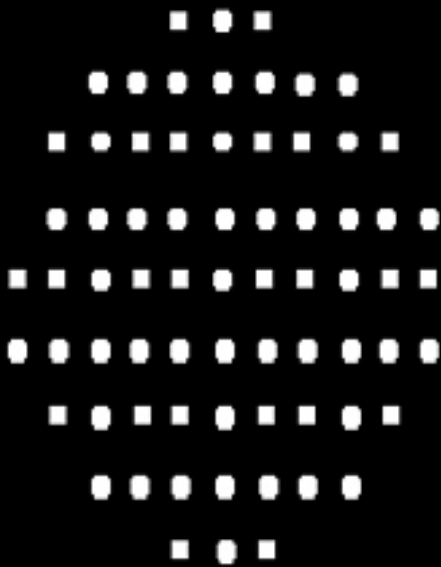
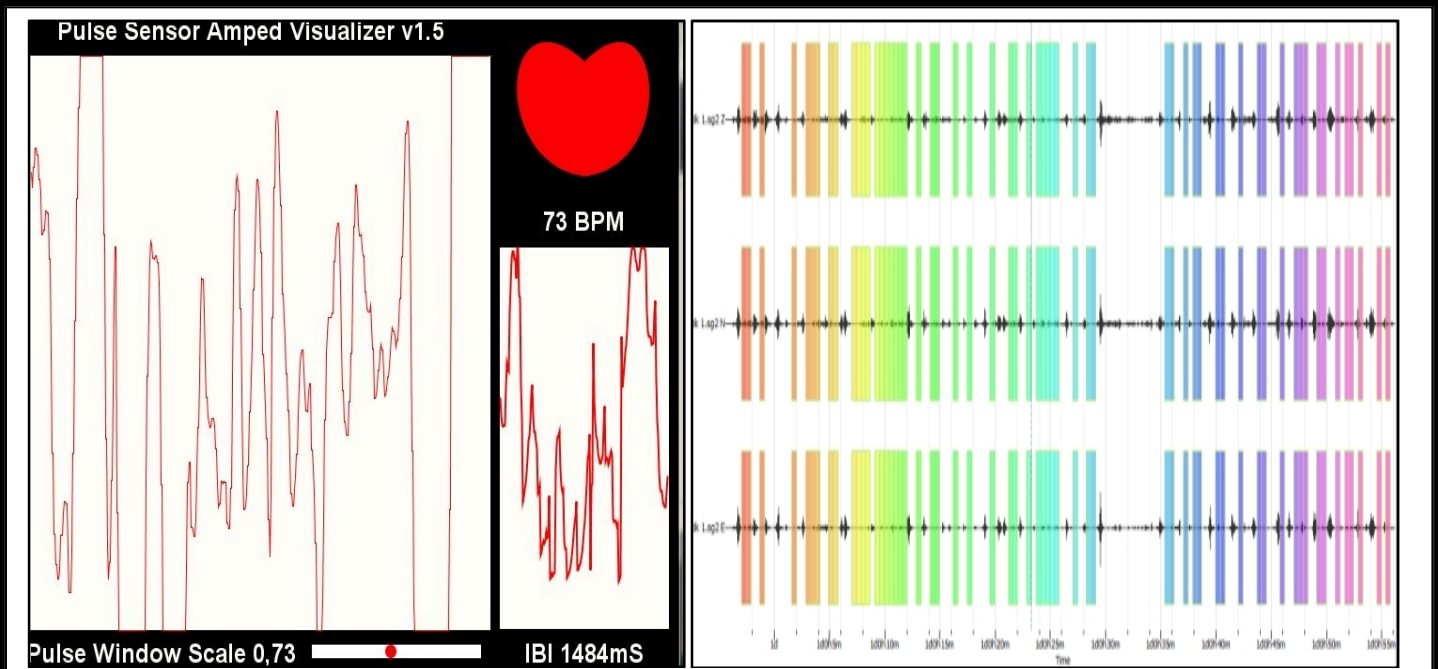




Komunikasi Fisika Indonesia



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 Rahmi Dewi, M.Si, Universitas Riau
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

E-mail : komunikasi.fisika.indonesia@gmail.com

Online system : <https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI/>

Panduan dan Template penulisan dapat diunduh di :

<https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI/about/submissions#authorGuidelines>

DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
ANALISIS KOMPENSASI DISPERSI MENGGUNAKAN PENGUAT RAMAN PADA JARINGAN WDM (<i>WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING</i>) DALAM KOMUNIKASI SERAT OPTIK <i>Roby Ikhsan, Romi Fadli Syahputra, Saktioto</i>	1248-1252
ANALISIS NILAI <i>PERCENTAGE DEPTH DOSE(PDD)</i> TERHADAP VARIASI KEDALAMAN TARGET DAN LUAