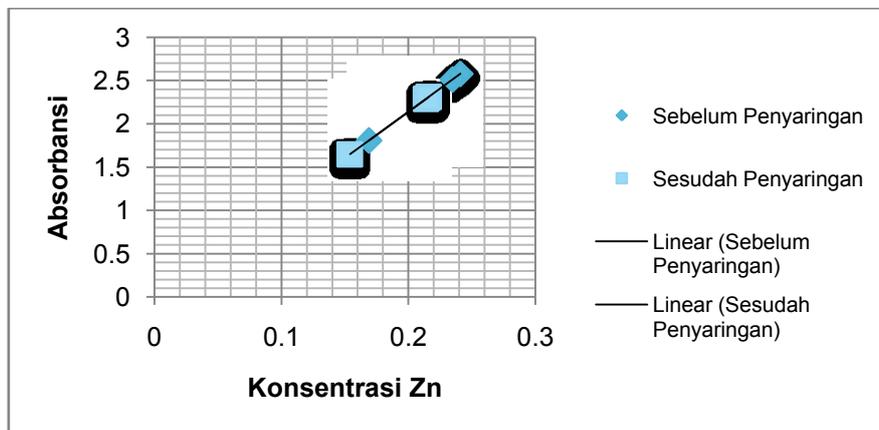
Gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara konsentrasi logam Zn dan suhu air limbah sebelum dan sesudah

penyaringan menggunakan arang sebagai filter pada tiga pabrik kelapa sawit. Semakin tinggi suhu air limbah maka

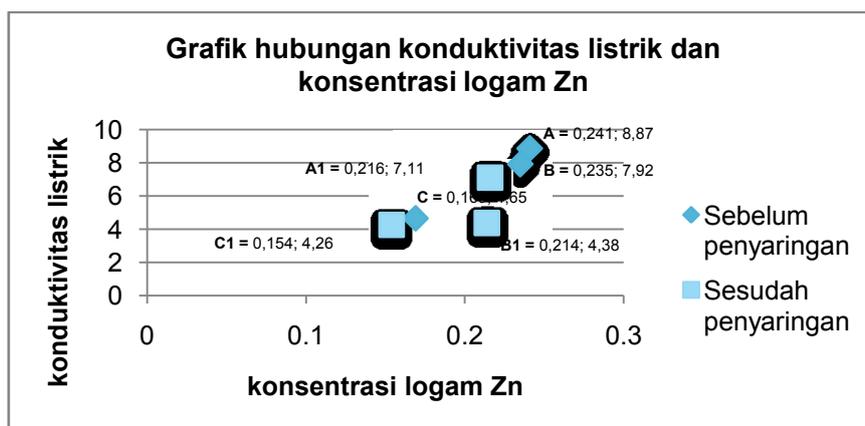
tinggi pula konsentrasi logam Zn begitu juga sebaliknya pada saat terjadi penurunan suhu maka konsentrasi logam Zn juga menurun

Konsentrasi logam berat seng (Zn) paling tinggi terlihat pada pabrik A yaitu sebesar 0,241 mg/l, sedangkan konsentrasi logam berat seng (Zn) terendah terletak pada sampel pabrik C. Hasil pengukuran yang didapat sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang yaitu

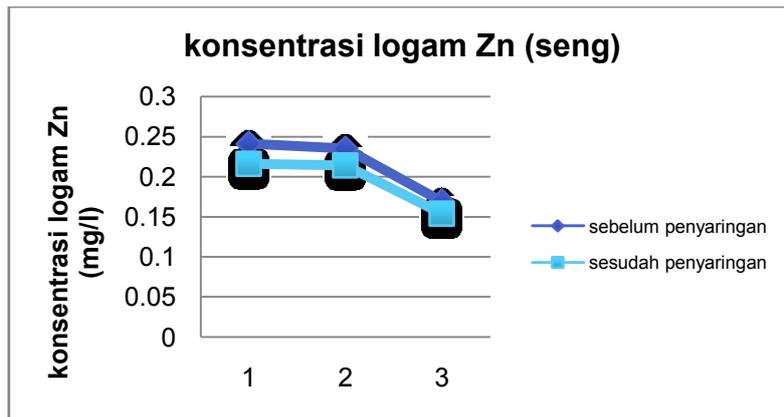
pabrik A sebelum penyaringan sebesar 0,241 mg/l menjadi 0,216 mg/l, pabrik B sebesar 0,235 mg/l menjadi 0,214 mg/l dan pabrik C sebesar 0,169 mg/l menjadi 0,154 mg/l. Hal ini menunjukkan arang cukup efektif sebagai filter dalam menyerap kandungan logam atau mineral dalam suatu zat cair, sehingga tumbukan yang terjadi antar partikel akan berkurang dan terjadi penurunan suhu.



Gambar 3 Grafik hubungan konsentrasi logam seng (Zn) dan absorbansi sebelum dan sesudah penyaringan



Gambar 4 Grafik hubungan konduktivitas listrik dan konsentrasi logam seng (Zn) air limbah pabrik kelapa sawit



Gambar 5 Grafik konsentrasi logam Zn air limbah pabrik kelapa sawit sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang

Analisa Hubungan Konsentrasi Logam Seng (Zn) Dan Absorbansi Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Sebelum Dan Sesudah Penyaringan

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara konsentrasi logam Zn dan absorbansi secara perhitungan sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang. Berdasar hukum Beer intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut sehingga dapat dilihat absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi logam Zn (seng) dan sesuai dengan teoritis. Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara konsentrasi logam Zn dan absorbansi secara perhitungan sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang. Berdasar hukum Beer intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut sehingga dapat dilihat absorbansi berbanding

lurus dengan konsentrasi logam Zn (seng) dan sesuai dengan teoritis.

Analisa hubungan Konduktivitas listrik dan Konsentrasi logam Zn air limbah sebelum dan sesudah penyaringan

Gambar 4. menunjukkan hubungan antara konduktivitas dan konsentrasi logam Zn sebelum dan sesudah penyaringan. Semakin tinggi konsentrasi dari logam berat Zn maka nilai konduktivitasnya juga semakin meningkat. Pada pabrik A konsentrasi logam Zn 0,241 mg/l dengan konduktivitas $8,87 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$, pabrik B 0,235 mg/l konduktivitas $7,92 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$ dan pabrik C konsentrasi 0,165 mg/l dengan konduktivitas $4,65 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$. Tingginya nilai konduktivitas pada pabrik A menunjukkan Kualitas air limbah cukup buruk dimana limbah mengandung mineral organik dan anorganik pencemar yang banyak, Setelah dilakukan penyaringan konsentrasi logam Zn dan konduktivitas

mengalami penurunan hal ini dikarenakan mineral-mineral pengotor diserap oleh arang pada saat terjadi filtrasi sehingga mineral yang menghantarkan listrik semakin sedikit begitu juga dengan konsentrasi logam Zn.

Analisa Konsentrasi logam berat Zn air limbah pabrik kelapa sawit sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang

Gambar 4.5 menunjukkan konsentrasi logam Zn air limbah ditiga pabrik kelapa sawit sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang. Konsentrasi logam berat seng (Zn) paling tinggi terlihat pada pabrik A yaitu sebesar 0,241 mg/l hal ini dikarenakan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit pada pabrik belum sempurna dan memiliki jumlah kolam paling sedikit dibanding pabrik lainnya, sedangkan konsentrasi logam berat seng (Zn) terendah terletak pada sampel pabrik C dimana pengolahan limbah pabrik C memiliki 16 kolam penyaringan. Hasil pengukuran yang didapat sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan arang yaitu pabrik A sebelum penyaringan sebesar 0,241 mg/l menjadi 0,216 mg/l, pabrik B sebesar 0,235 mg/l menjadi 0,214 mg/l dan pabrik C sebesar 0,169 mg/l menjadi 0,154 mg/l. Konsentrasi logam Zn pada tiga pabrik mengalami penurunan. Hasil perhitungan efisiensi penyerapan arang pada sampel air

limbah keluaran pabrik kelapa sawit berturut-turut adalah 10,37%, 8,93%, 8,876%. Sehingga dapat disimpulkan arang cukup efektif dapat digunakan sebagai filtrasi pada limbah keluaran pabrik kelapa sawit sebelum dibuang kesungai.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menggunakan karbon dengan metode filtrasi untuk analisa konsentrasi logam berat seng dan parameter fisis untuk pengendalian pencemaran air sungai dapat disimpulkan beberapa hal

1. Arang dapat digunakan sebagai pengendalian pencemaran air sungai oleh logam berat dari limbah pabrik kelapa sawit.
2. Konduktivitas listrik rata-rata paling tinggi pada sampel air limbah keluaran terdapat pada pabrik A yaitu sebesar $8,87 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$ sedangkan konduktivitas paling rendah terdapat pada sampel pabrik C sebesar $4,65 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$. Setelah dilakukan penyaringan menggunakan arang tempurung kelapa konduktivitas listrik turun menjadi $7,11 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$ dan $4,26 \times 10^{-4} (\Omega m)^{-1}$. Semakin besar nilai konduktivitas air maka kandungan logam beratnya juga semakin tinggi,

sedangkan semakin kecil nilai konduktivitas air maka kandungan logam berat juga semakin rendah.

3. Konsentrasi logam berat Seng (Zn) pada ketiga limbah keluaran pabrik kelapa sawit di Kuantan Singingi berada diatas batas maksimum konsentrasi yang diperbolehkan (Zn 0,05 mg/l) maka air limbah keluaran pabrik kelapa sawit berkualitas buruk dan dapat mencemari sungai, setelah dilakukan penyaringan menggunakan arang konsentrasi mengalami penurunan. Efisiensi penyerapan arang tempurung kelapa pada sampel air limbah berturut-turut adalah 10,37% , 8,93% dan 8,876%.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya untuk pemanfaatan arang disarankan untuk mengaktifkan karbon, karena penyerapan karbon aktif lebih besar dan bisa dipakai berulang dengan mengaktifkan kembali.
2. Model filtrasi arang perlu dikembangkan agar dapat digunakan pada penyaringan kolam limbah sebelum dibuang kesungai
3. Nilai konsentrasi yang diukur pada penelitian ini logam berat seng, untuk penelitian selanjutnya perlu diteliti logam berat lainnya yang

terkandung dalam limbah cair kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, R. 2016. *Penentuan Kounduktivitaslistrik Sungai Batang Lubuh Menggunakan Metode Jembatan Wheatstone*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru
- Azwir, 2006, *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar*, Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Herniwati, 2012. *Uji Kelayakan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara II Prafi-Manokwari*. Skripsi. Universitas Negri Papua. Manokwari.
- Palar, H. 2004 *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Yogyakarta : Rineka Cipta
- Putri, R.A.2013. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Untuk Penyerapan Logam Berat (Zn dan Fe) di Sungai Siak*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru
- Salam, A.H.2013. *Menentukan Pola Penyebaran Logam Berat (Cu,Fe,Zn) di Sungai Siak dengan Menggunakan Spektrofotometer (SAA)*. Skripsi Jurusan FisikaFMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru

IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) DAN PENGOLAHAN CITRA UNTUK KLASIFIKASI KEMATANGAN TBS KELAPA SAWIT

Minarni^{1,*}, Roni Salumbae², Zilhan Hasbi^{3,*}

¹ Dosen Jurusan Fisika,

² Jurusan Ilmu Komputer

³ Mahasiswa Program Studi S-1 Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: minarni@unri.ac.id

zilhanhasbie25@gmail.com

ABSTRACT

The classification of ripeness stages of oil palm fresh fruit bunches (FFBs) can be done using color parameters. These parameters are often evaluated by human vision, whose degree of accuracy is subjective which can cause doubt in judgement. Automatic classifications of fresh fruit bunches (FFBs) based on color parameters can be done using computer vision. This method is known as a nondestructive, fast and cost effective method. In this research, a MATLAB computer program has been developed which consists of RGB and HSV GUI which is used to record, display, and process FFB image data. The backpropagation artificial neural network (ANN) program is also developed which is used to classify the oil palm fruit fresh bunches (FFBs). Samples are fresh fruit bunches (FFB) of oil palm varieties of Tenera which comprise of Topaz, Marihat, and Lonsum clones. Each clone composed of three levels of ripeness represented by five fractions. The measurements were started by capturing images of oil palm, extracting RGB and HSV values, calculating weight values from the image database to make an ANN program, preparing grid programs for oil palm FFBs, and comparing grading levels of oil palm FFBs using program and by harvester. This program successfully classified oil palm (FFBs) into three categories of ripeness which are unripe (F0 and F1), ripe (F1 and F1) and over ripe (F4 and F5). The RGB and HSV programs successfully classified 79 out of 216 FFBs or 36.57% and 106 out of 216 TBS or 49.07%. Respectively the HSV program is better than RGB program because the representation of HSV color space are more understood by human perception hence can be used in calibration and color comparison.

Keywords: fresh fruit bunches (FFBs), RGB, HSV, ANN, MATLAB

ABSTRAK

Penentuan kematangan TBS kelapa sawit dapat menggunakan parameter warna. Parameter ini secara manual dilakukan oleh penglihatan manusia. Kadar keakurasiannya bersifat subjektif yang dapat menyebabkan keragu-raguan dalam penilaian. Penentuan kematangan TBS kelapa sawit secara otomatis berdasarkan parameter warna dapat dilakukan menggunakan computer vision. Metode computer vision bersifat tidak merusak, cepat dan hemat biaya. Pada penelitian ini, program komputer berbasis MATLAB dibuat yang terdiri dari dua bagian yaitu GUI (RGB) dan (HSV). Program ini berfungsi untuk merekam, menampilkan, mengolah data citra TBS. Program jaringan syaraf tiruan (JST) backpropagation juga dibuat untuk pengklasifikasian kematangan TBS kelapa sawit. Sampel adalah TBS kelapa sawit varietas Tenera klon Topas, Marihat dan Lonsum yang terdiri dari tiga tingkat kematangan yang diwakili oleh lima fraksi. Penelitian dimulai dengan pengambilan citra TBS kelapa sawit, mengekstraksi nilai RGB dan HSV, mencari nilai bobot dari citra database untuk pembuatan JST, pembuatan menu program grading TBS kelapa sawit dan membandingkan tingkat grading TBS kelapa sawit menggunakan program dan pemanen. Program ini berhasil

mengklasifikasi TBS Kelapa Sawit kedalam tiga kategori kematangan: Kurang Matang (F0 dan F1), Matang (F1 dan F1) dan Lewat Matang (F4 dan F5). Program RGB berhasil mengklasifikasi 79 dari 116 TBS atau sebesar 16,57 % dan program HSV berhasil mengklasifikasi 106 dari 116 TBS atau sebesar 49,07%. Program HSV lebih unggul dari pada program RGB karena penyajian ruang warna HSV dapat lebih dimengerti oleh persepsi manusia dan cocok untuk perbandingan warna.

Kata kunci: kematangan tandan buah segar kelapa sawit (TBS), RGB, HSV, JST, MATLAB

PENDAHULUAN

Kemajuan dalam bidang komputasi dan elektronika telah memungkinkan untuk otomatisasi secara digital pada perangkat-perangkat manual yang digunakan dalam bidang pertanian atau perkebunan moderen. Otomatisasi dibidang pertanian perlu dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya, kepresisian dan ramah lingkungan. Sistem otomasi adalah suatu teknologi yang membuat sebuah proses dapat dikerjakan tanpa bantuan manusia. Otomasi di implementasikan menggunakan program perintah yang dikendalikan oleh sistem kontrol yang kemudian akan dieksekusi oleh sistem kontrol (Groover, 2001). Teknologi otomasi dalam bidang pertanian telah banyak dikembangkan salah satunya adalah sistem pemeriksaan kualitas otomatis non-destruktif untuk buah kelapa sawit (Makky *et al.*, 2014), identifikasi kematangan buah jeruk dengan teknik jaringan syaraf tiruan (Warman, 2015), penentuan tingkat kematangan buah tomat menggunakan analisis citra (Choi, 1995), dan percobaan pengembangan peralatan

grading otomatis untuk buah kiwi (Xu, 2013).

Pengklasifikasian buah dalam sistem sortasi memerlukan metode pencitraan digital (*digital imaging*) untuk menggantikan metode tradisional. Salah satu metode yang digunakan adalah metode *computer vision*. *Computer vision* merupakan kombinasi dari pengolahan citra (*image processing*) dan pengenalan pola (*pattern recognition*). Pengolahan citra (*image processing*) berhubungan dengan proses transformasi citra. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan kualitas citra yang lebih baik. Pengenalan pola (*pattern recognition*) berhubungan dengan proses identifikasi objek pada citra atau interpretasi citra. Proses ini bertujuan untuk mengekstrak informasi yang disampaikan oleh gambar. Gambar proyeksi dua-dimensi berasal dari dunia tiga-dimensi (Jaffar *et al.*, 2009). *Computer vision* merupakan sistem berbasis pada pengembangan algoritma dan komputer untuk menstimulasi visualisasi manusia agar dapat secara otomatis mengekstrak informasi berharga dari suatu obyek (Panigrahi, 2001). Beberapa penggunaan metode *computer*

vision diantaranya, pengembangan sistem sortasi otomatis untuk TBS kelapa sawit (Makky *et al.*, 2014), dan menentukan kematangan TBS kelapa sawit menggunakan teknik *fuzzy logic* yang diolah dalam bahasa pemrograman MATLAB (May dan Amaran, 2011).

Jaringan syaraf tiruan (JST) dikembangkan sebagai generalisasi model matematik dan jaringan syaraf manusia (Fausett, 1994). Beberapa penelitian yang berhasil mengaplikasikan JST untuk menyelesaikan permasalahan identifikasi dengan pengolahan citra, diantaranya adalah identifikasi mata untuk pengenalan wajah (Eide *et al.*, 1994), klasifikasi terumbu karang (Marcos *et al.*, 2005) dan identifikasi penyakit kanker paru-paru (Zhou *et al.*, 2002).

Penelitian ini tiga tahapan yang dilakukan yaitu ekstraksi, penerapan JST dengan algoritma *backpropagation*, dan pengukuran kinerja sistem. Tahap ekstraksi merupakan proses untuk mereduksi dimensi citra dengan melakukan segmentasi citra berdasarkan warna. Hasil ekstraksi ini digunakan untuk data masukan JST. Dengan dimensi data yang kecil waktu pelatihan JST lebih cepat. JST diproses dengan algoritma pelatihan *backpropagation* sehingga menghasilkan keluaran sesuai dengan pola yang terbentuk pada masukannya. Penilaian kinerja sistem dilakukan dengan

mengukur konvergensi dan generalisasi keluaran sistem. Pemilihan objek citra TBS kelapa sawit didasari karena memiliki variasi warna yang berbagai ragam dan tidak seperti wajah atau sidik jari yang mempunyai derajat kemiripan yang tinggi dan memiliki ciri yang terdefinisi dengan baik. Pembagian fraksi TBS kelapa sawit yang biasanya ditentukan dipabrik sangat dipengaruhi perlakuan sejak awal panen dilapangan. TBS kelapa sawit berdasarkan warna kulit ketika matang dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *Nigrescens* (jingga hitam-hitaman), *Virescens* (jingga merah), *Albescens* (kuning dan ungu kehitaman) (Fauziet *al.*, 2008).

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Otomasi

Sistem otomasi adalah teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik, elektronik yang berbasis komputer. Penggunaan komputer dalam suatu sistem otomasi akan menjadi lebih praktis karena dalam sebuah komputer berbagai komputasi dapat dilakukan. Tiga elemen dasar menjadi syarat mutlak bagi sistem otomasi yaitu sensor, aktuator, dan sistem kontrol yang mendukung proses dari sistem otomasi tersebut.

Tingkat Kematangan

Tingkat kematangan TBS kelapa sawit diklasifikasikan menggunakan fraksi. Fraksi kematangan TBS didasarkan pada jumlah buah yang membrondol ketika TBS

dipanen. Tabel 1 menunjukkan fraksi dan tingkatan kematangan yang digunakan sebagai standar penentuan fraksi TBS kelapa sawit secara tradisional (BACP, 2014).

Tabel 1. Tingkat Kematangan TBS

No	Kematangan	Fraksi	Jumlah Brodolan	Keterangan
1	Mentah	00	Tidak ada, buah berwarna hitam	Sangat mentah
		0	1 hingga 12,5% buah luar membrondol	Mentah
2	Matang	1	12,5 hingga 25% buah luar membrondol	Kurang matang
		2	25 hingga 50% buah luar membrondol	Matang 1
		3	50 hingga 75% buah luar membrondol	Matang 2
3	Lewat matang	3	75 hingga 100% buah luar membrondol	Lewat matang I
		4	Buah dalam juga membrondol, ada buah yang busuk	Lewat matang II
		5		

Representasi Citra Digital

Citra digital adalah suatu fungsi identitas cahaya dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y menunjukkan kordinat spasial. Nilal $f(x,y)$ pada tiap titik menunjukkan tingkat keabuan (*gray level*) citra pada titik tersebut (Gonzales & Woods, 2002). Citra digital dapat berupa citra dalam skala keabuan atau citra berwarna (*color*). Setiap citra direpresentasikan dalam bentuk matrik berukuran $m \times n$, dimana m dan n menunjukkan banyaknya elemen baris dan kolom pada matriks tersebut.

Segmentasi Warna

Warna RGB mengandung tiga komponen warna yaitu merah (*red*), hijau

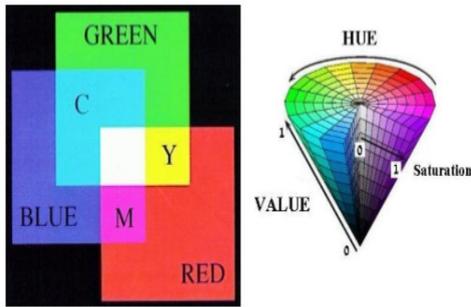
(*green*) dan biru (*blue*) atau disebut juga sebagai warna primer (Pitas, 1993). Model warna RGB didasarkan pada sistem koordinat kartesian berbentuk kubus. Rentang nilai R , G , dan B merupakan representasi semua vektor warna dalam ruang tiga dimensi $R-G-B$. Model warna RGB merupakan kombinasi dan tiga lapisan warna sehingga menghasilkan satu warna komposit. Pengambilan nilai informasi masing-masing unsur warna dilakukan dengan menormalisasi setiap unsur warna yang ditentukan oleh persamaan (1),(2) dan (3) :

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad (1)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \quad (2)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \quad (3)$$

Untuk mendapatkan info kecerahan dari citra, nilai RGB dikonversi ke dalam model warna *hue*, *saturation*, dan *value* (HSV). *Hue* berhubungan dengan ragam warna adalah nilai sudut antara vektor warna aktual dan vektor warna referensi. *Saturation* berhubungan dengan kecerahan warna dan pencahayaan ditambah warna referensi. *Value* berhubungan dengan intensitas warna. Perbandingan warna RGB dan HSV diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model warna RGB dan HSV

Perhitungan nilai HSV berdasarkan nilai RGB dilakukan menggunakan persamaan (4), (5), (6), (7) dan (8). Max adalah nilai maksimum dan Min nilai minimum dari citra RGB.

$$H=0+60\left[\frac{(G-B)}{(Max-Min)}\right];R=Max \quad (4)$$

$$H=120+60\left[\frac{(B-R)}{(Max-Min)}\right];G=Max \quad (5)$$

$$H=240+60\left[\frac{(R-G)}{(Max-Min)}\right];B=Max \quad (6)$$

$$S=\frac{(Max-Min)}{Max} \quad (7)$$

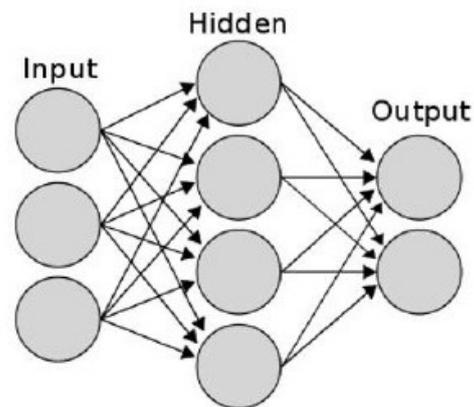
$$V=Max \quad (8)$$

Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik tertentu (Fausett, 1994). Arsitektur jaringan syaraf tiruan merupakan pola-pola hubungan antar neuron. Metode penentuan bobot-bobot pada hubungan itu disebut pelatihan (*training*) atau pembelajaran (*learning*). Fungsi aktivasi yang dijalankan masing-masing neuron pada masukan jaringan digunakan untuk menentukan sinyal keluaran. Setiap neuron memiliki aktivasi

berupa suatu fungsi dan masukan yang diterima, dan kemudian mengirimnya sebagai sinyal ke beberapa neuron yang lain.

Algoritma *backpropagation* sering digunakan pada JST. Algoritma *backpropagation* pada awalnya adalah hasil generalisasi aturan pembelajaran *Widrow-Hoff* pada jaringan dengan lapisan jamak dan fungsi transfer non-linier. Vektor masukan dan vektor keluaran yang berkorespondensi digunakan untuk melatih jaringan hingga fungsi mencapai nilai galat tertentu. Jaringan ini memiliki arsitektur lapisan jamak (*multilayer*) yaitu JST dengan lapisan input, satu atau lebih lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. JST ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur jaringan *backpropagation* (Fausett, 1994)

Tiga tahap pelatihan adapada JST *backpropagation* yaitu, pelatihan input yang berisi umpan balik (*feed forward*),

perhitungan nilai galat propagasi balik, dan penyesuaian bobot (Fausett, 1994).

Pengukuran Kinerja Sistem

Kinerja sistem diukur dengan menggunakan parameter konvergensi dan generalisasi. Konvergensi adalah tingkat kecepatan jaringan mempelajari pola input yang dinyatakan dalam satuan waktu atau satuan epoch. Satuan epoch adalah proses satu kali perulangan untuk melatih semua pasangan data pelatihan (Kusumadewi & Hartati, 2006). Generalisasi adalah tingkat pengenalan jaringan dalam mengenali sejumlah pola yang diberikan. Secara matematis generalisasi dapat ditulis pada persamaan (9) (Hoekstra, 1998).

$$G = \frac{\text{Jumlah pola yang dikenali}}{\text{Jumlah seluruh pola}} \times 100\% \quad (9)$$

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu untuk membuat program penentuan kematangan TBS kelapa sawit dengan *computer vision* dan jaringan syaraf tiruan (JST). Penelitian dimulai dengan pengambilan citra TBS kelapa sawit, mengekstraksi nilai RGB dan HSV dari citra TBS kelapa sawit, mencari nilai bobot dari citra database untuk pembuatan JST, dan membandingkan hasil klasifikasi TBS kelapa sawit menggunakan program dan pemanen.

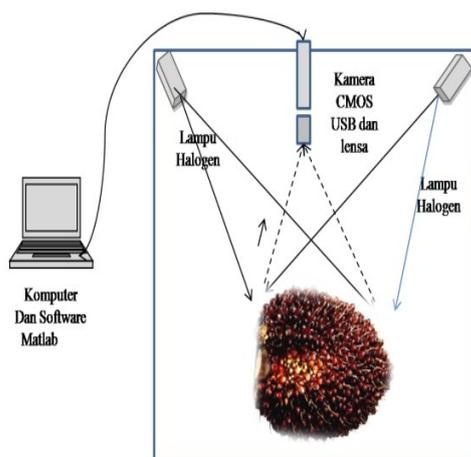
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah TBS kelapa sawit, komponen *computer vision* dan alat-alat elektroniknya. Sampel TBS kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari varietas tenera yaitu, marihata, topaz dan lonsum dengan 6 fraksi kematangan F0, F1, F2, F3, F4 dan F5. Untuk F0 dan F1 dikategorikan belum matang (*unripe*), F2 dan F3 dikategorikan matang (*ripe*) dan F4 dan F5 dikategorikan lewat matang (*overripe*) (Hafiz *et al.*, 2010).

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah perekaman citra TBS kelapa sawit varietas tenera dengan klon Marihata, Lonsum dan Topaz. Tingkat kematangan sampel TBS yang diambil diklasifikasi secara manual oleh pemanen yang berpengalaman. Klasifikasi ini akan dibandingkan dengan hasil klasifikasi JST. File dari citra TBS kelapa sawit ini disimpan dalam bentuk format BMP. Tahap kedua adalah pembuatan program untuk pengolahan citra TBS kelapa sawit. Program ini dibuat untuk menentukan nilai RGB dan HSV dari citra tersebut. Tahap ketiga adalah mencari nilai bobot citra untuk dijadikan database untuk pembuatan jaringan syaraf tiruan (JST). Masing-masing nilai bobot citra harus mendekati generalisasi 100%.

Tahap keempat adalah pembuatan JST dari nilai bobot yang telah ditentukan agar sistem dapat mengenali

sampel yang akan diuji. Tahap selanjutnya adalah persiapan klasifikasi menggunakan program RGB maupun HSV dengan beberapa jenis sampel TBS yang telah disediakan. Setelah keseluruhan TBS kelapa sawit diuji dengan program HSV dan RGB, perbedaan antara kedua program tersebut dianalisa. Perbandingan klasifikasi tingkat kematangan TBS kelapa sawit pemanen dan program JST akan dianalisa. Tahap terakhir adalah memperoleh kesimpulan dari eksperimen.

Skema penelitian untuk pengambilan citra TBS kelapa sawit diperlihatkan pada Gambar 3.



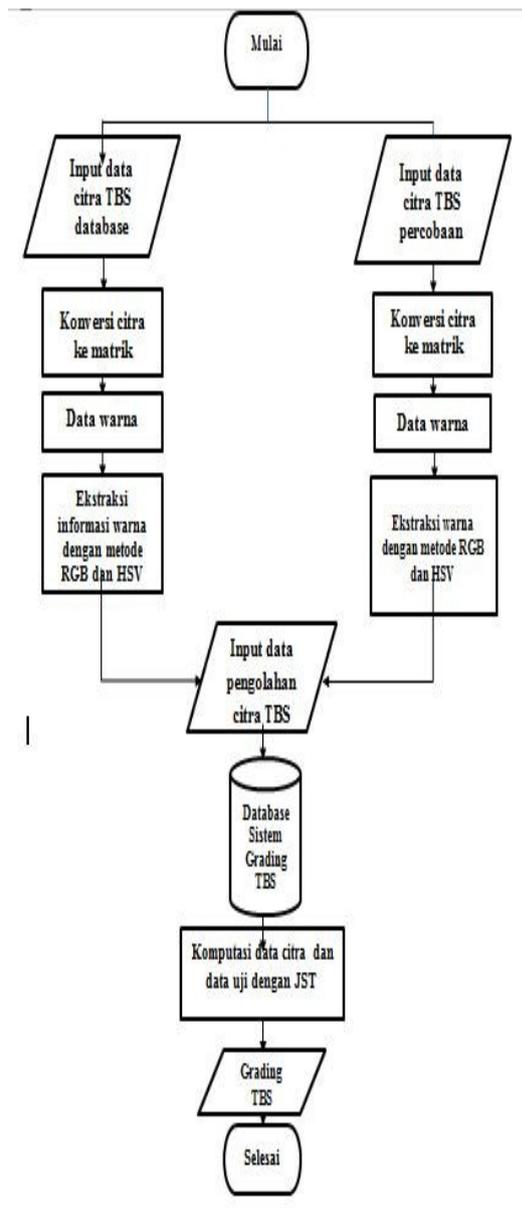
Gambar 3. Skema pengambilan citra TBS kelapa sawit.

Sistem *computer vision* ini terdiri dari dua lampu neon, satu kamera RGB, USB penghubung dan sebuah laptop/komputer. Pada penelitian ini digunakan kamera RGB merk *AmScope* dengan ukuran sensor 0,5 inch, ukuran pixel 2048 x 1536. Kamera digunakan untuk merekam citra TBS kelapa sawit.

Hasil rekaman citra disimpan dalam bentuk format BMP dengan gambar tampak sisi depan dan belakang pada bagian tengahnya. Data hasil citra TBS kelapa sawit ini yang akan dicari nilai matriknya

Program MATLAB

Program JST berbasis MATLAB dapat dilihat pada flowchart Gambar 4. Program digunakan untuk pembuatan menu klasifikasi kematangan TBS kelapa sawit yang berfungsi memanggil citra TBS sampel yang akan diuji. Proses pertama adalah membuka program klasifikasi ini dengan menginput database yang telah disiapkan dalam pembuatan JST sebelumnya.



Gambar 4. Flowchart Program

Data citra yang diinput dalam bentuk format BMP dan program MATLAB akan memanggil filenya ketika ingin diuji. Program JST ini diawali dengan menginput database citra program sebagai acuan dan data citra TBS yang akan diuji. Program secara otomatis mengkonversikan citra yang diinput kedalam nilai matriks RGB dan HSV tergantung jenis program yang digunakan.

Setelah proses konversi dilakukan, JST akan mengklasifikasi citra percobaan sesuai dengan database. Selanjutnya, program akan mengklasifikasi citra berdasarkan tiga kategori yang telah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kematangan TBS kelapa sawit secara otomatis menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) menggunakan nilai matriks RGB dan HSV. Penelitian ini menggunakan sistem *computer vision* yang terintegrasi dengan sistem grading TBS kelapa sawit. Foto *computer vision* ini dapat dilihat pada Gambar 5.

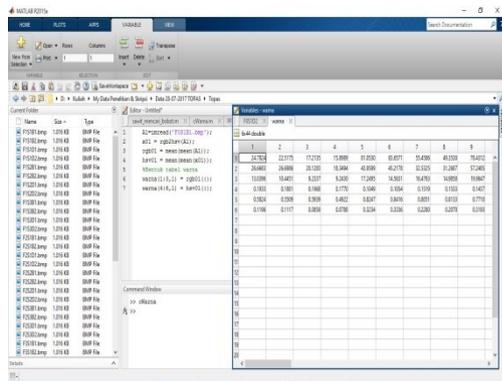


Gambar 5. Sistem *computer vision*

Sampel diletakkan didalam box berwarna hitam yang terbuat dari akrilik yang telah di *set* alat perekaman citra, dan jarak antara kamera kesampel 34 cm. Box digunakan untuk mengisolasi citra dari cahaya ruang. Pengambilan citra dilakukan saat box ditutup rapat dan cahaya lampu telah dihidupkan.

Pengolahan Citra MATLAB

Proses penentuan nilai RGB dan HSV menggunakan program dapat pada Gambar 6.

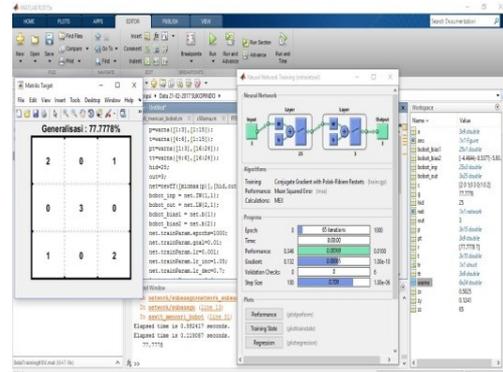


Gambar 6. Proses penentuan nilai RGB dan HSV

Pengolahan citra TBS kelapa sawit dilakukan dengan memasukkan algoritma kedalam program MATLAB. Pada menu home => new scripts, muncul kotak dialog yaitu editor untuk memasukkan algoritma RGB dan HSV dan citra TBS kelapa sawit. Kemudian algoritma tersebut disimpan dan dijalankan pada command window. Nilai R, G, B, H, S, dan V dapat dilihat pada variabel.

Penentuan Nilai Bobot Citra

Nilai bobot dari citra dicari menggunakan program berbasis MATLAB dengan cara memasukkan algoritmanya. Nilai bobot citra ini diperlukan untuk menjadi acuan dalam memilih suatu citra untuk menjadi database/data acuan dalam pembuatan JST. Nilai bobot ini diperlukan dalam program sebagai seberapa kuat JST bisa mengenali data acuan yang telah diolah. Proses mencari nilai bobot citra ini terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses mencari nilai bobot citra.

Pencarian nilai bobot citra menggunakan matriks 6x24. Dimana 24 adalah data matriks dalam bentuk hidden dan 3 adalah output yang akan dibaca oleh JST yang sedang diuji. Dapat dilihat generalisasi dari citra tersebut sebesar 77,7778%. Generalisasi diatas berbentuk kolom 3x3 yang mana menunjukkan baris pertama untuk kategori *unripe*, baris kedua *ripe* dan baris ketiga *over ripe*. Pada baris pertama dari 3 data yang menjadi output, 2 citra terdeteksi dengan benar dan 1 citra salah. Pada baris kedua, 3 citra terdeteksi benar dan pada baris ketiga, 2 citra terdeteksi benar dan 1 citra salah. Data citra ini lah yang nantinya akan dijadikan data acuan/database dalam grading TBS kelapa sawit.

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan Tingkat Kematangan

Pada penelitian ini jumlah total TBS yang diuji berjumlah 216 buah yang terdiri dari 3 jenis yaitu, Mihat, Lonsum dan Topas. Keseluruhan jenis TBS akan diuji dengan menggunakan sistem program

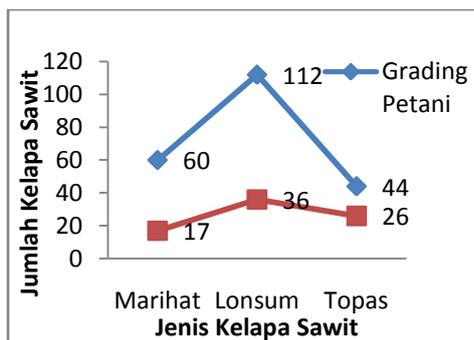
yang telah dibuat dengan besaran nilai RGB dan HSV.

JST RGB & Tingkat Kematangan

Pada pengujian ini 3 jenis TBS kelapa sawit akan diuji tingkat kematangannya berdasarkan program yang telah dibuat. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian program RGB dengan jenis TBS kelapa sawit.

Tabel 2. Program JST RGB

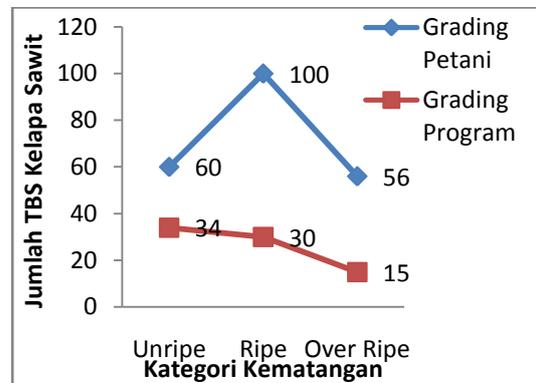
Fraksi	Marihah		%	Lonsum		%	Topas		%
	A	D		A	D		A	D	
F0	12	4	33.33%	8	6	75%	4	3	75%
F1	12	8	66.67%	12	4	33.33%	12	9	75%
F2	12	2	16.67%	16	10	62.50%	12	9	75%
F3	12	3	25%	36	4	11.11%	12	2	16.67%
F4	12	0	0%	28	8	28.57%	4	3	75%
F5				12	4	33.33%			
Total	60	17	28.33%	112	36	32.14%	44	26	59%



Gambar 8. Perbandingan Grading masing-masing jenis TBS oleh Sistem Program

Tabel 2 memperlihatkan bahwa secara keseluruhan dari jenis TBS yang diuji sistem program dapat mengenali tingkat kematangan tertinggi pada jenis TBS Topas yaitu mengenali 26 dari 44 sampel TBS yang disediakan atau sebesar 59%. Sedangkan jenis TBS yang paling kecil dikenali adalah jenis Marihat yaitu sebesar 28,33% atau mengenali 17 dari 60

sampel TBS yang disediakan. Perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 9. Grading TBS kategori Kematangan

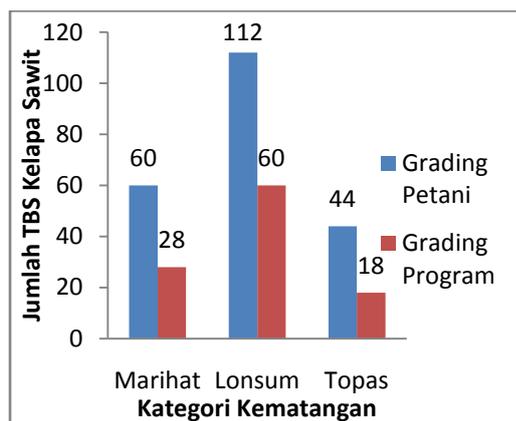
Gambar 9 diatas menjelaskan bahwa sistem program dominan lebih dapat mengenali pada kategori unripe yaitu sebesar 56,7% yaitu mengenali 34 dari 60 Sampel yang dikenali. Hal ini diakibatkan karena kategori unripe ini warna yang dominan adalah warna hitam yang lebih mudah dikenali oleh program. Sedangkan untuk kategori ripe dan over ripe hanya sebesar 30% dan 26,8%. Hal ini diakibatkan karena pada kategori ini warna RGB nya tidak ada yang dominan dan tidak konsisten sehingga program sulit mengenali sampel tersebut. Namun secara keseluruhan metode RGB ini dapat mengenali 36,6% atau sebesar 79 dari 216 sampel TBS Kelapa Sawit yang disediakan.

JST HSV & Tingkat Kematangan

Pada pengujian ini 3 jenis TBS Kelapa Sawit akan diuji tingkat kematangan nya berdasarkan program yang telah dibuat. Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian program HSV dengan jenis TBS kelapa sawit Lonsum.

Tabel 3. Program HSV

Fraksi	Marih		%	Lonsum		%	Topas		%
	A	D		A	D		A	D	
F0	12	9	75%	8	6	75%	4	4	100%
F1	12	0	0%	12	5	41.67%	12	10	83%
F2	12	7	58.33%	16	9	56.25%	12	0	0%
F3	12	12	100%	36	26	72.22%	12	0	0%
F4	12	0	0%	28	12	42.86%	4	4	100%
F5				12	2	16.17			
Total	60	28	46.67%	112	60	53.57%	44	18	40.91%

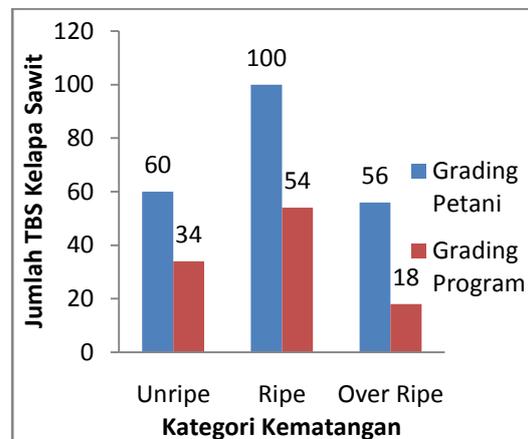


Gambar 10. Perbandingan grading masing-masing jenis TBS oleh sistem program.

Tabel 3 menjelaskan secara keseluruhan program HSV ini dapat mengenali seluruh TBS sampel yang disediakan sebesar 49,1% yaitu mengenali 106 dari 216 TBS kelapa sawit yang disediakan. Sedangkan jenis TBS yang paling tinggi gradingsnya adalah jenis Lonsum yaitu sebesar 53,57% yaitu

mengenali 60 dari 112 sampel TBS kelapa sawit yang disediakan.

Gambar 11 adalah hasil grading masing-masing fraksi dijadikan tiga kategori kematangan *unripe*, *ripe* dan *over ripe*. Hasil Grading TBS berdasarkan Kategori Kematangan dapat dilihat bahwa program HSV ini secara keseluruhan dapat mengenali 49,1% atau 106 dari 216 sampel TBS yang yang disediakan. Untuk grading tertinggi terdapat pada ketegori unripe sebesar 56,7% mengenali 34 dari 60 sampel TBS kelapa sawit yang disediakan. Sedangkan grading kategori terendah pada *over ripe* sebesar 32,1% mengenali 18 dari 56 sampel TBS yang disediakan.



Gambar 11. Hasil grading TBS berdasarkan kategori kematangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa kesimpulan dapat diambil dari hasil penelitian ini. Ekstraksi ciri dengan proses segmentasi warna berfungsi untuk mereduksi dimensi citra sehingga dihasilkan nilai sample mempresentasikan informasi citra untuk masukkan JST.

Perbandingan JST RGB dan HSV memperlihatkan bahwa program HSV lebih unggul dari RGB karena persentasi dalam mengenali HSV lebih besar dibandingkan RGB yaitu 49,07% berbanding 36,57%. RGB memprioritaskan warna yang dominan (R-G-B) untuk klasifikasi kematangan, sehingga keakuratannya kurang maksimal. Fungsi penglihatan salah satu cara tradisional yang tingkat keakurasiannya kurangnya efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- BACP. 2014. *Petunjuk Praktis: Budidaya Kelapa Sawit Ramah Lingkungan untuk Petani Kecil*. BACP-PanEco Booklet. www.ifc.org. Diakses pada tanggal 20 November 2017.
- Choi, K. 1995. Tomato maturity evaluation using color image analysis. *American Society of Agricultural Engineers* Vol.36: 171-176. 0001-2359/53801-0107.
- Eide, A., Jahren, C., Jorgensen, S., Lindblad, T., Lindsey, C.S., and Osterud, K. 1994. Eye Identification for face Recognition with Neural Networks. www.it.hiof.org. Diakses pada 10 November 2017.
- Fauset, L. 1994. *Fundamentals of Neural Networks (Architectures, Algorithms, and Application)*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Gonzales, R.C., Wood, R.E. 2002. *Digital Image Processing*, Second Edition. Prentice Hall, Inc, New Jersey.
- Groover, M. 2001. *Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*. (Ed. 2). New Jersey: Prentice Hall.
- Hafiz, M., Hazir, M., Rashid, A dan Amirrudin, M.D. 2011. Determination Of Oil Palm Fresh Fruit Bunch Ripeness – Based On Flavonoid And Antocyanin Content. *Elvesier Industrial Corps and Products*. 36 : 466-475.
- Hoekstra, A. 1998. Generalisation in Feed Forward Neural Classifier, *Dissertation* Netherlands: Delft Universiteit, Netherlands.
- Jaffar, A., Jamil, N., Low, C.Y., Abdullah, B. 2009. Photogrammetric Grading of Oil Palm Fresh Fruit Bunches. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*. Vol 9:10.
- Kusuma, S., Hartati, S. 2006. *Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Makky, M., Soni, P., dan Salokhe, V. M. 2014. Automatic non-destructive quality inspection system for oil palm fruits. *International Agrophysics*. 28: 319-329.
- Marcos, M.S.A.C., Sorjano, M.N., Saloma, C.A. 2005. Classification Of Coral Reef Images From Underwater Video Using Neural Networks. *Optical Society of America*.
- May, Z dan Amaran. 2011. Automated oil palm fruit grading system using artificial intelligence. *Int. J. Eng. Sci* 11: 30-35.

- Panigrahi, S. 2001. *Nondestructive Food Evaluation Techniques to Analyze Properties and Quality*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Pitas, I. 1993. *Digital Image Processing Algorithms*. Prent Hall, London.
- Warman, K. 2015. Identifikasi Kematangan Buah Jeruk dengan Teknik Jaringan Syaraf Tiruan. Teknik Pertanian USU. Medan. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. vol.3:2.
- Xu, Lu. 2013. Development and Experiment on automatic grading equipment for kiwi. Sichuan Agriculture University Ya'an China. *College of Information and Engineering Technology INMATEH*. Vol.4:1.
- Zhou Zhi-Hua, Jiang Yuan, Yang Yu-Bin, Chen Shi-F. 2002. Lung Cancer Cell Identification Based on Artificial Neural Network Ensembles. *Artificial Intelligence in Medicine*, vol.24, no.1, pp.25-36.

VISUALISASI STRUKTUR KRISTAL KERAMIK PEROVSKITE MENGGUNAKAN VESTA

Sundami Restiana¹, Ari Sulistyono Rini²

¹Mahasiswa Program Studi S-1 Fisika

²Dosen Jurusan Fisika,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Mochtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: sundamirestiana@gmail.com

ABSTRACT

Visualization of crystal structures and simulation of X-ray diffraction patterns of perovskite ceramic was successfully performed by VESTA software programs. The purpose of this research is to obtain the relation of lattice parameter, and composition to the diffraction pattern. The software program produces crystal structure information and a representative X-ray diffraction pattern for the ceramic materials. The program needs several input parameters such as the coordinates of each constituent atom, lattice parameters, and space symmetry. The obtained output of the software program are in the form of diffraction pattern graph and crystal structure data which gives the description of the profile and type (phase) of ceramic material. The results showed that the peak position and intensity of the diffraction pattern are influenced by the arrangement of the atoms within the unit cell. The addition of impurity atoms such as Sr on the Ba side in BaTiO₃ causes the BaTiO₃ structure changes from Orthorombic ($a \neq b \neq c$) to Tetragonal ($a = b \neq c$) structure. Based on the simulation, it can be predicted that the critical concentration of the change of structure occur at Sr concentration about 0.4.

Keywords : Visualization, Simulation, X-ray diffraction, VESTA, and RIETAN-FP.

ABSTRAK

Visualisasi struktur kristal dan simulasi pola difraksi sinar-X dari keramik perovskite telah berhasil dilakukan dengan menggunakan program software VESTA. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan hubungan antara parameter kisi, dan komposisi terhadap perubahan pola difraksi puncak. Program software tersebut menghasilkan informasi bentuk struktur kristal dan pola difraksi sinar-X yang representatif untuk keramik BaTiO₃ dan Ba_{1-x}Sr_xTiO₃. Program ini membutuhkan input berupa koordinat masing-masing atom penyusun, parameter kisi, dan simetri ruang. Keluaran yang diperoleh berupa grafik pola difraksi dan data struktur kristal yang memberikan gambaran profil dan jenis (fase) bahan keramik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi puncak dan intensitas pola difraksi dipengaruhi oleh susunan atom dalam sel satuan. Penambahan atom pengotor seperti Sr pada sisi Ba dalam BaTiO₃ menyebabkan terjadinya perubahan struktur BaTiO₃ dari Orthorombik ($a \neq b \neq c$) menjadi Tetragonal ($a = b \neq c$). Berdasarkan hasil simulasi, dapat diprediksi bahwa konsentrasi kritis perubahan struktur terjadi pada konsentrasi Sr 0,4.

Kata kunci : Visualisasi, simulasi, difraksi sinar-X, VESTA, dan RIETAN-FP.

PENDAHULUAN

Visualisasi struktur baik kristal dan elektronik memegang peranan penting untuk menerangkan sifat-sifat bahan/material. Sifat material dibangun

atas dua konsep utama yaitu konsep struktur kristal atom dan konsep perlakuan terhadap bahan. Pengetahuan struktur kristal dari suatu bahan secara tidak

langsung dapat memberikan informasi sifat-sifat bahan (Surdia dan Saito, 2005).

XRD merupakan suatu metode karakteristik material yang paling mendasar dan paling banyak digunakan untuk menganalisis struktur kristal zat padat. Teknik ini tidak hanya digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material tetapi juga komposisi fasa, struktur kristal dan mikrostruktur fasa-fasa didalamnya (Mittemeijer dan Scardi, 2013).

Penentuan struktur kristal secara manual memiliki kelemahan dari segi waktu dan akurasi. Suatu program komputer. Penentuan struktur kristal secara manual Analisis struktur dengan menggunakan program komputer untuk dapat dilakukan dengan lebih cepat dan hasil akhir yang dikeluarkan komputer juga dapat diandalkan. Analisis struktur yang sering dilakukan adalah yang berbasis *structure refinement* menggunakan metode Rietveld (Rietveld, 1969).

Metode Rietveld dapat digunakan sebagai alat bantu karakteristik material kristalin untuk mengekstraksi berbagai informasi kimiawi maupun struktur mikro sebagai contoh analisis komposisi fasa dan menentukan parameter kisi secara akurat (O'Connor dan Pratapa, 2002). Beberapa software metode Rietveld yang dapat digunakan untuk menganalisa struktur kristal yaitu XRS-82 (*The X-rays Rietveld*

System-82), FullProf, RIETAN-FP dan GSAS (*General Structure Analysis System*).

Keramik merupakan senyawa antara logam dan non logam yang memiliki bentuk struktur kristal yang menarik untuk dipelajari. Simulasi pola difraksi sinar-X telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh yaitu mensimulasikan pola difraksi sinar-X berbagai jenis mineral zeolit alam dengan program RIETAN-FP (Suminta, 2003). Berdasarkan visualisasi struktur keramik yang telah didapat, diharapkan dapat dijadikan rujukan untuk menganalisa struktur-struktur material yang belum diketahui struktur kristalnya. Visualisasi struktur kristal masih jarang digambarkan secara jelas sehingga sulit memahami dan mempelajari struktur kristal. Dalam penelitian ini dilakukan visualisasi struktur kristal perovskite dengan menggunakan software VESTA dengan variasi komposisi.

LANDASAN TEORI

Struktur Kristal

Sifat dan karakteristik dalam zat padat ditentukan oleh struktur kristal yang terdapat dalam material tersebut. Terdapat 7 macam sistem kristal dan kisi Bravaisnya (Kittel, 1986) yang digolongkan berdasarkan jumlah sumbu kristal, letak sumbu kristal yang satu dengan yang lain, parameter yang digunakan untuk masing-

masing sumbu kristal dan jumlah grup ruang yang diadopsi. Adapun ketujuh sistem kristal tersebut adalah seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sistem kristal, parameter kisi, kisi Bravais dan jumlah grup ruang

SISTEM KRISTAL	PARAMETER KISI	KISI BRAVAIS	JUMLAH GRUP RUANG
Triklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	P	2
Monoklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\neq \beta$	P, C	13
Ortorombik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	P, I, C, F	59
Tetragonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	P, I	68
Kubus	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	P, I, F	36
Rhombohedral /Trigonal	$a = b = c$ $120^\circ > \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	R	25
Hexagonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	P	27

Difraksi Sinar-X

Difraksi sinar-X terjadi apabila seberkas sinar-X monokromatik dikenakan pada sebuah kristal sehingga atom-atom dalam kristal tersebut akan terhambur ke segala arah. Menurut Bragg, interferensi konstruktif terjadi bila panjang lintasan yang ditempuh sinar hamburan sejajar atau dengan kata lain selisih jejak sinar harus kelipatan bialngan bulat dari panjang gelombang (λ) yang dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut (Beiser, 1995).

$$n\lambda = 2 d_{hkl} \sin \theta \quad (1)$$

Untuk menentukan struktur atom dari suatu kristal kubus sederhana dengan indeks miller (hkl) dan panjang kisi a jarak lintasan d_{hkl} dapat dituliskan sebagai berikut :

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}} \quad (2)$$

Sejumlah kontribusi dari seluruh atom dalam kisi dan hamburan terhadap posisi x,y,z didefinisikan sebagai faktor struktur yang dinyatakan dengan rumus berikut :

$$F = \sum_n f_n e^{2\pi i (h\hat{x}+k\hat{y}+l\hat{z})} \quad (3)$$

dimana intensitas $I \sim |F|^2$

Intensitas berkas difraksi tidak hanya bergantung pada faktor struktur $|F|^2$, tetapi ada faktor lain yaitu faktor *multiplicity* (P), faktor polarisasi Lorentz (L), dan faktor suhu (e^{-2M}) (Suryanarayana, 1998).

$$I = F^2 \cdot P \left(\frac{1+\cos^2 2\theta}{\sin^2 \theta \cos \theta} \right) e^{-2M} \quad (4)$$

Perovskite $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$

$BaTiO_3$ (Barium titanat) mempunyai struktur kristal perovskite, di mana terdapat satu atom barium, satu atom titanium dan tiga atom oksigen. Ba dan Ti adalah kation besar yang dapat membentuk struktur rapat bersamaan dengan oksigen. Barium titanat memiliki sifat-sifat yang unik di mana sifat-sifat tersebut berubah seiring dengan perubahan struktur kristalnya. Dalam struktur ini dimungkinkan untuk

mensubstitusi sebagian dari kation-kationnya seperti dalam $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$. $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ merupakan hasil campuran reaksi bahan barium karbonat, strontium karbonat dan titanium oksida.

VESTA dan MATCH!3

VESTA merupakan sebuah sistem visualisasi tiga dimensi dalam bahasa pemrograman C++ berdasarkan teknologi OpenGL untuk analisis elektronik dan struktural yang dikembangkan oleh Koichi Momma dan Fujio Izumi selama tahun 2001-2004 (**F. Izumi dan K. Momma, 2011**). Objek berupa atom, ikatan, koordinasi polyhedra, isosurfaces, dll dapat diputar, diskalakan, dan diterjemahkan dengan cepat dalam tiga dimensi. Skalabilitas dari VESTA sangat tinggi yang memungkinkan untuk menangani jumlah benda tak praktis yang hampir tak terbatas seperti atom, ikatan, polyhedra dan poligon pada isosurfaces asalkan kapasitas memori sudah cukup. Batas gambar didefinisikan oleh rentang sepanjang sumbu x, y dan z serta bidang kisi (**F. Izumi dan K. Momma, 2011**).

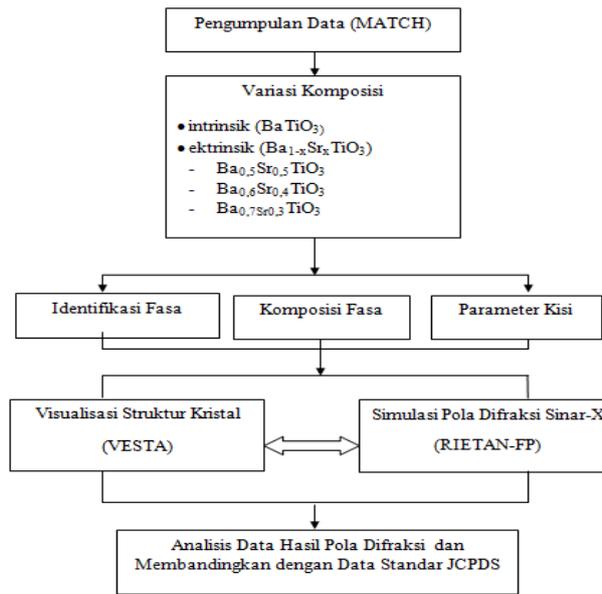
VESTA dapat mensimulasikan pola difraksi serbuk dengan mudah melalui prosedur "**Powder Diffraction Pattern**" di bawah menu "**Utilities**". VESTA bertindak sebagai mediator antar struktur analisis dan kalkulasi struktur elektronik. Kesemua fitur canggih dan performa tinggi yang terdapat

dalam program software VESTA diharapkan dapat memberikan kontribusi banyak untuk investigasi struktur kristal dan elektronik. Untuk melakukan visualisasi data yang diperlukan berupa koordinat atom penyusun di dalam kisi kristal, parameter kisi, dan group ruang.

Data lengkap parameter struktur kristal dari beberapa jenis keramik diambil dari database JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standar*), yaitu suatu badan pengumpulan data eksperimen difraksi sinar-X dari berbagai sumber yang dapat ditelusuri asal-usul dan kebenaran datanya. Database ini dapat ditemukan pada software MATCH!3 yang merupakan sebuah perangkat lunak yang mudah digunakan untuk identifikasi fasa dari data difraksi serbuk.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mensimulasikan struktur keramik perovskite $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ (BST) dengan variasi komposisi dan menganalisis pola-pola puncak difraksinya. Sampel yang digunakan berasal dari database JCPDS yang telah tervalidasi dan dapat ditelusuri asal-usul datanya. Data JCPDS yang digunakan diambil dari database software MATCH berupa bentuk struktur kristal dan parameter kisi.

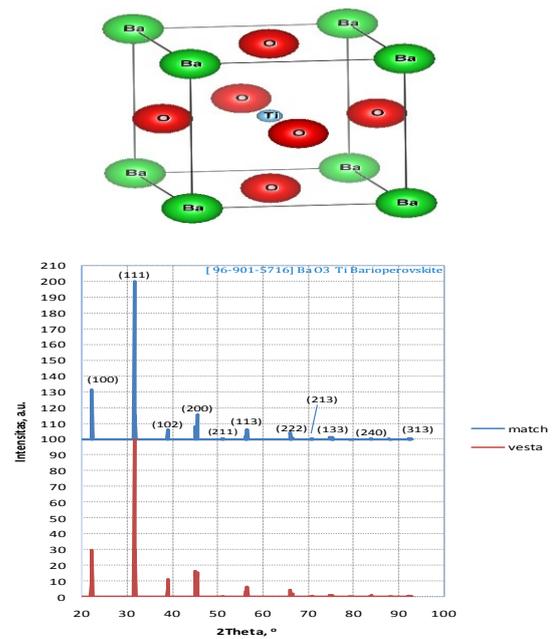


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

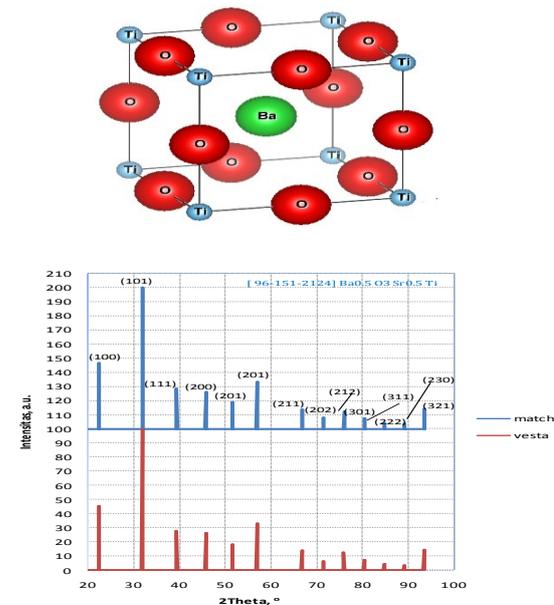
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan pada bab ini menampilkan hasil visualisasi struktur kristal dan simulasi pola difraksi sinar-X dari keramik perovskite BST dengan 3 variasi komposisi yaitu $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$; $Ba_{0,6}Sr_{0,4}TiO_3$ dan $Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO_3$

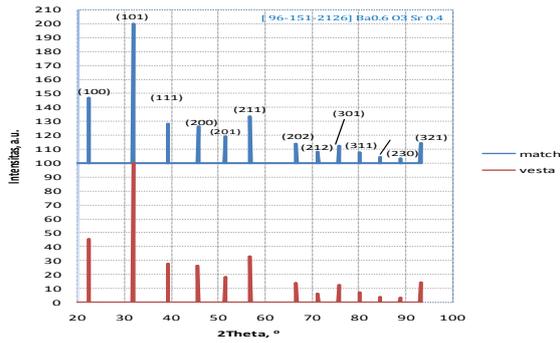
Komposisi atom penyusun yang berbeda akan menghasilkan pergeseran pola-pola puncak difraksi dan bentuk struktur yang berbeda. Analisis dilakukan dengan membandingkan pola difraksi sinar-X untuk senyawa murni sebelum didopping yaitu $BaTiO_3$ dengan senyawa yang telah didopping yaitu $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$. Hasil visualisasi struktur kristal untuk variasi komposisi serta bentuk pola difraksi sinar-X dapat dilihat sebagai berikut :



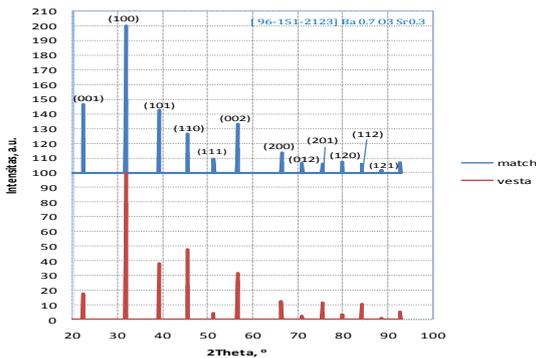
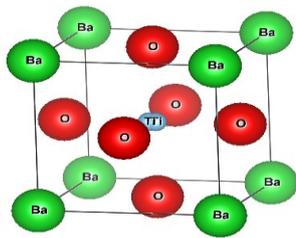
Gambar 2. Visualisasi struktur kristal $BaTiO_3$ dan pola difraksinya.



Gambar 3. Visualisasi struktur kristal $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ dan pola difraksinya



Gambar 4. Visualisasi struktur kristal $Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$ dan pola difraksinya



Gambar 5. Visualisasi struktur kristal $Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO_3$ dan pola difraksinya

Hasil simulasi pola difraksi sinar-X yang dibuat menunjukkan kesesuaian antara puncak-puncak hasil simulasi dengan puncak-puncak data referensi standar JCPDS, artinya visualisasi yang dibuat telah benar. Setelah didapatkan visualisasi yang benar kemudian dianalisis pengaruh perubahan struktur terhadap perubahan komposisi.

Komposisi penambahan Sr_x yang berbeda-beda yaitu ($x= 0,3; 0,4$ dan $0,5$) mengakibatkan terjadinya perubahan pada parameter kisi dan juga pergeseran puncak maksimum pola difraksi ke arah sumbu x . Berikut ini disajikan pada Tabel 4.8 bentuk struktur dan harga parameter kisi hasil simulasi $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$.

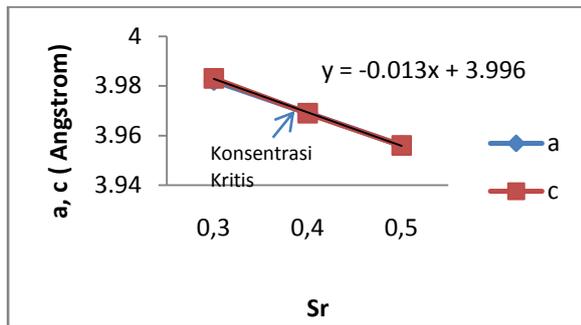
Tabel 2 Bentuk struktur dan harga parameter kisi hasil simulasi $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$

Senyawa	Struktur	Parameter Kisi		
		a (Å)	b (Å)	c (Å)
$BaTiO_3$	Orthorombik	4,0094	5.6214	5.6386
$Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO_3$	Tetragonal	3,9820	3,9820	3,9830
$Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$	Kubik	3,9690	3,9690	3,9690
$Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$	Kubik	3,9560	3,9560	3,9560

Semakin besar harga x dalam senyawa $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, strukturnya akan cenderung berubah menjadi Tetragonal ($a = b \neq c$) dan akhirnya menjadi Kubik ($a = b = c$). Perubahan struktur ini diikuti dengan perubahan parameter kisinya, disatu sisi memendek dan sisi lain memanjang. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan untuk membentuk struktur yang memiliki kerapatan atom per volume kisi yang tinggi (Hidayati, 1995).

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat diprediksi konsentrasi kritis terjadinya perubahan struktur tersebut dengan memplot parameter kisi terhadap

konsentrasi Sr yaitu pada konsentrasi sekitar 0,4.



Gambar 6. Grafik Plot Sr vs parameter kisi a dan c

KESIMPULAN

Visualisasi struktur kristal dan simulasi pola difraksi sinar-X dari keramik perovskite telah berhasil dilakukan dengan menggunakan program software VESTA. Pada variasi komposisi, perubahan Sr pada sisi Ba dalam $BaTiO_3$ menyebabkan terjadinya perubahan struktur $BaTiO_3$ dari Orthorombik ($a \neq b \neq c$) menjadi Tetragonal ($a = b \neq c$). Semakin besar harga x dalam senyawa $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ maka strukturnya akan cenderung berubah dari Orthorombik ($a \neq b \neq c$) menjadi Tetragonal ($a = b \neq c$) dan akhirnya menjadi Kubik ($a = b = c$).

DAFTAR PUSTAKA

Beiser, Arthur. 1995. *Fisika Modern*. Erlangga : Jakarta.

K. Momma and F. Izumi. 2011. VESTA : a Three- Dimensional Visualization of Crystal, volumetric and morphology data. *J. Appl. Crystallogr.* 44. 1272-1276.

Kittel, C. 1986. *Introduction to Solid State*, 7th ed., John Willey and Sons Inc : New York

Mittemeijer, E. J dan Scardi, P.2013. *Diffraction Analysis of the Microstructure of Materials*. Spring Science & Business Media.

O'Connor, B. H dan Pratapa, S. 2002. Improving the Accuracy of Rietveld-derived Lattice Parameters by an Order of Magnitude. *Advances X-Ray Analysis*, Vol. in Press.

Rietveld, H. M.1969. A Profile Refinement method for Nuclear and Magnetic Structure. *Journal of Applied Crystallography*. Vol.2 : pp 65-71.

Suminta, Supandi. 2003. Simulasi Pola Difraksi Sinar-X Berbagai Jenis Mineral Zeolit Alam dengan Program RIETAN. *Jurnal of Indonesia Zeolites* Vol. 2 No 1 : 46-48.

Surdia, T dan Saito, S. 2005. *PENGETAHUAN BAHAN TEKNIK*. PT. PRADNYA PARAMITA : Jakarta.

Suryanarayana, C. dan Norton, M. G.1998. *X-Ray Diffraction*. Plenum Press : New York.

ANALISA TINGKAT RESAPAN TANAH BERDASARKAN PENGUKURAN PERMEABILITAS TANAH (Studi Kasus Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru)

Usman Malik¹, Indra Gunawan², Juandi, M³

^{1,3}Dosen Jurusan Fisika

²Mahasiswa Program Studi SIFisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: usman.malik@lecturer.unri.ac.id

indragoenawan22@gmail.com

ABSTRACT

Research was conducted to analyze the soil absorption level based on measurements of soil permeability in District Tampan Pekanbaru City, by taking soil samples for 16 units in four villages namely Simpang Baru, Delima, Tuah Karya, and Sidomulyo Barat which consists of four research blocks. Data inputted into the surfer's software 11 to be processed so as to produce a contour map of soil absorption level. The results that highest soil absorption of the land in Tuah Karya Village of 108,090.50 m³/year whereas lowest soil absorption of the land in Simpang Baru Village of 91,149.35 m³/year. High soil absorption level caused by open spaces area was large and the amount of rainfall that absorbed into the soil and soil absorption coefficient was high. While the low soil absorption level caused by open spaces area was small and the least rainfall that absorbed into the soil and the soil absorption coefficient is low.

Keywords: soil absorption level, soil permeability, open spaces area, rainfall, soil absorption coefficient.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menganalisa tingkat resapan tanah berdasarkan pengukuran permeabilitas tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru, dengan mengambil sampel tanah sebanyak 16 buah di empat kelurahan yakni Kelurahan Simpang Baru, Delima, Tuah Karya, dan Sidomulyo Barat yang terdiri dari empat blok lokasi penelitian. Data yang diperoleh diinput ke dalam software surfer 11 untuk diproses sehingga menghasilkan peta kontur tingkat resapan tanah. Hasil yang diperoleh bahwa resapan tanah tertinggi yaitu terdapat di Kelurahan Tuah Karya sebesar 108.090,50 m³/tahun sedangkan resapan tanah terendah terdapat di Kelurahan Simpang Baru sebesar 91.149,35 m³/tahun. Tingkat resapan tanah yang tinggi disebabkan oleh luas lahan terbuka yang besar dan banyaknya curah hujan yang diresap ke dalam tanah serta koefisien resapan tanahnya tinggi. Sedangkan tingkat resapan tanah yang rendah disebabkan oleh luas lahan terbuka yang kecil dan sedikitnya curah hujan yang diresap ke dalam tanah serta koefisien resapan tanahnya rendah.

Kata kunci: Tingkat resapan tanah, permeabilitas tanah, luas lahan terbuka, curah hujan, koefisien resapan tanah.

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan sumber daya yang sangat penting dalam penyediaan air di Indonesia. Penggunaan air tanah sangat luas dan memenuhi sekitar 60% dari kebutuhan penduduk terhadap air baik untuk irigasi, industri, air minum, mandi, cuci, kakus, dan lain-lain. Ketersediaan air tanah di setiap daerah ditinjau dari distribusinya tidak selalu sama, ada daerah dengan potensi air yang sangat besar tetapi ada pula yang potensinya sangat kecil serta bergantung pada besar kecilnya curah hujan.

Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer. Apabila pada awal terjadinya hujan tanah dalam keadaan kering, sejumlah air hujan akan diserap untuk membasahi butiran-butiran tanah dan laju peresapan tinggi, sedangkan jika hujan masih berkelanjutan maka kapasitas tanah untuk menyerap air semakin menurun.

Resapan air tanah merupakan faktor yang sangat penting pada proses terbentuknya air tanah yang berfungsi sebagai penyeimbang atau penentu terpeliharanya kelestarian air tanah. Pengambilan air tanah yang banyak dan melampaui jumlah rata-rata dapat

menyebabkan penurunan permukaan air tanah secara kontinu dan pengurangan potensi air tanah di dalam akuifer dan hal ini akan memicu terjadinya dampak negatif seperti penurunan kualitas air tanah dan penurunan permukaan tanah.

Daerah Provinsi Riau khususnya di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru merupakan wilayah yang cukup luas yaitu 59,81 km² atau 9,46% dari luas wilayah Kota Pekanbaru serta perkembangan penduduk dan perekonomiannya semakin meningkat (**Badan Pusat Statistik Provinsi Riau, 2014**). Faktor tersebut yang menyebabkan perubahan fungsi tata guna lahan. Sebagian besar lahan terbuka maupun hutan telah menjadi sejumlah area pemukiman, fasilitas umum pertokoan, dan perindustrian. Dampak dari perubahan tata guna lahan tersebut adalah meningkatnya limpasan permukaan langsung dan menurunnya daerah resapan air tanah.

Memanfaatkan potensi air tanah yang tersedia, perlu adanya studi tentang tingkat resapan tanah guna mengetahui dan menentukan besarnya potensi resapan air tanah. Potensi air tanah pada dasarnya merupakan jumlah air yang ada perkapita dalam kurun waktu tahunan (**Purnama dkk, 2007**). Penentuan potensi air tanah selalu mengacu pada ketersediaan air tanah dan kualitas air tanah (**Hidayat, 2008**).

Perhitungan resapan air tanah perlu mempertimbangkan sifat fisis tanah/batuan dan lokasi yang ada. Harga resapan tanah bergantung kepada curah hujan, luas lahan terbuka, dan koefisien resapan tanah atau batuan di suatu daerah (M Juandi, R Syech , 2018)

Pemanfaatan parameter fisis permeabilitas tanah untuk mengukur cepat lambatnya air melewati pori-pori tanah dapat digunakan untuk menentukan harga resapan air tanah, yang mana permeabilitas adalah sifat bahwa zat cair dapat mengalir melalui bahan berpori. Permeabilitas adalah cepat lambatnya air merembes ke dalam tanah baik melalui pori makro maupun pori mikro baik ke arah horizontal maupun vertikal. Sifat tanah yang memungkinkan air melewatinya pada berbagai laju alir tertentu disebut permeabilitas tanah. Sifat ini berasal dari sifat alami granular tanah, meskipun dapat dipengaruhi oleh faktor lain (seperti air terikat di tanah liat). Jadi, tanah yang berbeda akan memiliki permeabilitas tanah yang berbeda pula (M Juandi, dan S Syahril ,2017).

Permeabilitas tanah dalam keadaan jenuh dapat ditentukan mengikuti cara yang didasarkan pada Hukum Darcy.

$$k = \frac{V \times L}{A \times h \times t} \quad (1)$$

dimana k adalah permeabilitas tanah (m/s), V adalah volume tampung air (m³), L

adalah panjang sampel tanah (m), A adalah luas permukaan sampel tanah (m²), h adalah tinggi air dari permukaan sampel tanah (m), dan t adalah waktu penampungan (detik).

Tabel 1. Hubungan permeabilitas dengan nilai koefisien resapan tanah (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1993)

No	Permeabilitas	Koefisien resapan	Deskripsi	Nilai
1	Cepat (>30)	0,3	Sangat tinggi	5
2	Agak cepat (15 – 30)	0,25	Tinggi	4
3	Sedang – cepat (7 – 15)	0,15	Sedang	3
4	Agak lambat (2 – 7)	0,1	Rendah	2
5	Lambat (<2)	0	Sangat rendah	1

Tabel 1 dapat digunakan untuk menentukan hubungan permeabilitas tanah dengan koefisien resapan tanah berdasarkan deskripsi cepat atau lambatnya air merembes ke dalam pori-pori tanah.

Tabel 2. Klasifikasi permeabilitas tanah menurut Uhland dan O’Neil (dalam LPT, 1979)

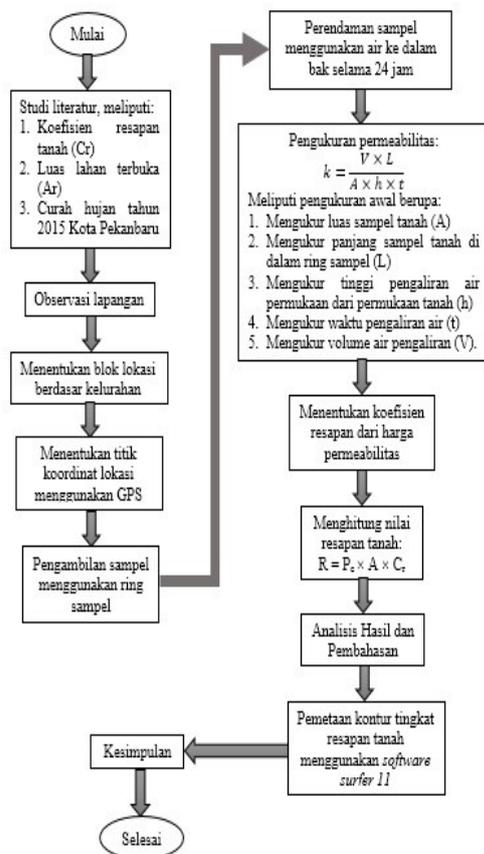
No	Kelas	Permeabilitas (cm/jam)
1	Sangat lambat	< 0,125
2	Lambat	0,125 – 0,50
3	Agak lambat	0,50 – 2,00
4	Sedang	2,00 – 6,25
5	Agak cepat	6,25 – 12,50
6	Cepat	12,50 – 25,00
7	Sangat cepat	> 25,00

Klasifikasi nilai permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 ini menunjukkan seberapa cepat air dapat melewati pori-pori tanah.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru sedangkan pengolahan data sampel tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi FMIPA UR. Metode yang dilakukan untuk menguji sampel tanah yaitu dengan mengalirkan air ke alat pengukur permeabilitas tanah.

Data yang diperoleh dari penelitian untuk menentukan tingkat resapan tanah berupa data literatur, lapangan, dan laboratorium. Prosedur penelitian ini ditunjukkan oleh bagan penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan tingkat resapan tanah di empat Kelurahan Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru yaitu Kelurahan Simpang Baru, Delima, Tuah Karya, dan Sidomulyo Barat. Tingkat resapan tanah yang tinggi yaitu sebesar 155.000 m³/tahun, sedangkan tingkat resapan tanah yang rendah yaitu sebesar 35.000 m³/tahun.

Kelurahan Simpang Baru memiliki tingkat resapan tanah terendah dibandingkan Kelurahan Delima dan Sidomulyo Barat. Meskipun luas lahan terbuka yang tersedia lebih besar yaitu 2,67 km² dibandingkan Kelurahan Delima yaitu 2,42 km² akan tetapi koefisien resapan tanah di Kelurahan Simpang Baru lebih rendah. Sementara itu di Kelurahan Sidomulyo Barat lahan terbuka yang tersedia lebih besar yaitu 2,85 km² dibandingkan Kelurahan Delima dan Simpang Baru, akan tetapi harga koefisien resapan tanah yang dimilikinya lebih rendah dibandingkan dengan ketiga Kelurahan lainnya. Hal inilah yang menyebabkan lambatnya air diresap oleh tanah di daerah Kelurahan Sidomulyo Barat.

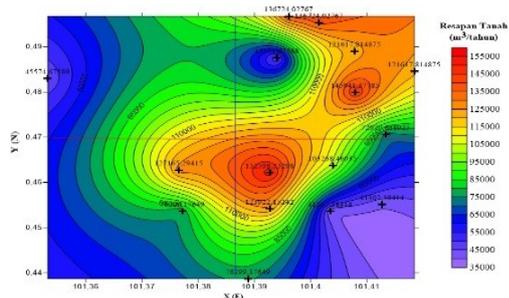
Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan tingkat resapan tanah di setiap Kelurahan di Kecamatan Tampan

Kota Pekanbaru dengan perbedaan warna di setiap Kelurahan.



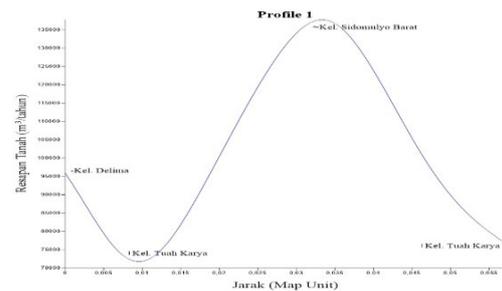
Gambar 2. Grafik perbandingan nilai resapan tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru

Gambar 2 menjelaskan bahwa pada garis vertikal berwarna biru di dalam kontur menginterpretasikan penampang lintang Utara ke Selatan sedangkan garis horizontal berwarna merah mewakili penampang bujur Barat ke Timur.



Gambar 3. Profil peta kontur tingkat resapan tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru

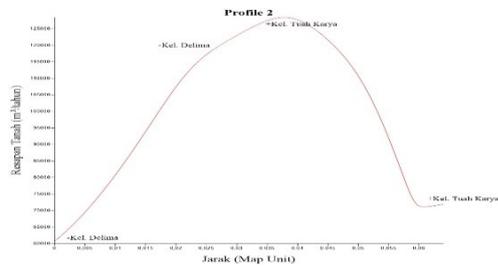
Keluaran yang dihasilkan dari Gambar 3 yaitu berupa Profil 1 dan Profil 2 yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Profil penampang lintang Utara ke Selatan

Gambar 4 menunjukkan tingkat resapan tanah turun naik turun. Jarak 0 map unit sampai dengan 0,01 map unit tingkat resapan tanah menurun di daerah Kelurahan Tuah Karya. Kemudian pada jarak 0,01 map unit sampai dengan 0,035 map unit tingkat resapan tanah naik drastis mencapai titik resapan tanah 135.000 m³/tahun di kawasan Kelurahan Sidomulyo Barat. Akhirnya pada jarak 0,035 map unit hingga 0,055 map unit tingkat resapan tanah turun secara eksponensial mencapai titik resapan tanah 75.000 m³/tahun di kawasan Kelurahan Tuah Karya. Kenaikan tingkat resapan tanah yang drastis disebabkan oleh banyaknya curah hujan yang masuk ke dalam tanah pada daerah penampang tersebut dan koefisien resapannya yang tinggi. Sedangkan penurunan tingkat resapan tanah secara eksponensial disebabkan oleh sedikitnya curah hujan yang dapat masuk ke dalam tanah dan pada waktu yang lama di daerah penampang tersebut banyak limpasan air

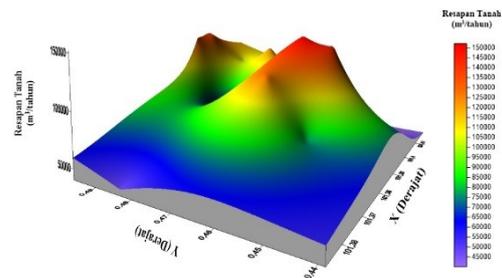
permukaan sehingga saat terjadinya hujan kembali tanah pada daerah ini lambat menyerap air sehingga koefisien resapannya rendah.



Gambar 5. Profil penampang bujur Barat ke Timur

Gambar 5 menunjukkan tingkat resapan tanah yang cenderung naik kemudian turun. Jarak 0 map unit hingga 0,04 map unit tingkat resapan tanah mengalami kenaikan yang cukup tinggi mencapai puncak resapan tanah 125.000 m³/tahun di kawasan Kelurahan Tuah Karya. Sedangkan pada jarak 0,04 map unit hingga 0,06 map unit tingkat resapan tanah mengalami penurunan mencapai titik resapan tanah 70.000 m³/tahun kemudian tingkat resapan tanah tampak akan mengalami kenaikan di kawasan Kelurahan Tuah Karya. Kenaikan tingkat resapan tanah yang cukup tinggi disebabkan oleh banyaknya curah hujan yang masuk ke dalam tanah pada daerah penampang tersebut dan dalam waktu yang lama tanah di kawasan ini mengalami kekeringan sehingga saat terjadinya hujan tanah akan cepat menyerap air sehingga koefisien resapan tanahnya tinggi.

Sedangkan penurunan tingkat resapan tanah pada daerah yang dibatasi penampang bujur disebabkan oleh sedikitnya curah hujan yang dapat masuk ke dalam tanah pada daerah penampang dan koefisien resapan tanah yang rendah pada kawasan tersebut.



Gambar 6. Pemetaan tingkat resapan tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru dalam tampilan 3D

Gambar 6 merupakan peta kontur tingkat resapan tanah dalam tampilan 3D. Tingkat resapan tanah yang tinggi ditunjukkan oleh warna oranye pada puncak-puncak kontur dengan tingkat resapan tanah yaitu sebesar 150.000 m³/tahun, sedangkan tingkat resapan tanah yang rendah ditunjukkan oleh skala warna ungu pada lembah-lembah kontur dengan tingkat resapan tanah yaitu sebesar 45.000 m³/tahun.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa tingkat resapan tanah berdasar pengukuran permeabilitas tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru,

maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat resapan tanah di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru memiliki kategori sedang dengan besar antara 0,00289 m³/sekon hingga 0,00343 m³/sekon.
2. Tingkat resapan tanah rata-rata tertinggi terletak di Kelurahan Tuah Karya dengan besar resapanyaitu 108.090,50 m³/tahun. Sedangkan tingkat resapan tanah terendah terletak di Kelurahan Simpang Baru, dengan besar resapan yaitu 91.149,35 m³/tahun.
3. Penampang lintang Utara ke Selatan pada profil 1 menunjukkan tingkat resapan tanah turun naik lalu turun secara eksponensial. Kenaikan ini disebabkan oleh banyaknya curah hujan yang masuk ke dalam tanah pada daerah batasan penampang tersebut. Sedangkan penurunan secara eksponensial ini disebabkan oleh sedikitnya curah hujan yang dapat masuk ke dalam tanah dan pada waktu yang lama di daerah batasan penampang tersebut banyak limpasan air permukaan sehingga saat terjadi hujan kembali tanah semakin lambat menyerap air.
4. Penampang bujur Barat ke Timur pada profil 2 menunjukkan tingkat resapan tanah yang cenderung naik kemudian turun. Kenaikan tingkat resapan tanah

pada batasan penampang daerah ini disebabkan oleh banyaknya curah hujan yang masuk ke dalam tanah dan dalam waktu yang lama tanah di kawasan ini mengalami kekeringan sehingga saat terjadinya hujan tanah akan cepat meresapkan air. Sedangkan penurunan tingkat resapan tanah disebabkan oleh sedikitnya curah hujan yang masuk ke dalam tanah dan koefisien resapan tanahnya rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Drs. Usman Malik, M.Si yang bersedia membimbing dan memberikan saran serta keikhlasan waktu dan ide kepada penulis demi kesempurnaan penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- M Juandi, S Syahril - Water Practice and Technology, 2017, Empirical relationship between soil permeability and resistivity, and its application for determining the groundwater gross recharge in Marpoyan Damai, Pekanbaru, Indonesia, *Journal Water Practice and Technology*, Volume 12, Issue 3.
- M Juandi, R Syech, 2018. The Ground Water Recharge Based on The Value of Soil Permeability, - *Applied Science and Technology*, Volume 2, Issue 1.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2014. *Riau Dalam Angka*. Pekanbaru: BPS.

Hidayat, R.S. 2008. *Potensi Air Tanah di Cekungan Air Tanah Sambas Provinsi Kalimantan Barat*. Jurnal Geologi Indonesia Vol. 3 (4): 205-216.

LPT (Lembaga Penelitian Tanah). 1979. *Penuntun Analisa Fisika Tanah*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Purnama, S., Suyono, dan Sulaswono, B. 2007. *Sistem Akuifer dan Potensi Air Tanah Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak*. Forum Geografi Vol. 21 (2): 111-122.

Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1993. *Peta Jenis Tanah DAS Citarum Hulu Skala 1:100.000*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.

EFEK VARIASI DAYA IRADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP KARBON AKTIF TONGKOL JAGUNG UNTUK PENJERNIHAN AIR

Raysa Fadillah¹, Rakhmawati Farma², Awitdrus²

¹Mahasiswa Program Studi S1 Fisika¹

^{2,3}Dosen Jurusan Fisika²

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: raysafadillah24@gmail.com

ABSTRACT

The power of microwave irradiation affect the quality of activated carbon. In this research the activated carbon has been made of biomass of corn cob by using carbonization process, chemical activation using potassium hydroxide as the activating agent and microwave irradiation power was varied for 360 watt, 450 watt, 630 watt, dan 720 watt in 15 minutes. The surface morphology of activated carbon for the sample KA720 produced lots of pores more than that of the sample KA360, KA450, and KA630. The sea water that has been mixed with activaed carbon using microwave irradiation power of 720 watt with temperatur of 26°C, and pH of 7,41.

Keywords: Corn cob, activated carbon, potassium hydroxide, microwave, adsorption, sea water

ABSTRAK

Daya iradiasi gelombang mikro dapat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Pada penelitian ini karbon aktif dibuat berbahan dasar biomassa tongkol jagung dengan melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia menggunakan aktivator kalium hidroksida dan iradiasi gelombang mikro dengan variasi daya 360 watt, 450 watt, 630 watt, dan 720 watt selama 15 menit. Morfologi permukaan karbon aktif untuk sampel KA720 menghasilkan jumlah pori-pori lebih banyak dibandingkan dengan sampel KA360, KA450, dan KA630. Air laut yang telah diberikan karbon aktif dengan daya iradiasi gelombang mikro sebesar 720 watt memiliki suhu 26°C, dan pH sebesar 7,41.

Kata Kunci : Tongkol jagung, karbon aktif, kalium hidroksida, iradiasi gelombang mikro, adsorpsi, air laut

PENDAHULUAN

Indonesia terdiri dari pulau-pulau besar dan kecil yang jumlahnya kurang lebih 17.504 pulau dengan panjang garis pantai 95.151 km. Akibat dari wilayah negara Indonesia yang merupakan negara kepulauan, banyak masyarakat

Indonesia yang tinggal di pesisir pantai (Lasabuda, 2013). Masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai banyak yang masihsusah untuk mendapatkan air bersih. Upaya yang dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di daerah pesisir yaitu dengan cara memanfaatkan

air laut, agar dapat dimanfaatkan air laut harus diolah terlebih dahulu (**Mulyanef, 2015**).

Proses adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan air secara fisika yang telah banyak dikembangkan. Adsorpsi merupakan proses peyerapan zat pengotor yang terdapat pada air sehingga air menjadi bersih. Metode adsorpsi menggunakan karbon aktif sebagai bahan penyerapan (adsorben) (**Budiyono dan Sumardino, 2013**).

Jagung dengan nama ilmiah *Zea mays* L adalah salah satu makanan pokok sumber karbohidrat pengganti nasi yang mudah dijumpai di pasaran. Kandungan yang terdapat pada tongkol jagung seperti selulosa sebanyak 41%, hemiselulosa sebanyak 36% dan lignin sebanyak 6% menandakan bahwa tongkol jagung berpotensi dan efektif digunakan sebagai bahan pembuat karbon aktif, selain itu kadar abu yang terdapat pada tongkol jagung juga cukup rendah yaitu sebesar 1,50% (**Kulp dan Ponte, 1991**).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka penelitian ini dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi daya iradiasi gelombang mikro terhadap struktur mikro, morfologi permukaan, luas permukaan, dan daya serap karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif dibuat dari tongkol jagung dan diaktivasi dengan proses aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH sebanyak 5% yang selanjutnya dilakukan iradisi gelombang mikro dengan variasi daya 360

watt, 450 watt, 630 watt, dan 720 watt. Pengujian dilakukan pada air laut yang berada di daerah Dumai serta sifat fisis dan kimia air laut yang akan diketahui yaitu kandungan logam berat nikel (Ni), timbal (Pb), seng (Zn), warna, pH, suhu dan salinitas air laut.

METODE PENELITIAN

Tongkol jagung yang digunakan adalah tongkol jagung yang berasal dari limbah pertanian yang diambil dari daerah Simpang Empat kabupaten Pasaman Barat provinsi Sumatra Baratberjenis Hibrida - NK 7328 yang berumur 4 bulan. Tongkol jagung yang sudah bersih dijemur dibawah sinar matahari untuk mengurangi kandungan air yang terdapat pada tongkol jagung. Proses penjemuran dilakukan hingga tongkol jagung memiliki massa yang konstan kurang lebih selama 3-5 hari. Tongkol jagung yang benar-benar kering dan telah memiliki massa yang konstan, maka proses selanjutnya dilanjutkan ke tahap pra-karbonisasi.

Proses pra-karbonisasi dilakukan menggunakan oven listrik selama 4 jam pada suhu 200⁰ C. Setelah proses pra-karbonisasi karbon digerus dan diayak menggunakan ayakan 100. Tahap pembuatan karbon aktif berikutnya yaitu tahap aktivasi. Tahap aktivasi yaitu proses pengaktifan karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori dan luas permukaan karbon aktif kemudian akan berpengaruh terhadap jumlah dan struktur pori-

pori karbon aktif kemudian daya serap karbon aktif akan meningkat. Aktivasi yang dilakukan yaitu dengan proses aktivasi kimia menggunakan aktivator kalium hidroksida (KOH). Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan air suling sebanyak 300 mL yang diletakkan didalam gelas *beaker*. Padatan KOH ditimbang sebanyak 5% dari berat karbon kemudian masukkan karbon yang telah halus sebanyak 30 gram. Tutup gelas *beaker* dengan menggunakan alumunium foil kemudian aduk sampel dengan menggunakan *Hot Plate* dan *Magnetic Stirrer* pada suhu ruang (30^0 C) dengan kecepatan 400 rpm selama 20 jam.

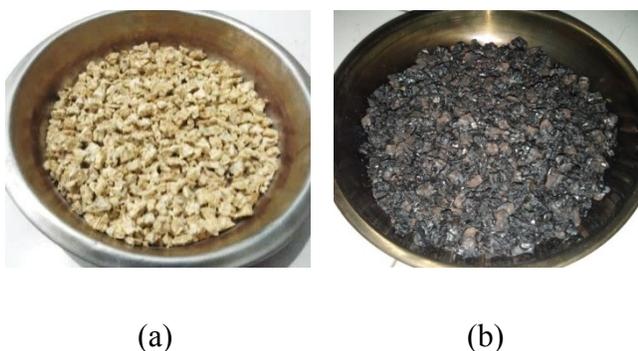
Karbon aktif yang telah di aktivasi kemudian dilakukan proses iradiasi gelombang mikro dengan menggunakan oven *microwave*. Proses iradiasi gelombang mikro ini dapat juga disebut dengan proses aktivasi fisika. Karbon aktif yang telah dilakukan perendaman dengan aktivator KOH kemudian diiradiasi dengan daya bervariasi sebesar 340 watt, 450 watt, 630 watt, 720 watt dan waktu iradiasi selama 15 menit. Proses iradiasi dibantu dengan mengalir gas nitrogen (N_2) untuk mengurangi terbentuknya abu pada karbon aktif yang dihasilkan.

Tahap terakhir dalam pembuatan karbon aktif dari tongkol jagung ini yaitu proses pencucian dan pengeringan. Tahap pencucian dilakukan dengan menggunakan air suling. Karbon aktif direndam dengan menggunakan air suling secara berulang-ulang hingga mencapai pH netral

(pH~7). Pengukuran pH dilakukan pada saat penggantian air suling dengan menggunakan kertas lakmus, jika pH karbon aktif belum netral maka air suling harus diganti setiap pagi dan petang. Setelah karbon aktif mencapai pH netral proses selanjutnya yaitu pengeringan karbon aktif dengan menggunakan oven listrik pada suhu 100^0 C selama \pm 24 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbon aktif tongkol jagung dibuat dengan beberapa tahap yaitu pengeringan, pra-karbonisasi, aktivasi kimia, dan iradiasi gelombang mikro. Pengeringan dilakukan dengan cara menjemur tongkol jagung di bawah sinar matahari hingga tongkol jagung memiliki massa yang konstan. Penjemuran bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada tongkol jagung sehingga pembakaran tongkol jagung pada saat proses pra-karbonisasi lebih efisien. Proses pra-karbonisasi bertujuan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat pada tongkol jagung seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin menjadi unsur karbon (**Lempang, 2014**). Pra-karbonisasi dilakukan dengan cara membakar tongkol jagung dengan menggunakan oven listrik pada suhu 200^0 C selama 4 jam. Tongkol jagung sebelum dan setelah proses pra-karbonisasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tongkol Jagung (a) Sebelum pra-karbonisasi, (b) Setelah pra-karbonisasi

Suhu pra-karbonisasi menyebabkan perubahan warna pada karbon aktif jika dilihat secara visual dimana semakin tinggi suhu yang digunakan maka warna karbon aktif akan terlihat semakin hitam dan gelap, hal ini terjadi karena senyawa-senyawa non karbon telah terurai selama proses pra-karbonisasi dilakukan (**Kartika, 2016**).

Tabel 1 Persentase susut massa tongkol jagung.

Pra-karbonisasi ke-	Massa Tongkol Jagung		Persentase Penyusutan Massa(%)
	Sebelum (gram)	Setelah (gram)	
1	30	14,18	52,73
2	30	14,75	50,83
3	30	16,00	46,67
4	30	12,09	59,70
5	30	12,61	57,96
6	30	14,74	50,86
7	30	13,61	54,63
8	30	14,50	51,67
9	30	14,17	52,76
10	30	13,73	54,23
11	30	13,55	54,83
12	30	13,00	56,67
13	30	14,48	51,73
Rata-Rata			53,48

Gambar 1 menunjukkan bahwa tongkol jagung mengalami perubahan warna setelah dilakukan proses pra-karbonisasi dimana sebelum pra-karbonisasi tongkol jagung terlihat berwarna putih kekuningan dan setelah dilakukan pra-karbonisasi tongkol jagung menjadi berwarna coklat kehitaman. Proses pra-karbonisasi menyebabkan terjadinya penyusutan massa pada tongkol jagung. Tongkol jagung sebelum dilakukan proses pra-karbonisasi ditimbang terlebih dahulu kemudian dilakukan pra-karbonisasi, setelah pra karbonisasi selesai tongkol jagung juga kembali ditimbang, hal ini dilakukan untuk mengetahui besar penyusutan massa tongkol jagung. Persentase penyusutan massa tongkol jagung sebelum dan setelah proses pra-karbonisasi dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan rata-rata penyusutan massa tongkol jagung setelah proses pra-karbonisasi yaitu sebesar 53,48 %. Tongkol jagung yang awalnya memiliki massa total 390 gram setelah dilakukan pra-karbonisasi berkurang menjadi 181,41 gram. Penyusutan massa tongkol jagung pada proses pra-karbonisasi ini disebabkan hilangnya kandungan air dan terurainya bahan-bahan organik yang terdapat pada tongkol jagung menjadi unsur karbon. Pemanasan yang diberikan pada saat proses pra-karbonisasi dapat menghilangkan komponen-komponen yang terkandung pada biomassa yang digunakan sehingga hanya tersisa karbonnya saja (**Nurdiansah dan Susanti, 2013**).

Karakterisasi karbon aktif dilakukan untuk mengetahui *yield* karbon aktif, struktur mikro, morfologi permukaan, luas permukaan, dan daya serap karbon aktif terhadap logam berat serta sifat fisis dan kimia air laut.

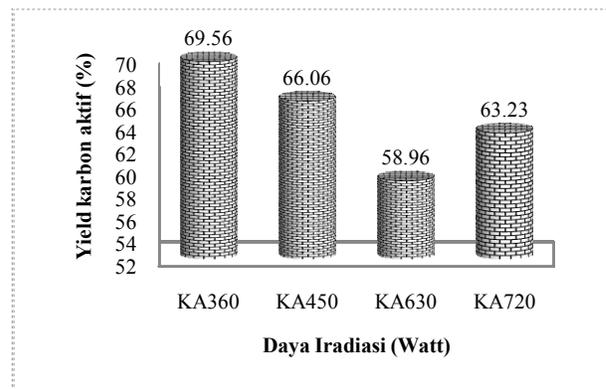
A. *Yield* Karbon Aktif

Proses iradiasi gelombang mikro ini bertujuan untuk mengoptimalkan kerja dari KOH sebagai aktivator sehingga pori-pori karbon aktif menjadi lebih banyak dan terbuka untuk meningkatkan daya serapnya. Proses iradiasi gelombang mikro dapat juga dikatakan sebagai proses aktivasi fisika karena daya yang digunakan pada saat proses iradiasi akan menimbulkan temperatur yang tinggi, hal ini sangat membantu untuk pembentukan pori pada karbon aktif sehingga pori-pori akan semakin banyak dan luas permukaan karbon aktif akan meningkat. (Widarti, 2016).

Karbon aktif sebelum dan setelah dilakukan iradiasi gelombang mikro ditimbang untuk mendapatkan nilai *yield* karbon aktif. *Yield* karbon aktif dengan variasi daya iradiasi gelombang mikro untuk sampel KA360, KA450, KA630 dan KA720 dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar daya yang digunakan pada proses iradiasi maka semakin berkurang karbon aktif yang dihasilkan sehingga persentase *yield* karbon aktif juga akan semakin berkurang, hal ini dikarenakan

semakin besar daya yang digunakan maka panas yang dihasilkan akan semakin besar sehingga terjadi penyusutan kadar air, penyusutan bahan non-karbon dan pembentukan pori-pori secara maksimum yang terdapat pada karbon aktif (Widarti dkk, 2016). Penyusutan kadar air dan bahan non-karbon menyebabkan persentase *yield* karbon aktif semakin kecil seiring dengan bertambahnya daya iradiasi yang diberikan, akan tetapi pada sampel KA630 *yield* karbon aktif menurun karena pada saat proses iradiasi gelombang mikro timbul percikan api yang menyebabkan sampel terbakar dan tumpah yang mengakibatkan sampel yang dihasilkan menjadi jauh berkurang.

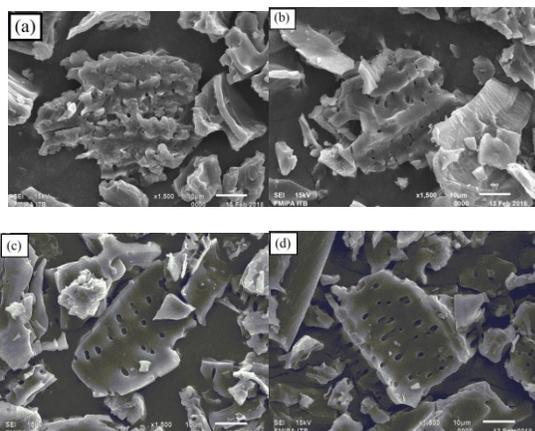


Gambar 2. *Yield* karbon aktif

B. Analisa *Scanning Electron Microscopy*

Morfologi permukaan karbon aktif tongkol jagung yang dapat diketahui dengan cara melihat bentuk permukaan, ukuran dan distribusi pori dengan menggunakan *Scanning Electron microscopy* (SEM). Gambar 3 menunjukkan morfologi permukaan karbon aktif tongkol jagung

dengan variasi daya iradiasi gelombang mikro. Morfologi permukaan sampel KA360 ditunjukkan pada Gambar 3 (a) terlihat bahwa pori-pori yang dihasilkan masih sedikit dan tertutup oleh zat-zat pengotor, sedangkan pada Gambar 3 (b) untuk sampel KA450 pori-pori terlihat lebih banyak dan semakin membesar, akan tetapi pada Gambar 3 (c) untuk sampel KA630 pori-pori karbon aktif terlihat sedikit dibandingkan dengan sampel KA360, KA450, dan KA720 karena pada saat pemberian daya iradiasi sebesar 630 yang tidak maksimal. Sampel KA720 adalah karbon aktif yang memiliki pori yang paling banyak.



Gambar 3 Hasil SEM dengan Perbesaran 1500x (a) KA360 (b) KA450 (c) KA630 (d) KA720.

Besarnya daya iradiasi gelombang mikro yang diberikan dapat mempengaruhi ukuran pori-pori karbon aktif, semakin besar daya yang diberikan maka pori-pori akan semakin banyak dan terbuka lebar. Pori-pori yang semakin banyak akan menyebabkan semakin besarnya luas permukaan karbon aktif (Yuningsi dkk, 2016).

Secara keseluruhan pori-pori yang dihasilkan pada karbon aktif dengan variasi daya iradiasi gelombang mikro adalah pori-pori yang berukuran makro, sedangkan pori-pori meso dan mikro tidak terlihat. Pori mikro dan meso pada umumnya terletak disekeliling pori makro.

C. Sifat Fisik dan Kimia Air Laut

Air laut yang telah diberikan karbon aktif dengan variasi daya iradiasi gelombang mikro dilakukan uji sifat fisik dan kimia agar diketahui kualitas air laut setelah diberikan karbon aktif. Uji sifat fisik dan kimia air laut untuk setiap sampel KA360, KA450, KA630 dan KA720 diantaranya yaitu pengukuran pH, suhu, warna, dan salinitas air laut.

1. pH

Potential of hydrogen atau yang dikenal dengan pH adalah derajat keasaman pada air. Air yang baik tidak boleh bersifat asam ataupun basa. Air yang memiliki pH yang rendah (< 7) akan bersifat asam, sedangkan air yang memiliki pH tinggi (> 7) akan bersifat basa (Kusnaedi, 2002). Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter, pada penelitian ini air laut yang telah diberikan karbon aktif memiliki pH yang hampir sama yaitu pada KA360, KA450, dan KA630 memiliki pH 7,42 dan pada sampel KA720 memiliki pH 7,41. Besarnya pH pada air laut yang telah diberikan karbon aktif ini tidak jauh berbeda dengan air laut yang belum diberikan karbon aktif

yaitu sebesar 7,62, akan tetapi pH air laut yang telah diberikan karbon aktif menurun dan mendekati pH netral yaitu 7 meskipun penurunnya tidak terlalu besar. Perubahan pH ini disebabkan oleh adanya kation pada karbon aktif yang terlarut kedalam air laut (**Idrus dkk, 2013**).

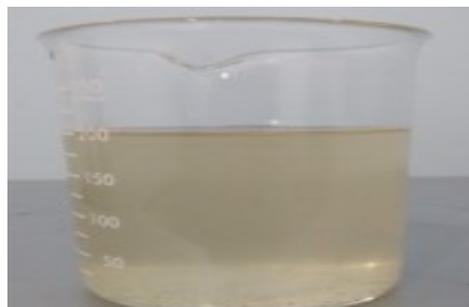
Permenkes416/MENKES/PER/XI/1990 menyatakan bahwa air dapat digolongkan kedalam air bersih memiliki rentang pH sebesar 6,5 - 9,0. Berdasarkan Permenkes tersebut, pH air laut yang telah diberikan karbon aktif dengan variasi daya iradiasi gelombang mikro telah memenuhi standar mutu kualitas air bersih.

2. Suhu

Air yang baik adalah air yang memiliki temperatur yang sama dengan temperatur udara yaitu sebesar 20°C-30°C (**Hasrianti dan Nurasia, 2016**). Air laut yang telah diberikan karbon aktif diukur suhunya dengan menggunakan termometer. Air laut yang telah diberikan karbon aktif dengan empat variasi daya iradiasi gelombang mikro memiliki temperatur yang sama yaitu 26°C, dimana temperatur ini masih tergolong sama dengan temperatur udara, sehingga salah satu sifat fisis air yaitu suhu, air laut yang telah diberikan karbon aktif ini dapat digolongkan pada air yang baik.

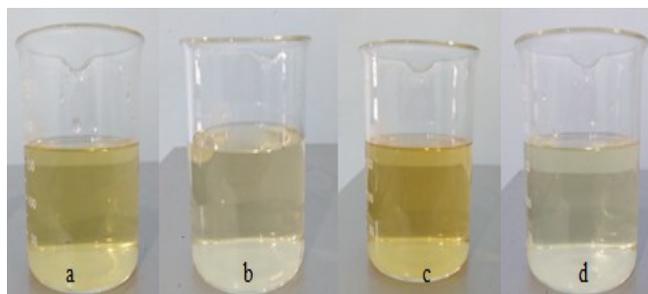
3. Warna

Warna Air laut dumai sebelum dan setelah diberikan karbon aktif sangat jelas berbeda untuk setiap sampelnya. Air laut yang belum diberikan karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Air Laut Dumai

Gambar 4 memperlihatkan air laut Dumai yang belum ditambahkan karbon aktif. Air laut Dumai ini terlihat keruh dan berwarna kekuningan karena masih banyaknya zat pengotor yang terdapat pada air laut Dumai tersebut, setelah pemberian karbon aktif air laut terlihat lebih jernih dibandingkan dengan air laut yang belum ditambahkan karbon aktif. Warna air laut setelah diberikan karbon aktif secara visual dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Air Laut Setelah Diberikan Karbon Aktif (a) KA360 (b) KA450 (c) KA630 (d) KA720

Gambar 5 adalah air laut setelah pemberian karbon aktif yang diaduk selama 1 jam dan dilakukan penyaringan, dapat dilihat bahwa setelah pemberian karbon aktif air laut kelihatan lebih jernih dibandingkan sebelum diberikan karbon aktif. Sampel KA720 memiliki warna yang lebih jernih dibandingkan dengan sampel KA360, KA450, dan KA630, hal ini menunjukkan bahwa daya iradiasi gelombang mikro berpengaruh terhadap banyaknya pori-pori karbon aktif, semakin banyak pori-pori karbon aktif maka daya serapnya juga akan semakin besar untuk menyerap zat pengotor sehingga air laut akan semakin jernih, akan tetapi pada sampel KA630 warna air laut terlihat kurang jernih karena pada saat proses iradiasi gelombang mikro timbul percikan api yang menyebabkan sampel terbakar sehingga banyak kandungan abu yang terdapat pada karbon aktif yang menyebabkan penyerapan menjadi tidak optimal.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibuat karbon aktif tongkol jagung dengan proses pra-karbonisasi dan aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dengan berbantuan iradiasi gelombang mikro.
2. Analisa morfologi permukaan karbon aktif menunjukkan bahwa sampel KA720 memiliki

pori-pori yang paling banyak dan telah terbuka lebar.

3. Hasil analisa warna air laut terbaik yaitu pada sampel KA720.
4. Karbon aktif tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besar pH, salinitas, dan suhu air laut. Besar pH air laut setelah diberikan karbon aktif yaitu sebesar 7,41, dan suhu air laut setelah diberikan karbon aktif sebesar 26°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyono, dan Sumardiono, S. 2013. *Teknik Pengolahan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Hasrianti dan Nurasia. 2016. Analisis Warna, Suhu, pH, dan Salinitas Air Sumur Bor di Kota Palopo. *Prosiding Seminar Nasional*. 2(1) : 747-753.
- Idrus, R., Lapanporo, B.P., dan Putra, Y.S. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Prisma Fisika*. 1(1) : 50-55.
- Kartika, V., Ratnawulan, dan Gusnedi. 2016. Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Mikrostruktur dan Derajat Kristalinitas Karbon Aktif Kulit Singkong sebagai Bahan Dasar GDL. *Pillar of Physics*. 7 : 105-112.
- Kulp, K., dan Ponte, J.G. 1991. *Handbook of Cereal Science and Technology, Second Edition*. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Kusnaedi. 2002. *Pengolahan Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Depok : PT. Penebar Swadaya.
- Lasabuda, R. 2013. *Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara*

Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*. 1-2 : 92-101.

Lempang, M. 2014. Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif, *Jurnal Balai Penelitian Kehutanan Makassar*. 11 : 65-80.

Mulyanef, Saputra, R.A., Kaidir, dan Duskiardi. 2015. Kaji Ekperimental Alat Pengolahan Air Laut Menggunakan Energi Surya untuk Memproduksi Garam dan Air Tawar. *Proceeding Seminar Tahunan Teknik Mesin*. 14.

Nurdiansah, H., dan Susanti, D. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi *Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1) : 13-18.

Siregar, Y.I., dan Edward, J. 2010. Faktor konsentrasi Pb, Cd, Cu, Ni, Zn dalam sedimen perairan pesisir kota dumai. *Maspari Journal*. 1: 1-10.

Widarti., Awitdrus., Farma, R., dan Iwantono. 2016. Pengaruh Daya Iradiasi Gelombang Mikro terhadap Sifat-Sifat Fisika Karbon Aktif Kayu *Eucalyptus*. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia* : 773-780

PENGARUH KONSENTRASI KOH TERHADAP SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON DARI LIMBAH KULIT DURIAN SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR

Pandi Kurniawan^{1,*}, Erman Taer², Usman Malik³, Rika Taslim⁴

¹Mahasiswa Program Studi SI Fisika¹

^{2,3}Dosen Jurusan Fisika²

⁴Dosen FST UIN SUSKA Pekanbaru

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

*E-mail: pandikurniawan23@gmail.com

ABSTRACT

Activated carbon electrode have been prepare from durian shell focused in KOH concentration variations at chemical activation process. The preparation of carbon electrodes begins with pre-carbonization process, grinding using Hard Grinder and ball milling, after that followed by sieving process with particle size at range of 39 - 52 μm . Chemical activation was performed by using KOH activator agent with concentration variation of 0.5 M, 0.6 M, 0.7 M. Carbon powder are formed to pellet form using Hydraulic Press at a 8 ton compression pressure. The carbonization process is carried out a temperature of 600°C in the N₂ gas atmosphere at a temperature of 900°C for 2 hours. The electrodes characterization are performed to determine the physical and electrochemical properties. The physical properties such as density, degree of cristanility, surface morfology was analyzed by calculate the electrode dimension such as, mass, thickness and diameter, X-ray diffraction analysis and Scanning Electron Microscopy Analysis. the electrochemical properties was studied the cell capacitance and the electrode capacitance specific using Cyclic Voltammetry method. the electrode density were decrease with the increasing the KOH concentration. The smallest density has been found at electrode using a KOH concentration of 0.7 M. The XRD test showed a carbon was amorfphuse structure identified by existing two broadening peaks at an angle of 2 θ , ie 24.967°, 44.315° and 81.332° which describes the (002), (100) and (112) planes. Furthermore, samples were analyzed by Scanning Electron Microscopy and X-ray diffraction. The cyclic voltammetry result, obtained the highest specific capacitance of 89.05 F/g and cell capacitance 24,04 F was found at electrode with a KOH concentration of 0.7 M. From this research it can be concluded that the KOH optimum concentration was 0.7 M.

Keywords: Durian shell, KOH concentration, carbon electrode, supercapacitor.

ABSTRAK

Elektroda karbon aktif telah disiapkan dari kulit durian yang difokuskan pada variasi konsentrasi KOH pada proses aktivasi kimia. Persiapan elektroda karbon dimulai dengan proses pra-karbonisasi, penggilingan menggunakan Hard Grinder dan Ball Milling. Setelah itu diikuti dengan proses pengayakan dengan ukuran partikel pada kisaran 39 – 52 μm . Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan agen aktivator KOH dengan variasi konsentrasi 0,5 M, 0,6 M, 0,7 M. Serbuk karbon dibentuk menjadi bentuk pelet menggunakan Hydraulic Press pada tekanan kompresi 8 ton. proses karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C gas N₂ dan aktivasi fisika pada suhu 900°C selama 2 jam. Karakterisasi elektroda dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan elektrokimia. Sifat fisik seperti densitas, derajat kristanilitas, morfologi permukaan di analisis dengan menghitung dimensi elektroda seperti, massa, ketebalan dan diameter, analisis difraksi sinar-X dan analisis Scanning Electron Microscopy. Sifat elektrokimia dipelajari kapasitansi sel dan kapasitansi elektroda khusus

menggunakan metode Cyclic Voltammetry. Kerapatan elektroda menurun dengan meningkatnya konsentrasi KOH. Densitas terendah dimiliki elektroda yang menggunakan konsentrasi KOH 0,7 M. Pengujian XRD menunjukkan struktur karbon berbentuk amorf yang diidentifikasi oleh 3 puncak yang meluas pada sudut 2θ yaitu, 24.967° , 44.315° dan 81.332° yang menggambarkan bidang (002), (100) dan (112). Analisa SEM memperlihatkan ukuran rongga antar partikel berkisar $1,2 \mu\text{m}$ hingga $3,14 \mu\text{m}$ dan memiliki partikel berbentuk serabut dengan ukuran berkisar $1,1 \mu\text{m}$. Hasil CV diperoleh kapasitansi spesifik tertinggi sebesar $89,05 \text{ F/g}$ dan kapasitansi sel sebesar $24,04 \text{ F}$ ditemukan pada elektroda dengan konsentrasi KOH $0,7 \text{ M}$. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimum KOH adalah $0,7 \text{ M}$.

Kata Kunci: Kulit durian, konsentrasi KOH, elektroda karbon, superkapasitor

PENDAHULUAN

Buah durian merupakan buah yang banyak di konsumsi di Indonesia, khususnya provinsi Riau. Badan Pusat Statistik Provinsi Riau menyebutkan bahwa produksi buah durian pada tahun 2013 mencapai 7.951 ton serta di tingkat nasional mencapai 859.118 ton pada tahun 2014 [1]. Selain harganya yang murah, buah durian juga memiliki rasa yang digemari. Kulit buah durian mencapai seperempat bagian dari buahnya, ini menyebabkan produksi limbah biomassa yang berasal dari kulit durian juga semakin besar. Buah durian mengandung unsur selulosa yang tinggi, berkisar 50-60% dan kandungan lignin sebesar 5% [2]. Unsur selulosa yang tinggi biasanya disertai dengan kandungan unsur karbon yang tinggi pula. Limbah biomassa yang berasal dari kulit durian dapat dimanfaatkan untuk dijadikan bahan asal dalam pembuatan karbon aktif. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang memiliki luas permukaan yang tinggi dan daya adsorpsi

yang besar. Biasanya karbon aktif diperoleh dengan menggunakan metode karbonisasi dan aktivasi [3]. Karbonisasi merupakan pemanasan bahan baku dalam kondisi vakum dan dengan temperatur yang tinggi, sedangkan aktivasi merupakan proses pemutusan rantai karbon untuk membuka struktur pori, meningkatkan volume dan memperkecil diameter pori [4]. Salah satu cara pemanfaatan karbon aktif adalah digunakan pada sel superkapasitor. Beberapa penelitian pembuatanelektroda sel superkapasitor dari kulit durian telah dilakukan seperti oleh Ong et al tahun 2012, dimana telah dihasilkan sel superkapasitor dengan kapasitansi spesifik mencapai $103,6 \text{ F/g}$. [5]

Pemilihan bahan dasar dan metode pembuatan yang baik dan benar berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif dan elektroda sel yang dihasilkan. Penelitian menggunakan bahan dasar limbah kulit durian serta metode aktivasi kimia dan fisika diharapkan menjadi pilihan yang tepat untuk menghasilkan

karbon aktif untuk elektroda sel superkapasitor yang berkualitas. Pada makalah ini akan dilaporkan tentang pembuatan elektroda karbon superkapasitor dari limbah kulit durian tanpa menggunakan bahan perekat. Studi difokuskan pada peranan konsentrasi bahan pengaktif kimia KOH pada sifat densitas, derajat kristanilitas, morfologi permukaan dan kapasitansi sel superkapasitor yang dihasilkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan tentang bahan dan alat yang digunakan serta prosedur pembuatan dan preparasi sel superkapasitor dari limbah kulit durian. Limbah kulit durian diperoleh dari pasar pagi Arengka Kota Pekanbaru, Riau. Kulit durian di cuci terlebih dahulu hingga bersih, selanjutnya di potong $\pm 5 \times 5$ cm dan di pukul hingga terlihat serat kulit durian. Kemudian dikeringkan pada terik matahari selama 1x24 jam dan dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 110°C hingga massa kulit durian menjadi konstan. Pra-karbonisasi dilakukan menggunakan oven dengan wadah sampel tertutup rapat untuk mengurangi udara luar berinteraksi dengan sampel dan dilakukan sampai temperature 250°C dengan kenaikan setiap 50°C. Penghalusan sampel menggunakan *Hard Grinder* dan *Ball Milling*. Sampel yang sudah halus

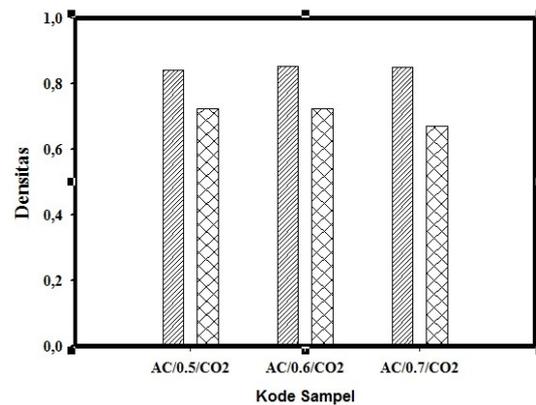
selanjutnya diayak menggunakan ayakan 38 μm dan 53 μm untuk mendapatkan partikel 39 μm sampai 52 μm . Pencetakan pelet dilakukan menggunakan *Hydraulic Press* [6]. Karbonisasi sampel menggunakan gas N_2 dan sampel diberikan aktivasi kimia menggunakan KOH dan aktivasi fisika menggunakan gas CO_2 selama 2 jam. Serbuk pra-karbon yang memiliki ukuran partikel 39 μm – 52 μm di aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dengan variasi konsentrasi 0.5 M, 0.6 M, 0.7 M. Sebanyak 25 gr serbuk pra-karbon dicampur dengan masing-masing konsentrasi KOH pada suhu 80°C selama 2 jam. Selanjutnya sampel di cuci hingga netral dan kemudian dikeringkan. Proses selanjutnya adalah pencetakan serbuk pra-karbon teraktivasi KOH pada tekanan 8 ton dan dipersiapkan untuk proses karbonisasi dan aktivasi fisika yang terintegrasi. Proses karbonisasi diawali pada suhu kamar hingga suhu maksimum 600°C, pada laju aliran gas 1L/min. Setelah suhu mencapai maksimum, dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan gas CO_2 hingga mencapai suhu 900°C dan ditahan selama 2 jam [7]. Komponen utama preparasi sel superkapasitor adalah elektroda karbon kulit durian, separator dari membran kulit telur itik [8], *stainless steel* sebagai pengumpul arus dan H_2SO_4 1 M sebagai elektrolit. Karakterisasi sifat fisis

dilakukan adalah pengukuran densitas dengan cara menghitung massa, tebal dan diameter elektroda karbon kulit durian, derajat kristalinitas di ukur menggunakan metode difraksi sinar-X dengan alat X'Pert. Karakterisasi elektrokimia elektroda karbon aktif dilakukan dengan membuat sel superkapasitor tipe koin dan kapasitansi spesifik sel superkapasitor dihitung menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* menggunakan alat *Physics CV UR Rad-Er 5841* elektroda karbon superkapasitor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Densitas

Gambar 1 merupakan hasil dari data densitas pelet karbon sebelum dilakukan karbonisasi dan aktivasi secara fisika, setelah di karbonisasi serta di aktivasi fisika dan densitas elektroda setelah mengalami pemolesan guna memperoleh ketebalan yang diinginkan untuk pengukuran sel superkapasitor. Grafik yang memiliki corak garis menunjukkan densitas sel sebelum dilakukan proses karbonisasi, grafik yang memiliki corak garis silang menunjukkan densitas sel setelah dilakukan proses karbonisasi dan aktivasi fisika dan grafik yang memiliki corak titik-titik menunjukkan densitas sel setelah dilakukan proses pemolesan.



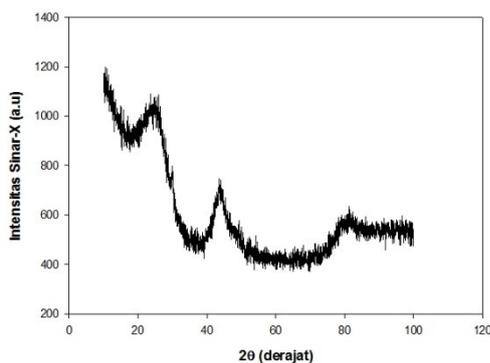
Gambar 1 Besar densitas elektroda karbon

Gambar 1 menunjukkan bahwa semua sampel mengalami penurunan densitas seiring bertambahnya konsentrasi KOH yang diberikan. Hal ini dikarenakan aktivator KOH memecah ikatan bahan pengotor dan atom karbon melalui reaksi impregnasi, sehingga ketika proses pemanasan menyebabkan impregnasi KOH menguap dan diperoleh pengembangan struktur pori yang lebih banyak dan menyebabkan densitas semakin rendah. Ketika dilakukan proses pemolesan, densitas pelet elektroda mengalami pengurangan. Pengurangan densitas setelah proses pemolesan dikarenakan elektroda karbon mengalami pengurangan massa yang lebih besar dibandingkan pengurangan volume. Hal ini disebabkan pemolesan bertujuan untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan dengan tidak merubah diameter dari elektroda. Densitas terkecil setelah pemolesan dimiliki oleh sampel AC/0.7/CO₂. Densitas yang kecil berkaitan

dengan porositas yang besar dari suatu elektroda karbon. Porositas yang besar berkaitan dengan kapasitansi sel superkapasitor yang besar pula.

2. Analisa Difraksi Sinar-X

Pola kurva difraksi sinar-X sampel AC/0.7/CO₂ disajikan pada Gambar 2. Kurva difraksi sinar-X terdiri dari intensitas sinar-X yang dihasilkan dan serta sudut 2θ pada rentang 10° sampai 100° yang diberikan. Plot data XRD menunjukkan adanya tiga puncak yang tumpul terjadi pada sudut 2θ yakni $24,967^\circ$, $44,315^\circ$ dan $81,232^\circ$. Bentuk puncak yang tumpul menunjukkan struktur amorf dari bahan biomassa [3]. Sudut difraksi 2θ yang diperoleh mengindikasikan bidang refleksi 002, 100 dan 112. Dari data tersebut menunjukkan bahwa sampel berada pada puncak yang baik untuk material karbon [9].



Gambar 2. Kurva difraksi sinar-X karbon kulit durian

Setelah dilakukan fitting dari hasil difraksi sinar-X dihasilkan nilai d_{hkl} untuk $d_{(002)}$ dan $d_{(100)}$ yaitu $3,56359 \text{ \AA}$ dan

$2,042402 \text{ \AA}$. Ukuran bidang kisi dari suatu material digambarkan oleh besar kecilnya nilai parameter L_c dan L_a . Nilai L_c yang diperoleh sebesar $11,5749533 \text{ \AA}$ serta nilai L_a sebesar $47,83912 \text{ \AA}$.

3. Analisa Scanning Electron Microscopy

Pada Gambar 3 (a) terlihat bahwa susunan partikel karbon terlihat teratur, tetapi rongga antar partikel yang terbentuk masih sedikit. Ukuran rongga antar partikel yang dimiliki berkisar $1,2 \text{ \mu m}$ hingga $3,14 \text{ \mu m}$. Gambar 3 (b) memperlihatkan bahwa sampel memiliki partikel-partikel yang berbentuk serabut dengan ukuran partikel berkisar $1,1 \text{ \mu m}$.

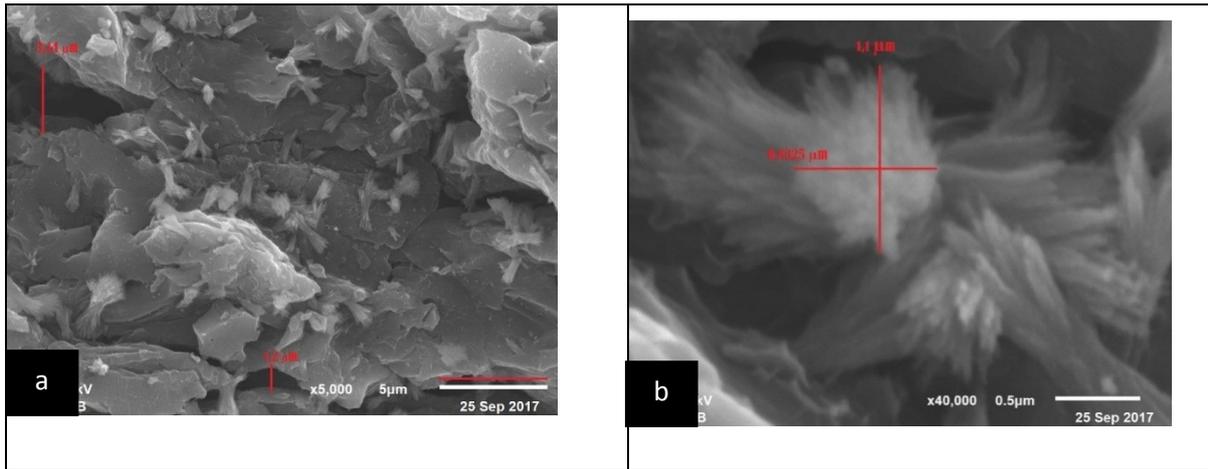
4. Analisa Sifat Elektrokimia

Analisa sifat elektrokimia sampel bertujuan untuk mengetahui kapasitansi spesifik elektroda karbon kulit durian dengan menggunakan metode Cyclic Voltammetry (CV). Data pengukuran CV terdiri dari rapat arus pengisian dan pengosongan terhadap potensial yang diberikan. Pengukuran dilakukan pada laju scan 1 mV/s dan pada potensial $0,0-0,5 \text{ V}$. Data arus dan tegangan dapat digunakan untuk menghitung kapasitansi spesifik sel yang dihasilkan, kapasitansi spesifik dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [10].

$$C_{sp} = \frac{(I_c - I_d)}{sxm}$$

Hasil pengukuran CV menunjukkan bahwa sampel AC/0,7/CO₂ memiliki nilai kapasitansi yang paling besar yaitu 89,05 F/gr. Secara lengkap nilai kapasitansi spesifik untuk seluruh

sampel di tunjukkan pada Tabel 1 Semakin besar nilai konsentrasi KOH yang diberikan, maka akan semakin besar luas permukaan karbon yang dihasilkan [11], hal ini dikarenakan aktivator KOH memecah ikatan bahan pengotor dan atom karbon melalui reaksi impregnasi.



Gambar 3 Morfologi patahan elektroda karbon aktif kulit durian (a) perbesaran 5000 X, (b) perbesaran 40000 X

4. Analisa Sifat Elektrokimia

Analisa sifat elektrokimia sampel bertujuan untuk mengetahui kapasitansi spesifik elektroda karbon kulit durian dengan menggunakan metode Cyclic Voltammetry (CV). Data pengukuran CV terdiri dari rapat arus pengisian dan pengosongan terhadap potensial yang diberikan. Pengukuran dilakukan pada laju scan 1 mV/s dan pada potensial 0,0-0,5 V. Data arus dan tegangan dapat digunakan untuk menghitung kapasitansi spesifik sel yang dihasilkan, kapasitansi spesifik dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [10].

$$C_{sp} = \frac{(I_c - I_d)}{sxm}$$

Hasil pengukuran CV menunjukkan bahwa sampel AC/0,7/CO₂ memiliki nilai kapasitansi yang paling besar yaitu 89,05 F/gr. Secara lengkap nilai kapasitansi spesifik untuk seluruh sampel di tunjukkan pada Tabel 1 Semakin besar nilai konsentrasi KOH yang diberikan, maka akan semakin besar luas permukaan karbon yang dihasilkan [11], hal ini dikarenakan aktivator KOH memecah ikatan bahan pengotor dan atom karbon melalui reaksi impregnasi.

Proses pemanasan menyebabkan impregnasi KOH menguap sehingga

diperoleh pengembangan struktur pori yang lebih banyak.

Tabel 1 Kapasitansi Spesifik dan Kapasitansi Sel Maksimum Elektroda Karbon Kulit Durian

Kode Sampel	Massa (gr)	Tebal (mm)	Kapasitansi Spesifik (F/gr)	Kapasitansi Sel Elektroda (F)
AC/0.5/CO ₂	0,022	0,26	41	0,9
AC/0.6/CO ₂	0,018	0,2	38,91	0,7
AC/0.7/CO ₂	0,021	0,27	89,05	24,04

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa biomassa kulit durian merupakan bahan yang potensial digunakan sebagai elektroda karbon sel superkapasitor. Semakin tinggi konsentrasi KOH yang diberikan maka semakin besar nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Nilai kapasitansi spesifik dan kapasitansi sel yang paling besar dihasilkan pada konsentrasi KOH 0,7 M sebesar 89,05 F/g dan 24,04 F.

SARAN

Penelitian tentang biomassa kulit durian masih dapat dikembangkan lagi, yaitu dengan menggunakan variasi-variasi yang lain seperti variasi suhu pada aktivasi fisika, variasi waktu pengaktifan dan lain sebagainya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada DP2M yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul Potensi Pemanfaatan Limbah Padat Perkotaan Sebagai Elektroda Superkapasitor atas nama Dr. Erman Taer, M.Si tahun 2018 dengan nomor kontrak 360/UN.19.5.1.3/PP/2018

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Hortikultural. Statistik Produksi Hortikultural. 2014. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Hatta, Violet. 2007. Manfaat Kulit Durian Selezat Buahnya. Jurnal. UNLAM.
- Taer, E., Deraman, M., Talib, A. I., Umar, A. A., Oyama, M., Yunus, M.R. 2010. Preparation of highly porous carbon pellet from rubber wood saw dust via optimization of temperature for supercapacitor applicatioon, submitted paper to, Materials chemistry and physics.
- Taer, E., and Taslim, R. 2018. Brief Review. Preparation Tehniques of Biomass Based Activated Carbon Monolith Electrode for Supercapacitor

- Applications, AIP Conf. Proc., 1927, 020004-1-020004-4
- Ong, L.K., Kurniawan, A., Suwandia, A. C., Lin, C. X., Zhao, S., Ismadji, S., 2012. A facile and green preparation of durian shell-derived carbon electrodes for electrochemical double-layer capacitors. *Progress in Natural Science. Materials International.* 6, 624-630.
- Taer, E., Deraman, M., Talib, A., Awitdrus, Hashmi, A., 2011. Preparation of a Highly Porous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Sawdust by a Multi-Step Activation Process for Application in Supercapacitors, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 6, 3301-3315
- Taer, E., Apriwandi., Yusriwandi., Mustika, W.S., Zulkifli., Taslim, R., Sugianto., Kurniasih, B., Agustino., and Dewi, P., 2018. Comparative study of CO₂ dan H₂O activation in the synthesis of carbon electrode for supercapacitors. *AIP Conf. Proc.* 1927, 030036-1-030036-6.
- Taer, E., Sugianto., Sumantre, M.A., Taslim, R., Iwantono., Dahlan, D., Deraman, M., 2014. Eggs Shell. Membrane as Natural Separator for Supercapacitor Applications. *Adv. Materials Research.* 896, 66-69.
- Taer, E. 2013. *Penyediaan dan karakterisasi karbon aktif monolit tanpa perekat dari ampas tebu untuk penyerapan logam berat (Zn).* Prosiding Semirata FMIPA. Universitas Lampung.
- Kalpana, D., Cho, S.H., Lee, S. B., Lee, Y.S., Mirsa, R., Renganathan, N. G. 2009. Recycled waste paper – A new source of raw material for electric double-layer capacitor. *Journal Power Sources*; 190:587.
- Ulfia, S.M.M dan Astuti. 2014. Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Durian untuk Pemurnian Air Gambut. *Jurnal Fisika UNAND Vol 3 No 4: 255-261.*

PENGARUH HAMBATAN INTERNAL TERHADAP DAYA OUTPUT ELEMEN TERMOELEKTRIK GENERATOR TIPE 10W-4V-40s

Eri Wiyadi¹, Lazuardi Umar²

¹Mahasiswa Program Studi S1 Fisika¹

²Dosen Jurusan Fisika²

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: eri.wiyadi@yahoo.co.id

ABSTRACT

Thermoelectric generator Type 10W-4V-40s powered by Seebeck effect by utilizing temperature difference in both sides of the element. The hot side (T_h) of a TEG element is placed on a stand made of Aluminum-Dural material and given a heat source derived from a heater, on the cold side (T_c) TEG element installed heatsink to reduce heat energy through the cold side and keep the temperature low. The measurement of output power (P_L) is done by variation of R_L from 0Ω to 20Ω under temperature difference conditions (ΔT) varies with constant T_c at 30°C , the result of the research indicates that the output power (P_L) of the thermoelectric element is maximum at $R_L = 1 \Omega$ when the minimum load decreases and is proportional to the increase in R_L resistance. The internal resistance value (R_{int}) of the TEG element increases in proportion to the magnitude of ΔT on both sides of the element, on T_c and T_h at room temperature (30°C) the value of R_{int} is 0.85Ω and the maximum value at $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ is $1,043 \Omega$. This indicates that the TEG element depends not only on ΔT on both sides of the module, but also depends on the amount of temperature range used.

Keywords: Thermoelektrik generator, internal resistance, output power

ABSTRAK

Pembangkit energi listrik elemen TEG (Thermoelectric generator) Tipe 10W-4V-40s bekerja berdasarkan efek Seebeck dengan memanfaatkan perbedaan suhu di kedua sisi elemen. Sisi panas (T_h) dari sebuah elemen TEG diletakkan padaudukan yang terbuat dari bahan Alumunium-Dural dan diberi sumber panas yang berasal dari pemanas buatan (heater), pada sisi dingin (T_c) elemen TEG dipasang heatsink guna mengurangi energi panas yang menembus sisi dingin serta menjaga suhunya agar tetap rendah. Pengukuran daya output (P_L) dilakukan dengan variasi R_L dari 0Ω sampai 20Ω pada kondisi perbedaan suhu (ΔT) bervariasi dengan T_c konstan pada suhu 30°C , hasil dari penelitian menunjukkan bahwa daya output (P_L) elemen termoelektrik bernilai maksimum pada saat $R_L=1\Omega$ atau pada saat beban minimum kemudian turun sebanding dengan bertambahnya hambatan R_L . Nilai hambatan internal (R_{int}) dari elemen TEG meningkat sebanding dengan besarnya ΔT di kedua sisi elemen, pada T_c dan T_h berada pada suhu ruang (30°C) diperoleh nilai R_{int} sebesar 0.85Ω dan bernilai maksimum pada $\Delta T=50^\circ\text{C}$ yaitu sebesar 1.043Ω . Hal ini menandakan bahwa elemen TEG tidak hanya bergantung pada ΔT di kedua sisi modul saja, akan tetapi juga sangat bergantung kepada besarnya range suhu yang digunakan.

Kata Kunci : Thermoelektrik generator, hambatan internal, daya output

PENDAHULUAN

Sejalan dengan tingkat kehidupan dan perkembangan teknologi, kebutuhan terhadap penyediaan energi listrik terus mengalami peningkatan akibat bertambahnya penggunaan perangkat elektronik dalam media telekomunikasi, transportasi, maupun industri. Penjualan listrik PLN Indonesia mencapai 17.95 TWh, dan terus mengalami peningkatan konsumsi listrik dengan pertumbuhan rata-rata 7.8% per tahun (**Statistik PLN, 2013**). Kondisi ini bertentangan dengan realita penyediaan energi listrik yang dilakukan secara konvensional dengan sumber terbesar menggunakan bahan bakar fosil. Laporan dari *International Energy Agency* menyatakan 41.3 % sumber energi listrik dunia berasal dari batu bara, 21.7 % berasal dari gas alam, 4.4 % berasal dari bahan bakar minyak, 10.6% berasal dari nuklir, 6.3 % dari air, dan 5.7 % dari sumber lainnya (**EIA, 2016**). Hal ini dapat menyebabkan terjadinya krisis listrik di masa mendatang karena batu bara sebagai bahan bakar fosil dengan persentase terbesar akan habis seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha-usaha untuk menemukan sumber energi listrik alternatif yang ramah lingkungan serta melakukan pengembangan dalam meningkatkan efisiensi sumber energi listrik yang sudah ada.

Salah satu piranti elektronik yang dapat menghasilkan energi listrik dari energi panas adalah elemen termoelektrik (Thermoelectric Generator, TEG). Elemen TEG ini memiliki beberapa kelebihan antara lain aman terhadap lingkungan, sederhana, berukuran kecil, sangat ringan, tidak bersuara, dan tidak memerlukan perawatan karena tidak ada bagian yang bergerak (**Molki, 2010**). Pembangkit listrik TEG menghasilkan daya berkapasitas mikro, namun pemakaian yang maksimal dalam jangka panjang dapat menghemat penggunaan listrik dari sumber lain yang dihasilkan oleh pembangkit listrik skala makro.

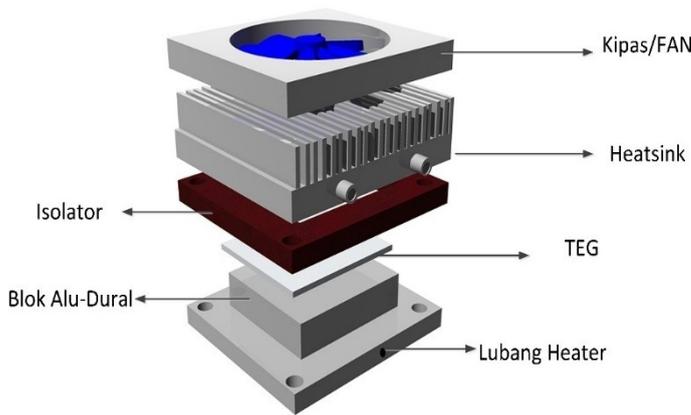
Pembangkit listrik berkapasitas makro sebaiknya hanya digunakan untuk pemenuhan kebutuhan listrik berdaya besar saja, sedangkan untuk pemenuhan listrik skala kecil seperti lampu mini pada dashboard mobil, perangkat tanpa kabel (*wireless*), ataupun rangkaian medis terimplantasi dalam tubuh dapat memanfaatkan pembangkit listrik berkapasitas mikro.

METODE PENELITIAN

a. Desain dan pembuatan dudukan elemen TEG 10W-4V-40s

Dudukan TEG yang dibuat dari bahan Aluminium-Dural dan Pertinaks yang didesain dengan menggunakan software AutoCAD 2007, berbentuk persegi dan

terdapat array (tonjolan persegi) pada bagian atasnya, array tersebut berfungsi sebagai tempat meletakkan modul elemen TEG. Bentuk dudukan TEG yang telah didesain dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Desain dudukan eksperimen untuk pengukuran R_{int} dan P_L termoelektrik

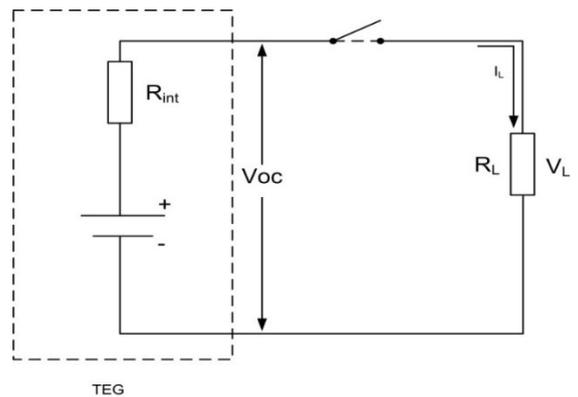
Dudukan TEG ini terdiri atas kipas FAN, *heatsink water block*, isolator panas, elemen TEG, dan blok Alu Dural. *Heatsink water block* dapat dialiri air menggunakan pompa peristaltik, guna membantu pelepasan kalor dibagian sisi dingin elemen. Elemen TEG disekat oleh bahan pertinaks yang telah dibor berbentuk persegi sesuai dengan bentuk dan luas array, dimana logam pertinaks ini berfungsi sebagai isolator panas, sehingga energi panas yang mengalir dari sisi panas Alu-Dural menuju sisi dingin dapat diredam dan tidak merusak suhu spesifikasi maksimum dari TEG (Adli et al, 2016).

b. Proses Pengukuran P_L dan R_{int} elemen TEG 10W-4V-40s

Pengukuran P_L dilakukan dengan memvariasikan T_c konstan pada suhu 30°C , dengan T_h bervariasi dari 40°C sampai 80°C , dan R_L dari $0\ \Omega$ sampai $20\ \Omega$. Besarnya daya diperoleh diketahui melalui persamaan 1.

$$P_L = I_L^2 (R_{int} + R_L) \quad (1)$$

Nilai R_{int} diperoleh dengan membandingkan tegangan *open circuit* (V_{oc}) terhadap arus beban I_L dan R_L seperti terlihat pada rangkaian berikut.



Gambar 2. Rangkaian pengukuran R_{int} elemen TEG

Arus yang mengalir pada R_{int} dan R_L yang terhubung seri adalah konstan, sehingga besarnya nilai R_{int} dapat diketahui melalui persamaan 1 berikut.

$$V_{oc} = V_L \quad (2)$$

$$V_L = I_L (R_{int} + R_L) \quad (3)$$

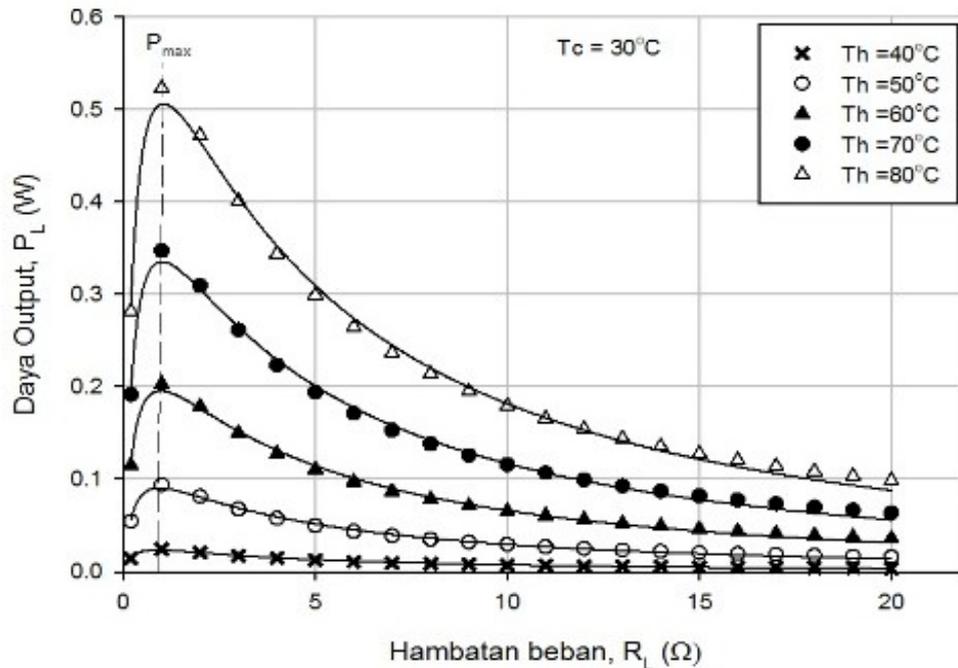
Dengan mensubstitusikan persamaan 3 ke persamaan 2, maka nilai R_{int} dapat ditulis menjadi persamaan 4.

$$R_{int} = \frac{V_{oc}}{I_L} - R_L \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya output termoelektrik sangat bergantung pada perbedaan suhu di kedua sisi elemen TEG serta nilai hambatan beban (R_L). Semakin besar perbedaan suhu

maka daya yang dihasilkan juga semakin besar dimana puncak daya maksimum diperoleh pada saat hambatan beban (R_L) sebanding dengan hambatan internal (R_{in}) elemen. Besarnya daya yang dihasilkan diperoleh melalui variasi ΔT dan R_L seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hubungan daya output elemen TEG (P_L) terhadap variasi hambatan R_L untuk setiap perbedaan suhu (ΔT) dengan $T_c=30^\circ\text{C}$

Tabel 1. Nilai P_{max} elemen TEG untuk setiap kondisi ΔT

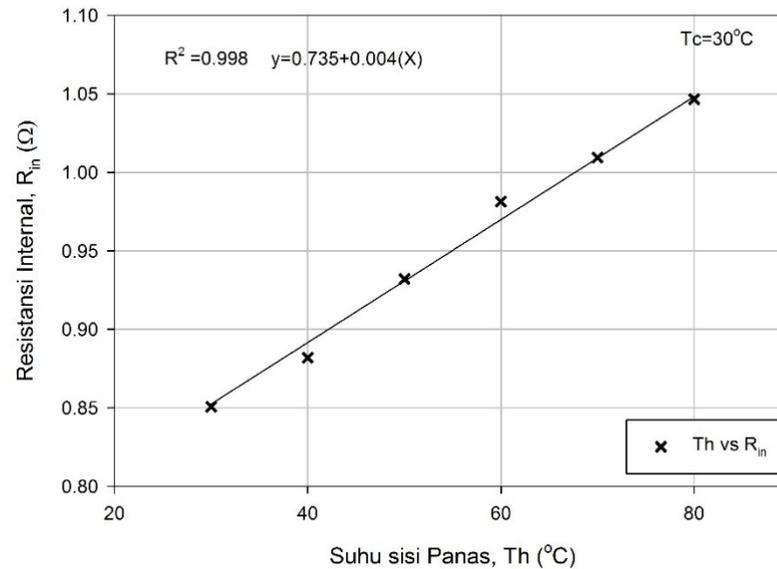
No.	T_h ($^\circ\text{C}$)	T_c ($^\circ\text{C}$)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	P_{max} (W)
1.	40	30	10	0.0245
2.	50		20	0.0939
3.	60		30	0.2029
4.	70		40	0.3472
5.	80		50	0.5229

Daya output (P_L) elemen termoelektrik bernilai maksimum pada saat $R_L=1 \Omega$ atau pada saat beban minimum. Tabel 1 menjelaskan besarnya daya maksimum TEG untuk setiap kondisi ΔT . Parameter P_L paling besar pada

pengukuran ini terletak pada $\Delta T=50^\circ\text{C}$ dengan hambatan beban sebesar 1Ω , setelah daya maksimum tercapai maka daya output TEG mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya nilai R_L . Daya output masih bisa bertambah jika ΔT

dikedua sisi elemen juga diperbesar namun hal ini sulit untuk dilakukan pada suhu tinggi dikarenakan Semakin tinggi T_h maka panas yang dapat menembus sisi dingin elemen (T_c) juga semakin besar.

Selain itu kurva output TEG pada gambar 3 tersebut memperlihatkan pergeseran puncak daya sebagai akibat dari penambahan hambatan beban (R_L) dan hambatan internal (R_{int}) dari elemen TEG.



Gambar 4 Pengaruh suhu terhadap hambatan internal elemen TEG

Hambatan internal (R_{int}) elemen TEG tipe 10W-4V-40s pada rentang suhu 30°C sampai 80°C berkisar dari 0.85 Ω sampai 1.043 Ω, seiring dengan bertambahnya ΔT hambatan internal TEG juga bertambah. Hal ini menandakan bahwa elemen TEG tidak hanya bergantung pada ΔT di kedua sisi modul saja, akan tetapi juga sangat bergantung kepada besarnya range suhu yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Daya maksimum P_{max} pada ΔT bervariasi berturut-turut dari $\Delta T=10^\circ\text{C}$, 20°C , 30°C , 40°C dan 50°C adalah 0.0245 W, 0.0939 W, 0.2029 W, 0.3472 W dan 0.5229 W pada saat $R_L = 1 \Omega$.
2. Nilai hambatan internal R_{int} elemen TEG tidak konstan akan tetapi bergantung terhadap perbedaan dan rentang suhu yang digunakan, nilai R_{int} maksimum diperoleh sebesar 1.043 Ω dengan $\Delta T=50^\circ\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, W., Walfred, T., Defrianto, Umar, L. 2016. Simulasi 3 Dimensi Distribusi Panas Plat Knalpot Mobil untuk Elemen Termoelektrik. *Komunikasi Fisika Indonesia*. Vol. 13, 793-800.
- Arman Molki.2010.Simple Demonstration of the Seebeck Effect, *The Petroleum institute, abu dhabi, united emirates*, Science Education Review.
- Energy Information Administration (EIA).2016.*International Energy Outlook (IEO)*, Washington, DC: U.S. Department of Energy.
- O'Hanley, H.2009. *Performance of a Stove Mounted Thermoelectric Generator*, Measurement and Instrumentation, MIT, USA.
- Statistik PLN 2013*.2013.Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero).
- Tambunan, W., Umar, L., dan Fuji, D.2015. *Pengembangan dan Optimalisasi Elemen Peltier Sebagai Generator Termal Memanfaatkan Energi Panas Terbuang*, *Komunikasi Fisika Indonesia*.Vol(12), 720-726.
- Thacher, E.F., Helenbrook, B.T., Karri, M.A., Ritcher, C.J.2007.*Testing of an Automobile Exhaust Thermoelectric Generator in a Light Truck*. Proc. I MECH E, Part D:J.Automobile Engineering Vol 221,1,95-107.

PENGARUH AKTIVASI KIMIA DENGAN BANTUAN IRADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT FISIS KARBON AKTIF DARI SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN

Nurlisa Kartikasari¹, Rakhmawati Farma², Awitdrus³

¹Mahasiswa Program Studi S1 Fisika¹

^{2,3}Dosen Jurusan Fisika²

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail: nurlisakartikasari@gmail.com

ABSTRACT

The percentage of KOH affects the quality of activated carbon. In this research the activated carbon has been made of biomass from rice husk by using the process carbonization, chemical activation using Potassium Hydroxide varied percentage for 5%, 10%, 15% and 20% from the mass of sample and microwave irradiation power by 450 Watt. The surface morphology of activated carbon for the sample KA10 produced the even pores structure and lots of pores more than sample KA5, KA15 and KA20. The analysis results of surface morphology of activated also supported by analysis atomic adsorption spectroscopy (AAS) show that sample KA10 has the highest heavy metal adsorption 92,40% for Ni, 91,31% for Pb and 70,24% for Zn.

Keywords : Rice husk, activaed carbon, potassium hidroxide, microwave irradiation, adsorption, heavy metals.

ABSTRAK

Persentase aktivator Kalium Hidroksida (KOH) dapat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Pada penelitian ini karbon aktif dibuat dari biomassa yang berbahan dasar sekam padi dengan melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia dengan menggunakan aktivator KOH dengan variasi persentase 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat sampel dan iradiasi gelombang mikro dengan daya 450 Watt selama 15 menit. Morfologi permukaan karbon aktif untuk sampel KA10 menghasilkan struktur pori yang lebih teratur dan pori-pori yang lebih banyak daripada sampel KA5, KA15 dan KA20. Hasil analisa morfologi permukaan karbon aktif didukung dengan analisa daya serap karbon aktif yang menunjukkan bahwa sampel KA10 memiliki daya serap logam berat terbesar yaitu 92,40% untuk Ni, 91,31% untuk logam Pb dan 70,24% untuk logam Zn.

Kata Kunci : Sekam padi, karbon aktif, kalium hidroksida, iradiasi gelombang mikro, adsorpsi, logam berat.

PENDAHULUAN

Laut Indonesia yang sangat luas menjadikan Indonesia sebagai negara bahari dan kepulauan terbesar di dunia dengan potensi

pemanfaatan sumber daya laut didalamnya. Seiring pemanfaatan sumber daya laut ini, laut terancam oleh banyaknya tekanan dari aktivitas manusia sehingga menyebabkan

air laut menjadi tercemar (**Syakti et al., 2012**).Aktivitas industri merupakan salah satu sumber utama pencemaran air laut karena penggunaan logam berat seperti Ni, Pb, Zn, Cd dan Cu dalam proses industrinya (**Siregar dan Edward, 2010**).

Adanya kandungan logam berat pada air laut berbahaya bagi kehidupan organisme dan efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia.Teknik adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan air secara fisika yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam berat yang terdapat pada air laut. Teknik adsorpsi dapat digunakan untuk menghilangkan bahan-bahan organik atau logam berat terlarut yang tidak diinginkan(**Suprihatin dan Suparno, 2013**). Bahan adsorben yang biasa digunakan adalah karbon aktif(**Tirono dan Sabit, 2011**).

Sekam padi adalah salah satu yang dapat dijadikan karbon aktif karena sekam padi merupakan limbah biomassa dari hasil olahan pertanian.Sekam merupakan kulit padi yang dihasilkan dari proses penggilingan untuk memisahkan padi dari kulitnya. Sekam padi memiliki kerapatan jenis $1,125 \text{ kg/m}^3$.Sekam padi mempunyai komposisi selulosa yang dapat dikonversikan menjadi karbon (**Siahaan et al., 2013**).Sekam padi memiliki kandungan unsur karbon sebesar 48,9% (**Wannapeeraet al., 2008**).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase aktivator kimia terhadap morfologi permukaan dan daya serap karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif dibuat dari sekam padi diaktivasi kimia dengan variasi persentase KOH 5%, 15%, 20% dan 20%, kemudian dilakukan iradisi gelombang mikro dengan daya 450 watt. Pengujian dilakukan pada air laut yang berada di daerah Dumai dengan indikator yang diuji yaitu kandungan logam berat diantaranya Ni, Pb dan Zn sebelum dan setelah ditambahkan karbon aktif.

METODE PENELITIAN

Sekam padi yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi yang berasal dari persawahan warga kota Payakumbuh, Sumatera Barat. Sekam padi yang sudah didapatkan dilakukan pengayakan untuk memisahkan sekam padi dari sisa-sisa beras. Sekam padi kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 3-4 hari sampai massa sekam padi konstan yang menandakan tidak ada lagi air yang terkandung dalam sekam padi.

Sekam padi yang sudah benar-benar kering dan telah memiliki massa yang konstan, selanjutnya di pra-karbonisasi. Proses pra-karbonisasi dilakukan dengan menggunakan oven listrik pada suhu 200°C selama 3 jam. Setelah proses pra-karbonisasi karbon digerus

dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh hingga dihasilkan produk serbuk karbon swamerekat (SKSM). SKSM selanjutnya di aktivasi yang bertujuan untuk memperbanyak pori dan memperbesar luas permukaan karbon aktif sehingga daya serap karbon aktif akan meningkat. Aktivasi yang dilakukan yaitu dengan proses aktivasi kimia menggunakan aktivator kalium hidroksida (KOH). Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan gelas *beaker* yang diisi air suling sebanyak 300 mL, selanjutnya ditambahkan padatan KOH sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat SKSM, kemudian perlahan-lahan masukkan SKSM sebanyak 30 gram. Aduk larutan menggunakan *stirring hotplate* dan *magnetic stirrer* pada suhu ruang (30°C) dengan kecepatan pengadukan 400 rpm selama 20 jam. Tutup gelas *beaker* dengan menggunakan aluminium foil.

Karbon aktif yang telah di aktivasi kimia kemudian dilakukan proses iradiasi gelombang mikro menggunakan oven *microwave* dengan daya 450 watt selama 15 menit. Tahap terakhir pembuatan karbon aktif dari sekam padi yaitu proses pencucian dan pengeringan. Tahap pencucian dilakukan dengan cara merendam karbon aktif dengan air suling, pencucian karbon aktif dilakukan secara berulang-ulang hingga mencapai pH netral (pH~7). Pengujian nilai pH menggunakan

kertas lakmus yang dilakukan setiap penggantian air suling sampai pH~7. Karbon aktif dengan pH netral kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 24 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi karbon aktif dilakukan untuk mengetahui *yield* karbon aktif, morfologi permukaan, dan daya serap karbon aktif terhadap logam berat yang terdapat pada pesisir air laut Dumai.

A. Hasil Pra-Karbonisasi Karbon Aktif Sekam Padi

Proses pra-karbonisasi menyebabkan perubahan warna sekam padi yang disebabkan senyawa-senyawa kompleks yang menyusun material organik terurai menjadi arang dengan kandungan unsur karbon yang tinggi (Destyorini *et al.*, 2010). Sekam padi sebelum melalui proses pra-karbonisasi berwarna kuning keemasan, sementara sekam padi yang telah melalui proses pra-karbonisasi berubah warna menjadi coklat kehitaman. Hasil pra-karbonisasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 1. Sekam Padi (a) Sebelum Pra-Karbonisasi dan (b) Setelah Pra-Karbonisasi

Proses pra-karbonisasi juga menyebabkan penyusutan massa sekam padi. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata penyusutan massa sekam sekam padi setelah proses pra-karbonisasi sebesar 39,03% dari massa awal sampel. Sekam padi yang di pra-karbonisasi mengalami penyusutan massa karena hilangnya kandungan air pada sampel dan terurainya material organik seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin menjadi unsur karbon (*Bangun et al., 2016*).

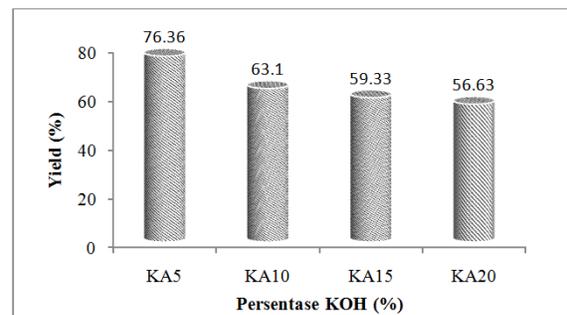
Tabel 1. Penyusutan massa sekam padi pada proses pra-karbonisasi

Pra-Karbonisasi ke-	Massa Sekam Padi Sebelum (gram)	Massa Sekam Padi Setelah (gram)	Penyusutan Massa (%)
1	30	19,90	33,66
2	30	20,15	32,83
3	30	18,86	37,13
4	30	18,32	38,93
5	30	15,65	47,83
6	30	16,85	43,83
		Rata-rata	39,03

B. Yield Karbon Aktif

KOH digunakan sebagai aktivator karena dapat bereaksi dengan karbon dan bisa menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon sehingga membuat karbon menjadi lebih berpori yang akan berpengaruh pada daya serapnya (*Apriani et al., 2013*). Proses selanjutnya yaitu iradiasi gelombang mikro dengan daya 450 Watt selama 15 menit dapat menghilangkan kadar air dan membentuk pori

karbon aktif secara maksimum (*Ahmed dan Theydan, 2014*). Karbon aktif sebelum dan setelah dilakukan iradiasi gelombang mikro ditimbang untuk mendapatkan nilai *yield* karbon aktif. *Yield* karbon aktif dengan variasi persentase KOH untuk sampel KA5, KA10, KA15 dan KA20 dapat dilihat pada Gambar 1



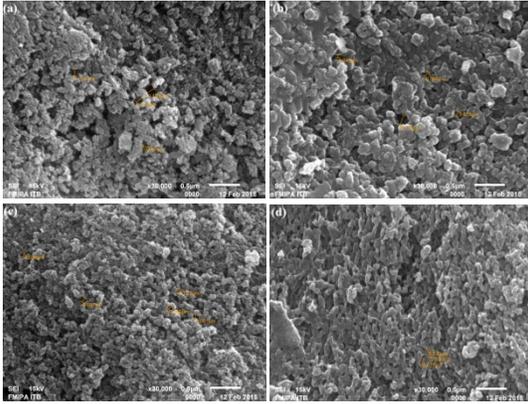
Gambar 2. Yield karbon aktif

Gambar 1 menunjukkan *yield* karbon aktif untuk masing-masing sampel dimana semakin tinggi persentase KOH maka *yield* karbon aktif akan semakin rendah. Menurut *Erlina et al., (2015)* penggunaan KOH selama proses aktivasi menghasilkan degradasi material yang akan membentuk pori. Semakin besar persentase KOH maka semakin besar degradasi material yang terjadi sehingga nilai *yield* karbon aktif akan semakin menurun.

C. Analisa Scanning Electron Microscopy

Morfologi permukaan karbon aktif sekam padi dapat diketahui dengan cara melihat bentuk permukaan, ukuran dan distribusi pori dengan menggunakan *Scanning*

Electron microscopy (SEM). Gambar2 menunjukkan morfologi permukaan karbon aktif sekam padi untuk setiap variasi persentase KOH.



Gambar 3. Hasil SEM dengan Perbesaran 3000x (a) KA5 (b) KA10(c) KA15 (d) KA20

Gambar 2(a) menampilkan morfologi permukaan sampel KA5, dimana pori-pori yang dihasilkan memiliki struktur pori yang tidak teratur dengan jumlah pori yang lebih sedikit karena masih tertutup oleh zat-zat pengotor. Gambar 2(b) menampilkan morfologi permukaan sampel KA10 yang memiliki struktur pori yang lebih teratur daripada sampel KA5 dengan jumlah pori-pori yang lebih banyak dibandingkan sampel KA5. Gambar 2(c) menampilkan morfologi permukaan sampel KA15 dimana terlihat pori-pori karbon aktifnya semakin kecil dan sedikit, hal ini dikarenakan saat pengaktifan menggunakan iradiasi gelombang mikro sampel KA15 terbakar sehingga pembentukan pori tidak maksimal. Gambar 2(d)

menampilkan morfologi permukaan sampel KA20, dimana pori-pori yang dihasilkan juga sedikit karena masih terdapat kandungan zat pengotor pada sampel karbon aktif, selain itu disebabkan juga penggunaan aktivator KOH yang berlebih sehingga menyebabkan pori-pori karbon aktif yang terbentuk menjadi rusak (Santoso *et al.*, 2014).

Pori-pori karbon aktif yang dihasilkan pada sampel KA5, KA10 dan KA15 tergolong ke dalam makropori dimana diameter porinya berturut-turut adalah 0,148 μ m, 0,173 μ m dan 0,064 μ m, sedangkan sampel KA20 tergolong ke dalam mesopori dengan diameter pori 0,041 μ m. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan sampel KA10 memiliki luas permukaan terbesar dengan jumlah pori-pori yang banyak.

D. Analisa Daya Serap Karbon Aktif

Daya serap karbon aktif dapat diketahui dengan cara mengetahui persentase logam berat sebelum dan sesudah diberikan karbon aktif menggunakan alat spektroskopi serapan atom (SSA). Logam berat yang akan diukur yaitu logam Ni, Pb, dan Zn yang terdapat pada air laut Dumai dengan konsentrasi awal 1,250 ppm untuk logam Ni, 1,530 ppm untuk logam Pb dan 0,551 untuk logam Zn. Besar konsentrasi logam berat setelah diberikan

karbon aktif untuk setiap variasi persentase KOH dapat dilihat pada Tabel 1.

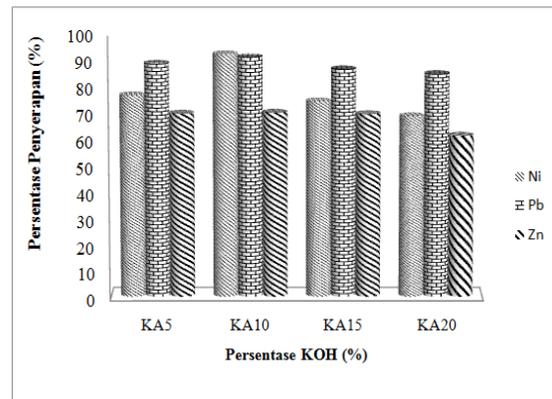
Tabel 2.Konsentrasi Logam Berat pada Air Laut Dumai Setelah Diberikan Karbon Aktif

Sampel	Ni (ppm)	Daya Serap (%)	Logam Berat			Daya Serap (%)
			Pb (ppm)	Daya Serap (%)	Zn (ppm)	
KA5	0,284	76,88	0,172	88,75	0,551	69,87
KA10	0,095	92,40	0,133	91,31	0,166	70,24
KA15	0,318	74,56	0,203	86,73	0,167	69,69
KA20	0,389	68,88	0,231	84,90	0,212	61,52

Konsentrasi logam berat yang terdapat pada air laut Dumai menurun setelah diberikan karbon aktif. Sampel KA10 memiliki konsentrasi logam berat yang paling rendah, yaitu 0,095 untuk logam Ni, 0,133 untuk logam Pb dan 0,164 untuk logam Zn, sedangkan sampel KA20 merupakan sampel dengan konsentrasi logam berat tertinggi, yaitu 0,389 untuk logam Ni, 0,231 untuk logam Pb dan 0,212 untuk logam Zn.

Persentase daya serap yang paling tinggi adalah pada sampel KA10 dengan daya serap sebesar 92,40% untuk logam Ni, 91,31% untuk logam Pb dan 70,24% untuk logam Zn. Daya serap yang paling rendah dihasilkan oleh sampel KA20 dengan daya serap sebesar 68,88% untuk logam Ni, 84,90% untuk logam Pb dan 61,52% untuk logam Zn. Hal ini menandakan bahwa pemberian persentase KOH yang optimum berada pada sampel KA10, sedangkan pada sampel KA15 dan

KA20 efisiensi adsorpsi menurun yang disebabkan oleh penggunaan persentase aktivator KOH yang berlebih sehingga aktivasi karbon aktif tidak terjadi secara maksimal (Erlina *et al.*, 2015). Berdasarkan Tabel 1 dapat dibuat grafik antara persentase daya serap karbon aktif dan persentase KOH seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 4.Persentase Penyerapan Logam Berat

Besar daya serap karbon aktif yang didapat pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Erlina *et al.*, (2015) yang membuat karbon aktif dari tempurung kelapa menggunakan aktivator KOH dengan besar persentase penyerapan 83,57%.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Karbon aktif dari sekam padi telah berhasil dibuat dengan proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia menggunakan KOH dengan

variasi persentase 5%, 10%, 15% dan 20% dari massa karbon aktif dan dengan bantuan iradiasi gelombang mikro.

- Analisa morfologi permukaan karbon aktif menunjukkan bahwa sampel KA10 mempunyai pori-pori yang lebih teratur dan lebih banyak dibandingkan sampel KA5, KA15 dan KA20
- Daya serap karbon aktif terhadap logam berat menunjukkan bahwa sampel KA10 mempunyai daya serap yang lebih baik dengan persentase daya serap sebesar 92,40% untuk logam Ni, 91,31% untuk logam Pb dan 70,24% untuk logam Zn.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M.J., dan Theydan, S.K. 2014. Optimisation of Microwave Preparation Conditions for Activated Carbon from Albizia Lebbeck Seed Pods for Methylene Blue Dye Adsorption. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 105 (2014) : 199-208.
- Apriani, R., Faryuni, I.D., dan Wahyuni, D. 2013. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *Jurnal Prisma Fisika*. 1(2) : 82-86.
- Bangun, T.A., Zaharah, T.A., dan Shofiyani A. 2016. Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Buah Karet untuk Adsorpsi Ion Besi (II) dalam Larutan. *JKK UNTAN*. 5(3) : 18-24.
- Destyorini, F., Suhandi, A., Subhan, A., dan Indayaningsih N. 2010. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *Jurnal Himpunan Fisika Indonesia*. 10(2) : 122-132.
- Erlina, Umiatin, Budi, E. 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Cu. *Jurnal Fisika UNJ*. 4 : 55-60.
- Santoso, R.H., Susilo, B., dan Nugroho, A.N. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) menggunakan Activating Agent KOH. *Jurnal Keteknik Tropis dan Biosistem*. 2(3): 279-286.
- Siahaan, S., Hutapea, M., dan Hasibuan, R. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(1): 26-30.
- Siregar Y., dan Edward, J. 2010. Faktor Konsentrasi Pb, Cd, Cu, Ni, Zn dalam Sedimen Perairan Pesisir Kota Dumai. *Jurnal Ilmu Kelautan, FPIK, UR*. 1 : 01-10
- Suprihatin dan Suparno, O. 2013. *Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri*. Bogor : IPB Press.
- Syakti, A.D., Hidayati, N.V., dan Siregar, A.S. 2012. *Agenda Pencemaran Laut*. Bogor : IPB Press.
- Tirono, M., dan Sabit, A. 2011. Efek Suhu pada Proses Pengarangan terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *Jurnal Neutrino*. 3 : 143-152.

Wannapeera, J., Worasuwannarak, N., dan Pipatmanomai, S. 2008. Product Yields and Characteristics of Rice Husk, Rice Straw and Corncob during Fast Pyrolysis in a Drop-tube/Fixed-bed Reactor. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 30(3) : 393-404.

UJI KESESUAIAN BERKAS SINAR-X DENGAN BERKAS KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD RADEN MATTAHER JAMBI

Enggel Fransiska¹, Nehru¹, Muhammad Ficky Afrianto¹

¹ Program Studi Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

Jl. Jambi-Ma. Bulian KM 15 Mendalo Darat Jambi 36361

E-mail: enggelfransiska@gmail.com

ABSTRACT

The collimator test is one of the X-ray Quality Control (QC) program, one of the central point beam testing and the area of the collimator beam using the RMI unit. The purpose of the collimator test is to find out the suitability of the broad field of collimator with the area of X-ray beam in tolerance of $\leq 2\%$ Focus Film Distance (FFD) and the correspondence of the X-ray center point in tolerance $\Theta = 3^\circ$ as determined by the Minister of Health Decree No. 1250 / SK / XII / 2009. The study was conducted using variations of FFD at 100 Cm, 90 Cm, 80 Cm, on three X-ray radiation radiology radiation RSUD Raden Matther Jambi. In this study using digital radiograph unit (DR) or computed radiography, no longer using conventional radiographs such as previous studies. Irregularities or wide discrepancies in the area of the X-ray beam are evaluated by evaluating the firm boundary of the line formed by the X-axis and Y-axis, then determining the midpoint between the line boundary and the radiation boundary of the scatter. The deviation results concluded that there was no deviation at the central point of X-ray beam for all X-ray aircraft tested by all aircraft still within the tolerance threshold $\Theta = 3^\circ$. But for the value of the collimator area all the X-ray machine tested has deviations exceeding the predefined 2% FFD threshold where the radiologic france plane occurs deviation on the Y axis with FFD 90 Cm and 80 Cm, hyundai medicaly X-ray on X axis with FFD 100 Cm and 80 Cm, Y axis with FFD 80 Cm, and on villa sistei medicali SpA plane on X axis with FFD 80 Cm, Y axis at FFD 80 Cm.

Keywords : X-ray beam, computed radiography, X-ray machine, Focus Film Distance

ABSTRAK

Pengujian kolimator merupakan salah satu program Quality Control (QC) pesawat sinar-X, salah satu pengujian berkas titik pusat dan luas berkas kolimator dengan menggunakan unit RMI. Tujuan pengujian kolimator adalah untuk mengetahui kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X dalam toleransi $\leq 2\%$ Focus Film Distance (FFD) dan kesesuaian berkas titik pusat sinar-X dalam toleransi $\Theta = 3^\circ$ yang telah ditentukan oleh Keputusan Menteri Kesehatan No. 1250/SK/XII/2009. Penelitian dilakukan menggunakan variasi FFD pada jarak 100 Cm, 90 Cm, 80 Cm, pada tiga pesawat sinar-X diinstalasi radiologi RSUD Raden Matther Jambi. Dalam penelitian ini menggunakan unit radiograf digital (DR) atau computed radiography, tidak lagi menggunakan radiograf konvensional seperti penelitian-penelitian sebelumnya. Penyimpangan atau ketidaksesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X dilakukan dengan cara mengevaluasi batas tegas garis yang dibentuk oleh sumbu X dan sumbu Y, kemudian menentukan titik tengah antara batas tegas garis dan batas radiasi hambur. Hasil penyimpangan disimpulkan bahwa tidak terjadi penyimpangan pada titik pusat berkas sinar-X untuk ketiga pesawat sinar-X yang diuji semua pesawat masih berada dalam ambang batas toleransi $\Theta = 3^\circ$. Tetapi untuk nilai luas kolimator semua pesawat sinar-X yang telah diuji mengalami penyimpangan yang melebihi ambang batas 2% FFD yang telah ditetapkan dimana pesawat trophy radiologic france terjadi penyimpangan pada sumbu Y dengan nilai FFD 90 Cm, dan 80 Cm, pesawat hyundai medicaly X-ray pada sumbu X dengan FFD 100 Cm dan 80 Cm, sumbu Y dengan nilai FFD 80 Cm, dan pada pesawat villa sistei medicali S.p.A pada sumbu X dengan FFD 80 Cm, sumbu Y pada FFD 80 Cm.

Kata kunci : Sinar-X, computer radiografi, pesawat sinar-X, Focus Film Distance (FFD)

PENDAHULUAN

Pesawat sinar-X adalah pesawat yang menghasilkan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi (sinar-X) untuk digunakan dalam diagnostik atau terapi. Sinar-X berenergi tinggi yang mampu menembus objek dan membentuk gambaran pada kaset radiografi, sedangkan yang energinya rendah akan diserap oleh bahan objek. Besarnya penyerapan oleh bahan tergantung dari panjang gelombang sinar-X, susunan objek yang terdapat pada alur berkas sinar-X, dan ketebalan serta kerapatan bahan.

Uji Kesesuaian (*Compliance Testing*) adalah uji untuk memastikan bahwa pesawat Sinar-X memenuhi persyaratan keselamatan radiasi dan memberikan informasi diagnosis atau pelaksanaan radiologi yang tepat dan akurat (Chadidjah 2012). Uji kesesuaian merupakan dasar dari suatu program jaminan mutu radiologi diagnostik yang mencakup sebagian tes program jaminan mutu, khususnya parameter yang menyangkut keselamatan radiasi. Tujuan utama Program Jaminan Kualitas (*Quality Assurance Program*) pada Instalasi Radiologi adalah diagnosa pasien yang tepat dan akurat. Tujuan ini akan terkait dengan program jaminan kualitas

menyeluruh yang disesuaikan dengan kebutuhan fasilitas yang mencakup 3 (tiga) hal, yaitu: mengurangi paparan radiasi, peningkatan citra diagnostik dan siasat penekanan biaya (Dwi.2008).

Pada penelitian ini penulis menguji pesawat sinar-X dengan tiga variasi jarak tabung dengan kaset (FFD) yaitu, 80 cm, 90 cm, dan 100 cm. Pengujian dilakukan pada tiga pesawat *X-Ray* yang tersedia diinstalasi radiologi RSUD Raden Mattaher. Penelitian ini dilakukan untuk memastikan pesawat sinar-X yang tersedia diinstalasi radiologi masih berada pada ambang batas atau telah melewati ambang batas yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan No. 1250/SK/XII/2009. Uji kesesuaian ini seharusnya dilakukan secara rutin minimal enam bulan sekali, tetapi pesawat yang ada diinstalasi radiologi RSUD Raden Mattaher sangat jarang dilakukan pengujian satu atau dua tahun sekali pengujian yang dilakukan oleh BATAN menyebabkan pernah terjadinya kesalahan diagnosa pada hasil film radiografi sehingga berakibat fatal pada pendiagnosaan penyakit. Sehingga menjadi salah satu faktor peneliti ingin melakukan uji kesesuaian pada pesawat sinar-X diinstalasi radiologi.

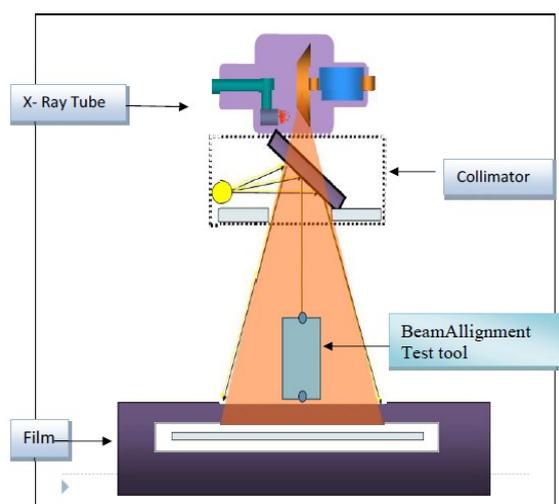
METODE

1. Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah tiga pesawat sinar-X, tropy radiologie france, hyundai medicaly x-ray, dan villa sistemi medical S.p.A, unit RMI colimator test tool dan beam alighment test tool, computed radiografi, imaging plate, dan waterpass.

2. Pengambilan Citra Radiografi

Pengambilan citra radiografi dilakukan dengan persiapan alat beam alighment tes tool dan colimator test tool ditempatkan diatas imaging plate tanpa adanya kemiringan kemudian diatur jarak antara tabung dan kaset atau imaging plate setinggi 80 Cm, tempatkan kaset dan unit RMI colimator tes tool dan beam alighment tes tool dibawah penyinaran pesawat sinar-X yang digunakan kemudian dilakukan pengambilan citra radiografi.



Gambar 1. Skema Uji Kesesuaian Titik Pusat Berkas Sinar- X.
(Sumber : Chadidjah. 2012)

3. Perhitungan Nilai Penyimpangan

Nilai penyimpangan untuk titik pusat berkas sinar-X dan luas kolimator dapat dilakukan perhitungan setelah didapatkan hasil citra radiografi dari setiap FFD yang digunakan pada tiga pesawat sinar-X yang diuji, kemudian dilakukan pengukuran panjang penyimpangan menggunakan computer radiografi, dan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan yang ditetapkan oleh kementerian kesehatan No.1250/SK/XII/2009.

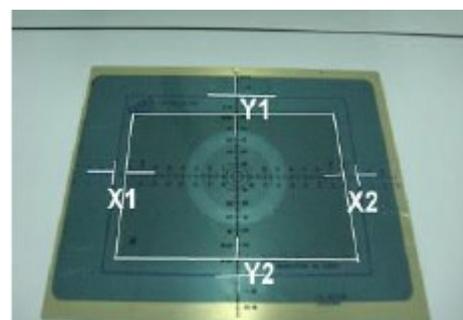
Metode Analisa

1. Luas lapang kolimator sinar-X

Data yang dihasilkan dalam bentuk digital radiografi kemudian dievaluasi dengan melihat batas tegas garis yang dibentuk oleh sumbu X dan sumbu Y. Perhitungan penyimpangan luas kolimator untuk sumbu X dan sumbu Y ditentukan melalui perhitungan:

$$X_1 + X_2 \leq 2 \% \text{ FFD}$$

$$Y_1 + Y_2 \leq 2 \% \text{ FFD}$$

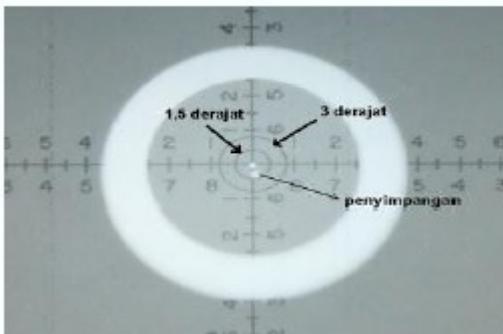


Gambar 2. Pengujian Berkas Kolimator Sinar-X (Sumber :<http://www.gammex.com>)

2. Titik pusat berkas sinar-X

Hasil citra yang didapatkan untuk menentukan titik tengah antara batas tegas garis dan batas radiasi hambur nilai penyimpangan titik tengah atau θ dapat ditentukan melalui perhitungan:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{r(FFD-h-x)}{FFD(h+x)} \right]$$



Gambar 3. Penyimpangan titik pusat berkas Sinar-X (Sumber : Fluke. 2005)

4. Analisa Data

Percobaan ini menggunakan prosedur yang telah ditetapkan oleh kementerian kesehatan No.1250/SK/XII/2009 dengan perlakuan pada tiga merk pesawat yang diulang sebanyak 3 kali

Tabel 1. Hasil penyimpangan titik pusat berkas sinar-X

Jenis Pesawat	FFD		
	100 Cm	90 Cm	80Cm
Trophy Radiologie France	0,95°	0,74°	0,26°
Hyundai Medicaly X-Ray	0,81°	1,48°	0,06°
Villa Sistemi Medicali S.p.A	1,44°	1,09°	0,46°

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa uji kesesuaian untuk berkas titik pusat pada

pengambilan citra dengan variasi jarak atau FFD yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penyimpangan Berkas Titik Pusat Sinar-X

Dalam penelitian ini untuk menentukan ketepatan titik pusat berkas sinar-X batas toleransi yang ditetapkan oleh Radiation safety Act 1975, Diagnostic X-Ray Uquipment Compliance Test 2000 serta National Council on Radiation Protection and Measurment (NCRP) yaitu $\leq 3^\circ$. Dimana pada Collimator test tool sudah diketahui jarak antara pusat berkas sinar-X dan lingkaran kecil 4 mm (0,4 cm) pada kemiringan 1,5°, sedangkan lingkaran besar dengan jarak 8 mm (0,8 cm) pada kemiringan 3°.

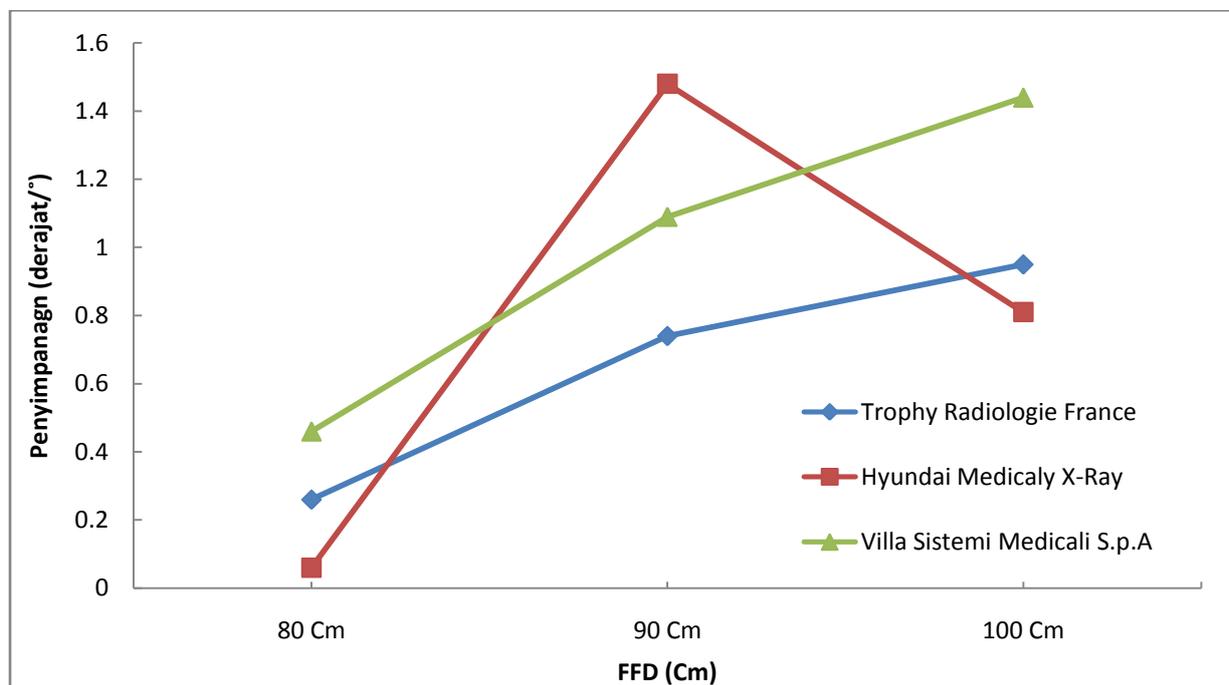
Dari hasil pengukuran citra beam radiografi dari Beam Alighnment dengan variasi FFD 100 Cm, 90 Cm, 80 Cm dengan menggunakan persamaan 4, maka diperoleh hasil pada tabel 1.

pesawat sinar-X yang ada diinstalasi radiologi RSUD Raden Mattaher jambi

masih berada dalam ambang batas ketentuan oleh kemenkes yaitu $\Theta \leq 3^\circ$.

Hasil yang didapat pada pengujian tidak ada yang melebihi 3° , nilai yang didapatkan untuk pesawat Trophy Radiologie France pada FFD 100 Cm = $0,95^\circ$, FFD 90 Cm = $0,74^\circ$, FFD 80 Cm = $0,26^\circ$, untuk pesawat Hyundai Medicaly X-Ray pada FFD 100 Cm = $0,81^\circ$, FFD 90 Cm = $1,48^\circ$,

FFD 80 Cm = $0,06^\circ$, dan untuk pesawat Villa Sistemi Medicali S.p.A pada FFD 100 Cm = $1,44^\circ$, FFD 90 Cm = $1,09^\circ$, FFD 80 Cm = $0,46^\circ$. Untuk nilai tertinggi penyimpangan berkas titik pusat yang didapatkan yaitu pada pesawat Hyundai Medicaly X-Ray $\Theta = 1,48^\circ$ pada FFD 90 Cm dan nilai terendah pada FFD 80 Cm dengan $\Theta = 0,06^\circ$.



Gambar 4. Grafik penyimpangan berkas titik pusat sinar-X

Dari grafik yang terbentuk dapat dilihat bahwa semakin besar FFD maka nilai penyimpangan atau Θ akan semakin bertambah, begitu pula sebaliknya semakin kecil FFD nilai Θ yang didapatkan akan semakin berkurang. Pada grafik diatas dapat dilihat pada FFD 90 Cm pesawat hyundai terjadi perbedaan nilai yang sangat signifikan dimana dari nilai $0,81^\circ$

meningkat menjadi $1,48^\circ$ dan turun kembali menjadi $0,06^\circ$ hal ini dapat disebabkan oleh tidak mampunya daya pesawat mendapatkan titik fokus pada jarak 90 Cm dan menurunnya kualitas pesawat sinar-X yang disebabkan oleh tidak mampunya pesawat dalam menghasilkan sinar-X dan menurunnya kemampuan katup colimator pesawat

sinar-X dalam mengatur jumlah sinar-X yang dikeluarkan yang menyebabkan terjadinya penyimpangan. Namun penyimpangan berkas titik pusat pada pesawat hyundai masih berada dalam ambang batas ketentuan yaitu $\leq 3^\circ$.

Sehingga dapat di katakan untuk uji ketepatan titik pusat pada tiga pesawat sinar-X semakin besar jarak yang diberikan pada saat pengambilan citra radiografi maka nilai penyimpangan titik

pusat pesawat sinar-X juga akan semakin bertambah, namun dalam pengujian pada pesawat sinar-X diinstalasi radiologi RSUD Raden Mattaher Jambi masih berada dalam ambang batas normal atau aman untuk digunakan dan sesuai dengan keputusan menteri kesehatan No. 1250/SK/XII/2009 bahwa nilai Θ untuk setiap pesawat sinar-X yang boleh digunakan yaitu $\leq 3^\circ$.

2.Penyimpangan Luas Kolimator Sinar-X

Tabel 2. Hasil uji kesesuaian luas kolimator pesawat sinar-X

Jenis Pesawat		FFD			Uji kesesuaian
		100 Cm	90 Cm	80 Cm	
Trophy Radiologie France	X1 + X2	0,5 Cm	0,6 Cm	0,9 Cm	√
	Y1 + Y2	2 Cm	2,1 Cm	2,7 Cm	X
Hyundai Medicaly X-Ray	X1 + X2	2,5 Cm	0,2 Cm	3 Cm	X
	Y1 + Y2	0,4 Cm	0 Cm	2 Cm	X
Villa Sistemi Medicali S.p.A	X1 + X2	1,4 Cm	1,6 Cm	2 Cm	X
	Y1 + Y2	1 Cm	1,4 Cm	2,2 Cm	X
	Toleransi	2 Cm	1,8 Cm	1,6 Cm	

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa pada uji kesesuaian luas kolimator pesawat sinar-X dengan toleransi untuk

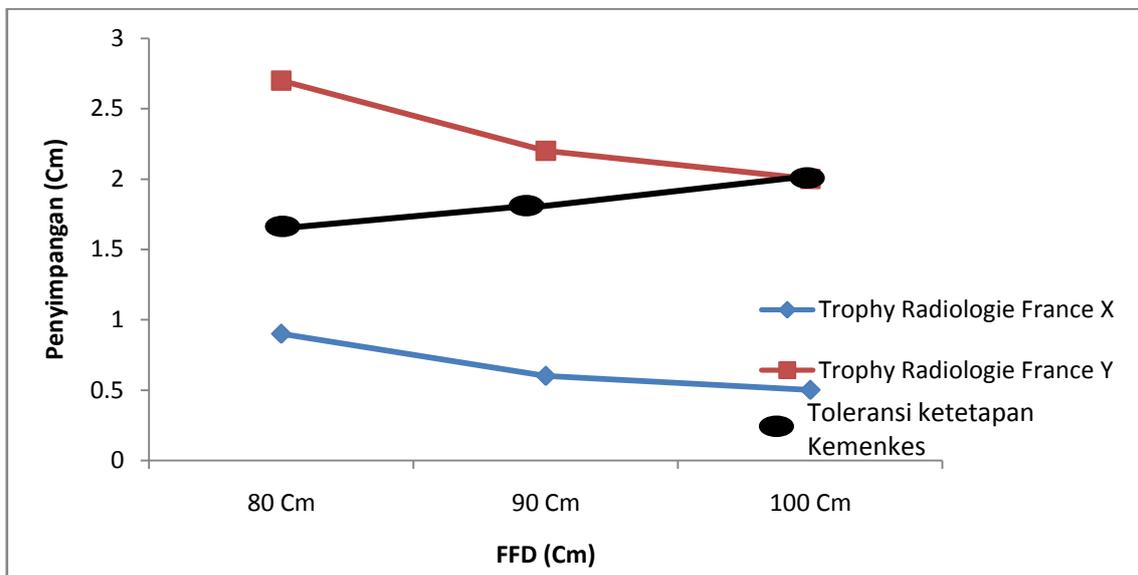
tiap FFD 100 Cm = 2 Cm, 90 Cm = 1,8 Cm, 80 Cm = 1,6 Cm.

Gambar 5 menunjukkan grafik penyimpangan pada pesawat trophy radiologie france dimana penyimpangan terjadi pada sumbu Y yang telah melebihi ambang batas 2% dari FFD yang diberikan oleh kemenkes yaitu pada FFD 80 Cm =

2,7 Cm, 90 Cm = 2,1 Cm, dan 100 Cm = 2 Cm sedangkan untuk sumbu X setiap FFD yang diuji pesawat trophy berada dalam ambang batas yang ditentukan 80 Cm = 0,9 Cm, 90 Cm = 0,6 Cm, dan 100 Cm = 0,5 Cm. Sehingga pesawat Trophy Radiologie France ini sesuai ketentuan dari kemenkes jika melebihi 2% FFD tidak layak untuk digunakan dalam pengambilan citra radiografi. Dari garafik diatas didapatkan penyimpangan pada sumbu X pada FFD 100 Cm = 2,5 Cm, dan 80 Cm =

3 Cm sedangkan pada pada FFD 90 Cm berada dalam ambang batas yang ditentukan, untuk sumbu Y penyimpangan terjadi pada FFD 80 Cm = 2 Cm sedangkan untuk FFD 90 Cm = 0,2 Cm dan 100 Cm = 0,4 Cm berada dalam ambang batas normal. Sehingga untuk pesawat Hyundai Medicaly X-Ray masih dapat dilakukan pengambilan citra radiografi hanya pada FFD 90 Cm, untuk FFD 100 Cm dan 80 Cm telah melebihi ambang batas ketentuan yang ditetapkan. Gambar 7 menunjukkan pemyimpangan luas kolimator pada pesawat Villa Sistemi Medicali S.p.A dimana terjadi penyimpangan pada sumbu X pada FFD

80 Cm = 2 Cm sedangkan pada FFD 100 Cm = 1,4 Cm dan 90 Cm = 1,6 Cm berada dalam ambang batas yang ditetapkan, untuk sumbu Y penyimpangan juga terjadi pada FFD 80 Cm = 2,2 Cm sedangkan pada FFD 100 Cm = 1 Cm dan 90 Cm = 1,4 Cm berada dalam ambang batas. Sehingga didapatkan untuk pesawat Villa Sistemi Medicali S.p.A dapat dipergunakan untuk pengambilan citra radiografi pada FFD 100 Cm dan 90 Cm karena tidak terjadinya penyimpangan yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh kemenkes.



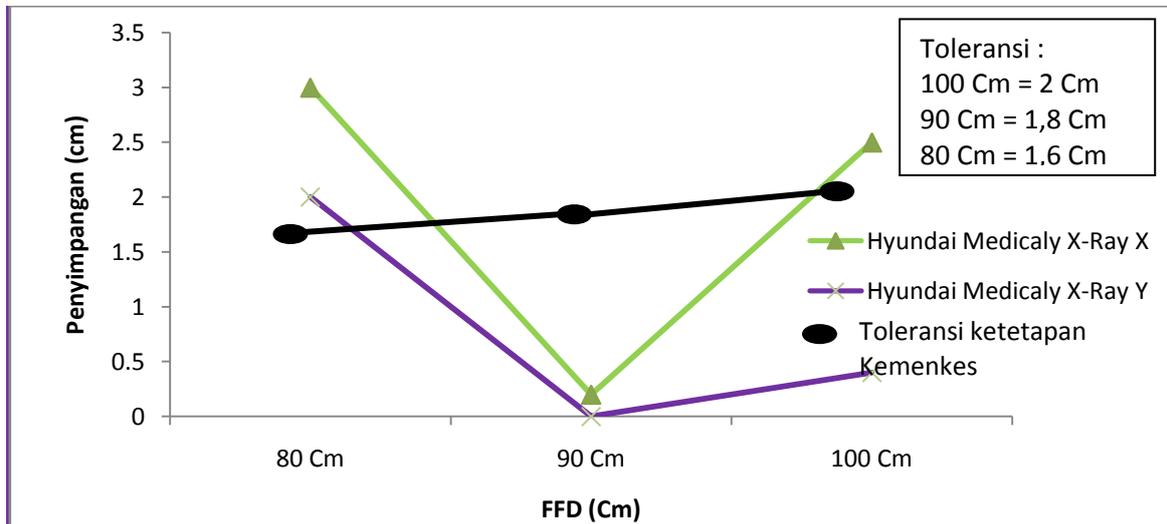
Gambar 5. Grafik penyimpangan luas kolimator pada pesawat Trophy Radiologie France

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk luas kolimator pada tiga pesawat sinar-X diinstalasi radiologi RSUD Raden Mattaher Jambi didapatkan terjadinya kemiringan luas kolimator pada

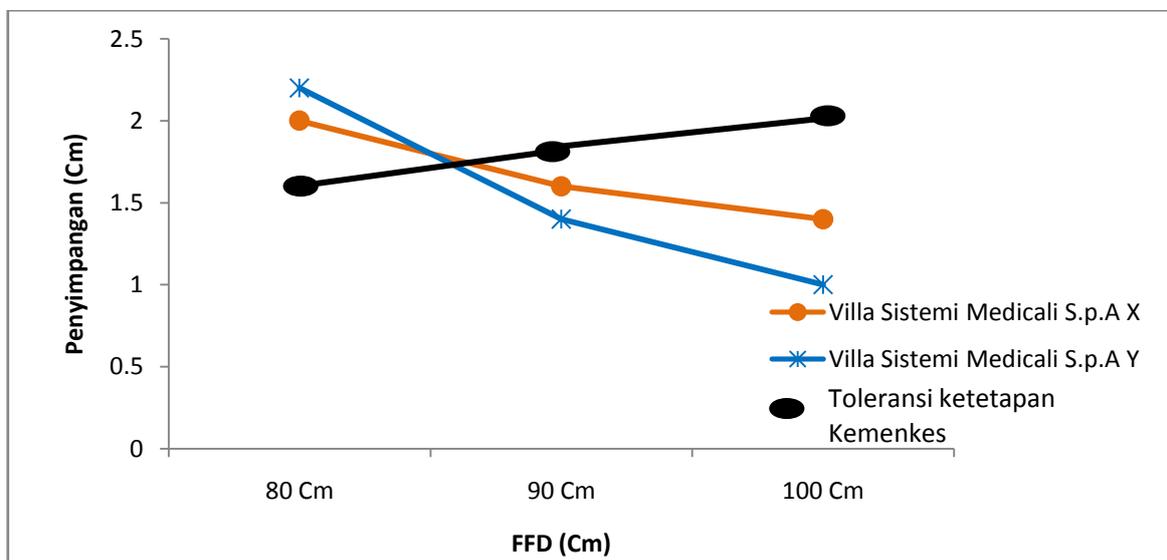
ketiga pesawat sinar-X yang dilakuakn pengujian rata-rata kemiringan yang terjadi berada pada jarak FFD 80 Cm yaitu jarak terkecil yang diberikan pada pengujian, sedangkan untuk FFD 100 Cm hanya terjadi kemiringan pada pesawat *Hyundai*

Medicaly X-Ray. Variasi jarak FFD yang diberikan sangat berpengaruh pada pengujian berkas kolimator pada pesawat sinar-x, dikarenakan semakin kecil FFD atau jarak yang diberikan maka nilai nilai

kemiringan luas kolimator akan semakin besar begitu pula sebaliknya semakin besar FFD yang diberikan nilai kemiringan luas kolimator akan semakin mengecil.



Gambar 6. Grafik penyimpangan luas kolimator pesawat Hyundai Medicaly X-Ray



Gambar 7. Grafik penyimpangan luas kolimator pada pesawat Villa Sistemi Medicali S.p.A

KESIMPULAN

Berdasarkan Hasil uji kesesuaian yang telah dilakukan membuktikan bahwa pada ketiga pesawat sinar-X diinstalasi

radiologi untuk nilai ketepatan titik pusat berkas sinar-X semua pesawat masih berada dalam ambang batas ketentuan kemenkes nilai tertinggi yang didapatkan pada pesawat hyundai medicaly X-Ray

dengan FFD 90 Cm $\Theta = 1,48^\circ$ nilai tersebut tidak melebihi ketentuan $\Theta \leq 3^\circ$. Tetapi untuk nilai luas kolimator semua pesawat sinar-X yang telah diuji mengalami penyimpangan yang melebihi ambang batas 2% FFD yang telah ditetapkan dimana pesawat trophy radiologie france terjadi penyimpangan pada sumbu Y dengan nilai FFD 90 Cm, dan 80 Cm, pesawat hyundai medicaly X-ray pada sumbu X dengan FFD 100 Cm dan 80 Cm, sumbu Y dengan nilai FFD 80 Cm, dan pada pesawat villa sistei medicali S.p.A pada sumbu X dengan FFD 80 Cm, sumbu Y pada FFD 80 Cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. 2000. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Chadidjah, S. 2012. *Penentuan ketepatan titik pusat berkas sinar Pada pesawat mobile X-Ray sebagai parameter Kualitas kontrol di rsud. Prof. Dr. Hm. Anwar Makkatutu bantaeng. Skripsi*. Makassar: FMIPA Universitas Hasanuddin.
- Depkes, *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik, 2009.*
[Website:http://www.hukor.depkes.go.i](http://www.hukor.depkes.go.i)
- d/up_prod_kepmenkes/KMK%20No.%201250%20ttg%20Kendali%20Mutu%20Radiodiagnostik.pdf diakses tanggal 27 Maret 2015.
- Dwi K,S.2008, *Workshop Tentang Batas Toleransi Pengukuran Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X* , Fisika Universitas Indonesia.
- Fluke Biomedical. 2005. *Nuclear Associates 07-661-7662 Collimator/ Beam Alignment Test Tool*. U.S.A: Fluke Corporation.
- Radiation Safety ACT. 1975. *Diagnostic X-Ray Equipment Compliance Testing. Regulation For the Administration and Enforcement Of the Radiation Control Health and Safety*.

UJI DENSITAS DAN POROSITAS SERTA KARAKTERISASI MENGUNAKAN XRD DAERAH MATA AIR PANAS SEMURUP SUNGAI MEDANG KABUPATEN KERINCI PROVINSI JAMBI

Larlen Nixolas^{1*}, Nova Susanti², Samsidar¹, Linda Handayani¹

¹Program Studi Fisika,

Fakultas Sains dan Teknologi,

²Program Studi Pendidikan Fisika,

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,

Universitas Jambi, Mendalo Darat Jambi 36361

*E-mail: larlennixolas1@gmail.com

ABSTRACT

Test Density and Porosity of rock have been done to see the relation to temperature influence 100 °C, 200 °C and 300 °C. Rocks that will be tested first heated temperature with furnace tool then weighed with a digital balance. Density and Porosity measurement data were analyzed using Matlab Software with ASTM C373 equation. The result of Matlab in the form of graph shows average temperature change to Semurup rock density of 0.03 g / cm³ and the effect of temperature on Semurup rock porosity at 300 °C is 30.29%. The average temperature change to Medang River rock density is 0.003 g / cm³ and the effect of temperature on Medang River rock porosity at 300 °C is 0,55%. Looking at the rock crystal structure used XRD. Data from Characterization using XRD was analyzed with High Score Plus software. The result of rock characterization using XRD, from semurup showed that component of CaCO₃ is 94%, crystal structure not yet fully formed and still in amorphous form, meanwhile rock from medang river show that component of CaCO₃ is with 98%, crystalline structure have formed crystal.

Keywords: density, porosity, temperature, XRD

ABSTRAK

Uji Densitas dan Porositas batuan telah dilakukan untuk melihat hubungan terhadap pengaruh temperatur 100 °C, 200 °C dan 300 °C. Batuan yang akan di uji terlebih dahulu diberi pemanasan temperatur dengan alat furnace lalu ditimbang dengan Neraca digital. Data pengukuran Densitas dan Porositas dianalisis menggunakan Software Matlab dengan persamaan ASTM C373. Hasil Matlab berupa grafik menunjukkan rata-rata perubahan temperatur terhadap densitas batuan Semurup sebesar 0,03 g/cm³ dan pengaruh temperatur terhadap Porositas batuan Semurup pada suhu 300 °C adalah 30,29%. Rata-rata perubahan temperatur terhadap densitas batuan Sungai Medang sebesar 0,003 g/cm³ dan pengaruh temperatur terhadap Porositas batuan Sungai Medang pada suhu 300 °C adalah 0,55%. Melihat struktur kristal batuan digunakan XRD. Data dari Karakterisasi menggunakan XRD dianalisis dengan software High Score Plus. Hasil karakterisasi batuan menggunakan XRD, dari semurup menunjukkan bahwa komponen CaCO₃ adalah 94%, struktur kristal belum terbentuk sempurna dan masih dalam bentuk amorf, sedangkan batuan dari sungai medang menunjukkan bahwa komponen CaCO₃ adalah dengan 98 %, struktur kristal sudah terbentuk kristal

Kata kunci: densitas, porositas, temperatur, XRD

PENDAHULUAN

Mata air panas atau sumber mata air panas adalah tempat dimana keluar nya air tanah dari bawah bumi yang dipanaskan melalui panas bumi (*geothermal*) yang memiliki suhu lebih tinggi dari suhu air tanah disekitarnya. Penelitian tentang mata air panas didaerah kabupaten kerinci, pernah dilakukan oleh Yuliandini (2013) menunjukkan bahwa daerah di sekitar sumber mata air panas tersebut tersusun atas batuan andesit dan batuan gamping.

Sifat fisik batuan berpengaruh terhadap adanya potensi panas bumi. Densitas batuan adalah massa partikel yang menempati suatu unit volume tertentu. Penelitian tentang densitas pernah dilakukan Iosifina (2017) bahwa densitas batuan alam yang didapatkan di atas permukaan relative kecil antara $0,2 \text{ g/cm}^3$ sampai 3.50 g/cm^3 . Porositas merupakan sifat fisik batuan yang menunjukkan kemampuan batuan untuk menampung fluida didalam pori-porinya. Berdasarkan porositas oleh BSN (Badan Standar Nasional) bahwa standard porositas batuan *geothermal* pada daerah terdapat mata air panas adalah rata-rata 11,168 % sebagai sumber energi panas (*geothermal*) adalah 10%. Pada penelitian ini batuan diambil di daerah mata air panas semurup dan sungai medang, kabupaten kerinci,

provinsi jambi. Batuan yang diambil dari mata air panas dilakukan uji sifat fisis dengan melihat pengaruh temperatur $100 \text{ }^\circ\text{C}$, $200 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Batuan yang berasal dari batuan alam yang mengalami perubahan tekstur dan komposisi mineral pada fasa padat sebagai akibat perubahan kondisi fisika tekanan atau temperatur (Putu, 2010). Akibat bertambahnya suhu batuan sebelumnya akan berubah sifat fisis seperti densitas dan porositas. *X-ray Diffraction* (XRD) adalah metode yang mampu menganalisis jenis dan sifat mineral pola difraksi yang dihasilkan. Di daerah mata air panas menunjukkan bahwa batuan disekitar memiliki kandungan terbesar yaitu SiO_2 (silica) dan Calsilit Karbonat (CaCO_3) (Ridhovi 2013). Pada penelitian ini batuan dari daerah mata air panas semurup dan sungai medang akan karakterisasi XRD dan analisis digunakan software High Score Plus.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gps, palu, gerinda, *furnace*, *jaw crusher*, *pulverizer*, *ultasonik cleaner*, *sieving shake*, gelas beker, neraca digital, spatula, *furnace*, dan sebagai alat karakterisasi digunakan *X-ray diffraction*. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

batuan semurup, batuan sungai medang, larutan aceton, air mineral, amplas.

Pengambilan Sample

Penelitian lapangan yang akan dilakukan, yaitu; survei secara langsung di lapangan kondisi fisik geologi daerah penelitian, mengambil sample dan memplot lokasi pengambilan sample pada peta lintasan berdasarkan data koordinat kontrol pada *Global Position System* (GPS). Batuan dari daerah panas bumi diambil dari 2 lokasi yang berbeda. Pengambilan sample batuan yang akan diambil berada di daerah semurup, sungai medang, kabupaten kerinci, Jambi

Preparasi Sample

Preparasi merupakan suatu rangkaian kegiatan penelitian dalam mempersiapkan batuan untuk di analisis, yang metodenya disesuaikan dengan bentuk batuan dan apa yang akan dianalisis. Berdasarkan bentuk batuan yang akan dianalisis, terdapat 2 jenis preparasi yaitu berbentuk persegi 4 batuan dan dalam bentuk sample serbuk.

Preparasi Sample Sifat Fisis

Batuan dipotong persegi 4 (empat) sebanyak 4 potong bagian yang kemudian dihaluskan dan diratakan menggunakan amplas. Setelah rata dan halus, batuan di *ultasonik cleaner* dengan larutan acetone

20 % + 80 % air mineral untuk mendapatkan parameter batuan yang akan diukur bersih dari lumut dan tanah yang menempel di batuan. Selanjutnya batuan yang telah bersih dari lumut dan tanah tersebut di *furnace* dengan variasi temperatur 100 °C, 200 °C dan 300 °C selama 1 jam tiap temperatur yang diberikan. Kemudian batuan yang telah di *furnace* dilakukan pengukuran sifat fisis (Densitas dan porositas) batuan.

Preparasi Sample XRD

Batuan dihancurkan dengan menggunakan alat *jaw crusher*. Setelah hancur, batuan dihaluskan menggunakan alat *Pulverizer*. Selanjutnya, batuan yang telah halus perlu lolos ayakan 200 mesh dengan menggunakan *Sieving shake*. Sample batuan yang telah lolos ayakan tersebut dimasukkan ke dalam plastik sample yang diberi label untuk di karakterisasi menggunakan XRD.

Pengambilan Data Densitas dan Porositas

Pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan sifat fisis batuan seperti densitas dan porositas yang di berikan perlakuan temperatur 100 °C, 200 °C dan 300 °C. Sample batuan yang telah di diberikan perlakuan temperatur dimasukkan ke dalam plastik sample yang diberikan label. Batuan ditimbang satu persatu

menggunkan neraca digital yang dikalibrasi untuk pengukuran sifat fisis batuan (Densitas dan Porositas). Data yang didapat ada 8 (delapan) pada sample batuan daerah semurup ada 4 (empat) dan pada sample batuan daerah sungai medang ada 4 (empat), data yang didapat adalah nilai ρ air dalam botol, massa batuan didalam air dan massa + air.

Pengambilan Data Karakterisasi XRD

Pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan karakterisasi dari alat X-ray Diffractometer dengan tipe PANalytical X-Pert3 Powder yang dalam bentuk serbuk sample batu pada batuan daerah semurup dan sungai medang. Data yang didapat akan terbaca pada monitor berupa grafik.

Analisis Data Densitas dan Porositas

Pada penelitian ini digunakan analisis data sifat fisis batuan (Densitas,

porositas) menggunakan Test standar ASTM C373-88 data berupa grafik menggunakan software MATLAB 2009 yang dilihat persamaan terhadap teori fisika yaitu gas ideal terhadap perubahan temperatur.

Analisis Data Karakterisasi XRD

Pada penelitian dengan menganalisis data dari hasil karakterisasi XRD digunakan aplikasi/software HighScore Plus. Data yang dianalisis yaitu fasa mineral batuan, unsur kandungan batuan pada sample serbuk batuan semurup dan sungai medang, kabupaten kerinci, jambi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data sifat fisis (densitas dan porositas) menggunakan neraca digital dengan gelas beker yang berisi air didalamnya.

Hasil Sifat Fisis Semurup:

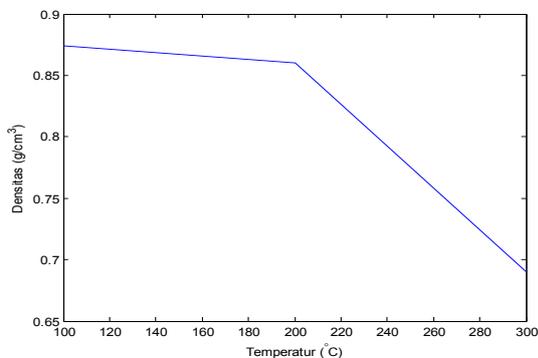
Suhu (T)	Massa awal (g)	Massa setelah suhu (g)	Massa + Air (g)	Volume M-S (0,01)	Densitas (g/cm ³)	Porositas (%)
100 °C	6,37	6,776	7,756	7,746	0,874	12,65
200 °C	6,12	6,60	7,60	7,59	0,86	13,17
300 °C	3,12	4,382	6,268	6,272	0,69	30,29

Hasil Sifat Fisis Sungai medang :

Suhu (T)	Massa awal (g)	Massa setelah suhu (g)	Massa + Air (g)	Volume M-S (0,01)	Densitas (g/cm ³)	Porositas (%)
100 °C	9,68	9,86	9,90	9,89	0,9969	0,40
200 °C	9,69	9,957	10	9,99	0,9966	0,43
300 °C	9,76	10,118	10,174	10,164	0,9954	0,55

Analisis Sifat Fisis (Densitas dan Porositas) Semurup

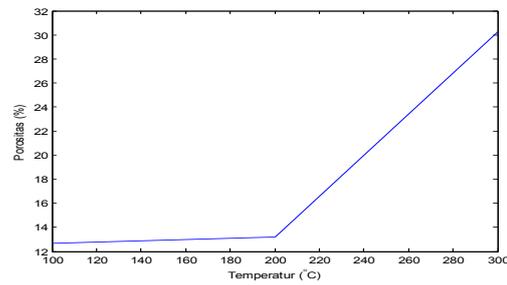
Densitas Batuan Semurup Dari program Matlab dengan persamaan ASTM dibuatkan grafik densitas terhadap temperatur. Hasil uji densitas batuan batuan semurup terhadap perubahan temperatur dapat digambarkan pada gambar 1. Dari gambar 1. densitas batuan dari Semurup, dapat dilihat hasil nilai densitas (B) akan mengalami perubahan setelah pemberian temperatur adalah densitas semakin menurun yaitu pada temperatur rendah 100°C sebesar 0,874 g/cm³, temperatur sedang 200°C sebesar 0,86 g/cm³ dan temperatur tinggi 300°C sebesar 0,69 g/cm³.



Gambar 1. Densitas Batuan Semurup Terhadap Temperatur

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan pada batuan Semurup dapat dianalisis bahwa densitas batuan sangat kecil dan mengalami perubahan setelah diberikan temperatur. Hasil uji porositas batuan semurup terhadap perubahan

temperatur dapat digambarkan pada gambar 2.



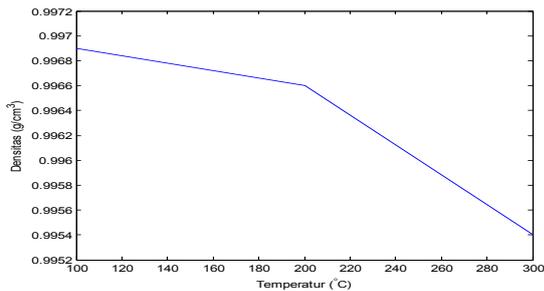
Gambar 2. Porositas Batuan Semurup Terhadap Temperatur

Dari gambar 2. Porositas batuan dari Semurup, dapat dilihat hasil nilai porositas (P) akan mengalami perubahan setelah pemberian temperatur adalah porositas semakin membesar yaitu pada temperatur rendah 100°C sebesar 12,65 %, temperatur sedang 200°C sebesar 13,17%, dan temperatur tinggi 300°C sebesar 30,29 %.

Dari hasil uji densitas dan porositas di daerah semurup yang telah dilakukan menunjukkan bahwa densitas batuan sangat kecil dan setelah dilakukan pemberian temperatur rendah, sedang dan tinggi densitas tidak mengalami perubahan yang besar tetapi uji porositas di daerah semurup yang telah dilakukan menunjukkan bahwa porositas batuan sangat besar dan setelah dilakukan pemberian temperatur rendah, sedang dan tinggi yang sangat besar adalah 30,29 % pada suhu 300°C.

Analisis Sifat Fisis (Densitas dan Porositas) Sungai Medang

Densitas Batuan Sungai medangdari program Matlab dengan persamaan ASTM dibuatkan grafik densitas terhadap temperatur. Hasil uji denistas batuan batuan sungai medang terhadap perubahan temperatur dapat digambarkan pada gambar 3.

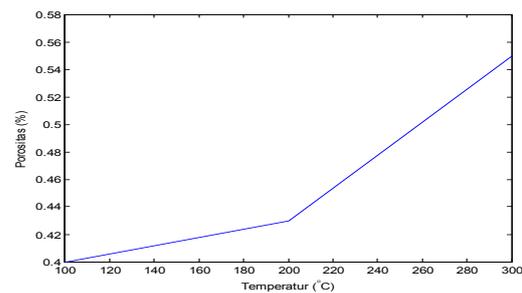


Gambar 3. Densitas Batuan Sungai Medang Terhadap Temperatur

Dari gambar 3. densitas batuan dari Sungai Medang, dapat dilihat hasil nilai densitas (B) akan mengalami perubahan setelah pemberian temperatur adalah densitas semakin menurun yaitu pada temperatur rendah 100°C sebesar 0,9969 g/cm³, temperatur sedang 200°C sebesar 0,9966 g/cm³ dan temperatur tinggi 300°C sebesar 0,995 g/cm³. Dari hasil uji densitas batuan yang telah diberikan temperatur terlihat bahwa densitas batuan menurun tetapi tidak terlalu besar, yaitu 0,003 g/cm³ sebab batuan sungai medang memiliki ciri khas yang keras dan memiliki kerapatan yang besar.

Hasil uji porositas batuan sungai medang terhadap perubahan temperatur

dapat digambarkan pada gambar 4.



Gambar 4. Porositas Batuan Sungai Medang Terhadap Temperatur

Dari gambar 4. Porositas batuan dari Sungai medang, dapat dilihat hasil nilai porositas (P) akan mengalami perubahan setelah pemberian temperatur adalah porositas semakin membesar yaitu pada temperatur rendah 100°C sebesar 0.38 %, temperatur sedang 200°C sebesar 0.43%, dan temperatur tinggi 300°C sebesar 0.55 %. Dalam hal ini dijelaskan bahwa temperatur sangat berpengaruh terhadap porositas bahwa pori-pori batuan akan bertambah besar setelah diberikan temperatur tinggi.

Dari hasil uji densitas dan porositas di daerah sungai medang yang telah dilakukan menunjukkan bahwa densitas batuan sangat kecil dan setelah dilakukan pemberian temperatur rendah, sedang dan tinggi densitas tidak mengalami perubahan yang besar karena dilihat dari kerapatan batuan densitas yang baik dan juga batuan tersebut sangat keras secara fisik. Sedangkan uji porositas di daerah sungai medang yang telah dilakukan menunjukkan bahwa porositas batuan

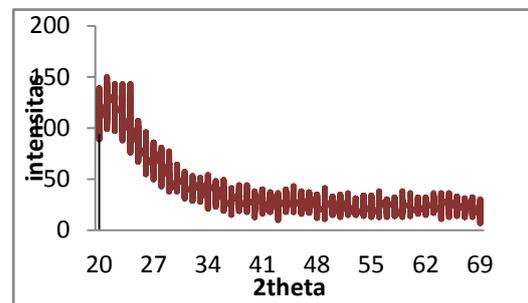
sangat kecil dan setelah dilakukan pemberian temperatur rendah, sedang dan tinggi hanya mengalami perubahan terbesar 0.55 % pada suhu 300°C.

Berdasarkan hasil uji densitas dan porositas di daerah sungai medang dapat dikatakan bahwa potensi di daerah mata air panas sungai medang memiliki potensi panas bumi yang lebih baik dari daerah semurup dapat dilihat dari kecilnya perubahan sifat fisik terhadap temperatur, sebab sifat fisik batuan menunjukkan bahwa batuan sangat keras dan memiliki kerapatan yang baik. Batuan yang memiliki kerapatan yang baik memiliki konduktivitas termal yang baik juga, karena batuan yang baik dapat mengantarkan panas bumi yang konstanta tanpa perubahan yang besar.

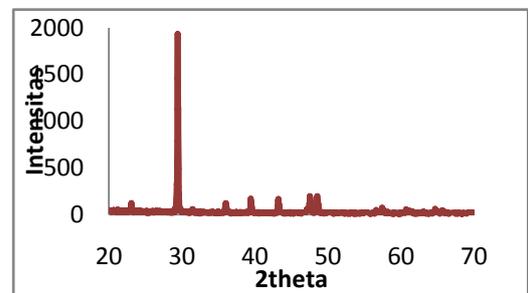
Analisis X-ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi dengan menggunakan XRD dilakukan dengan XRD PANalytical dengan rentang nilai 2θ sebesar 20-80°. Penentuan kesesuaian persentase kandungan mineral batuan yang terbentuk dilakukan dengan mencocokkan setiap puncak yang muncul pada difraktogram pada nilai sudut 2θ dan d tertentu hasil analisis kandungan mineral batuan yang mendominasi terdapat kesesuaian dan struktur kristal pada batuan. Hasil karakterisasi XRD pada batuan semurup

dengan software High Scoreplus dapat dilihat gambar 5.



Gambar 5. Karakterisasi XRD Batuan Semurup



Gambar 6. Hasil Karakterisasi XRD Batuan Sungai Medang

Dari gambar 5. dapat dilihat bahwa banyaknya puncak yang dihasilkan dalam mineral batuan Semurup adalah sebanyak delapan (2) buah, yaitu pada 2θ sebesar 24,138°, 33,153° untuk mineral kandungan batuan. Dari data puncak-puncak difraksi tersebut maka puncak tertinggi dihasilkan pada sudut $2\theta=24,138^\circ$ dan nilai intensitas titik maksimum adalah 152. Komponen mineral batuan yang mendominasi adalah *Calcium Carbonate* dengan lambang unsur CaCO_3 sebesar 94 %, dengan nama mineral pada batuan adalah *Calcite*, nilai HKL titik maksimum 0 1 2 dan struktur

kristal pada batuan semurup adalah Rhombohedral.

Hasil karakterisasi XRD pada batuan sungai medang dengan software High Scoreplus dapat dilihat gambar 6. Dari gambar 6. dapat dilihat bahwa banyaknya puncak yang dihasilkan dalam mineral batuan Sungai Medang adalah sebanyak delapan (8) buah, yaitu pada 2θ sebesar $23,023^\circ$, $29,481^\circ$, $35,920^\circ$, $39,339^\circ$, $43,155^\circ$, $47,606^\circ$, $48,640^\circ$ dan $57,385^\circ$ untuk mineral kandungan batuan. Dari data puncak-puncak difraksi tersebut maka puncak tertinggi dihasilkan pada sudut $2\theta=29,481^\circ$ dan nilai intensitas titik maksimum adalah 1949. Komponen mineral batuan yang mendominasi adalah *Calcium Carbonate* dengan lambang unsur CaCO_3 sebesar 98 % dengan nama mineral *Calcite*. Nilai HKL titik maksimum 1 0 4 dan struktur kristal pada batuan sungai medang adalah Rhombohedral.

Berdasarkan analisis karakterisasi batuan dari semurup dan sungai medang memiliki perbedaan, pada batuan dari semurup menunjukkan bahwa nilai komponen CaCO_3 adalah sebesar 94 % dan komponen iron oxide adalah sebesar 6 % dengan struktur kristal belum terbentuk sempurna tetapi masih dalam bentuk amorf, sedangkan batuan dari sungai medang menunjukkan bahwa nilai komponen CaCO_3 adalah sebesar 98 % dan silicon 2

% dengan struktur kristal sudah terbentuk sempurna seperti halnya kristal.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka sifat fisis densitas batuan semurup relatif kecil sebesar $0,876 \text{ g/cm}^3$, setelah diberikan temperatur perubahan tidak signifikan hanya sebesar $0,03 \text{ g/cm}^3$ setiap kenaikan temperatur, tetapi porositas batuan semurup relatif besar sebesar 12,47 %, yang mengalami perubahan yang signifikan pada temperatur tinggi 300°C sebesar 30,29 % dan sifat fisis batuan sungai medang relatif kecil, setelah diberikan temperatur tidak ada yang mengalami perubahan signifikan, nilai densitas sebesar $0,9983 \text{ g/cm}^3$ yang mengalami perubahan sebesar $0,003 \text{ g/cm}^3$ setiap kenaikan temperatur, Porositas sungai medang pada temperatur sebesar 0.38 %, yang mengalami perubahan temperatur tinggi 300°C sebesar 0.55 %. Batuan dari semurup menunjukkan bahwa nilai komponen CaCO_3 adalah sebesar 94 %, dengan struktur kristal belum terbentuk sempurna tetapi masih dalam bentuk amorf, sedangkan batuan dari sungai medang menunjukkan bahwa nilai komponen CaCO_3 adalah sebesar 98 %, dengan struktur kristal sudah terbentuk sempurna seperti halnya kristal.

Pada penelitian sifat fisis (densitas dan porositas) sebaiknya dilakukan

pengambilan data sebanyak 3 percobaan sehingga didapat hasil rata-rata sifat fisis yang baik dan untuk hasil karakterisasi XRD batuan seharusnya dalam bentuk kristal sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 373-88. Standar Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whieware Product. Reapproved 1999.
- Duchkov, A.D. et.al. 2014. Thermal Conductivity of the Sedimentary Cover Rocks of the West Siberian Plate in Relation to their Humidity and Porosity. *Russian Geology and Geophysics* 55. 784-792
- Edwards, L.M. et.al. 1982. *Handbook of Geothermal Energy*. Gulf Publishing Company. Chapter 2
- Iosifina, et.al. 2016. Measurement and Analysis of Thermal Properties of rocks for the Compilation of Geothermal Maps of Cyprus. *Renewable Energy*. 418-429
- Fathar, Q. 2013. Studi Potensi Panas Bumi Daerah Hululais Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu Sumatra. *Jurnal Teknik*. Universitas Hasanuddin
- Fridawati, Mika. 2008. *Analisa Struktur Kristal dari Lapisan Tipis Aluminium (Al) dengan Metode Difraksi Sinar-X (Skripsi)*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Khoiri, Zamroni. 2016. Studi Anomali Bawah Permukaan Daerah Sekitar Manifestasi Air Panas
- Marzani, Yulius. 2013. Kimia Mata Air Panas Bumi untuk Pengembangan Parawisata di daerah Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Geologi*. Universitas Negeri Kalimantan
- Putu, dkk. 2010. Studi Pengaruh Aktifasi Termal terhadap Struktur Mikro dan Porositas Zeolit Alam. *Jurnal Teknik Mesin* : Univeritas Udayana Bali
- Ridhovi. Ardian Putra. Analisis Konduktivitas Termal dan Porositas Sinter Silika Sumber Mata Air Panas di Sapan Maluluang Kecamatan Alam Pauh Duo Kabupaten Solok Selatan. Padang. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 5 No. 1 Januari 2016
- Schmidt, Roman et.al. 2017. Reactivity of Geothermal Reservoir Rocks Under Temperature Conditions Found in Upper Rhine Graben (Germany). *Procedia Earth and Planetary Science* 17. 881-884
- Telford, W.N. Geldard., dan Sherrif, R.E. 1990, *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University Press
- Yuliandini, Aperta. 2013. Pengaruh Formasi Batuan Terhadap Karakteristik Hidrokimia Lima Sumber Mata Air Panas Di Daerah Sapan, Pinang Awan, Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten solok Selatan. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 2 No 4
- Zhang Weiqiang, et.al. 2016. Experimental Study on the Variation of

Physical and Mechanical
Properties of Rock After High
Temperature Treatment. *Applied
Thermal Engineering*. 98. 197-
1304

SERTIFIKAT

Kementerian Riset dan Teknologi/
Badan Riset dan Inovasi Nasional



Petikan dari Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Nomor 200/M/KPT/2020
Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode III Tahun 2020
Nama Jurnal Ilmiah
Komunikasi Fisika Indonesia

E-ISSN: 2579521X

Penerbit: Universitas Riau

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

TERAKREDITASI PERINGKAT 4

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu
Volume 15 Nomor 1 Tahun 2018 sampai Volume 19 Nomor 2 Tahun 2022

Jakarta, 23 Desember 2020

Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Republik Indonesia,



Bambang P. S. Brodjonegoro
Bambang P. S. Brodjonegoro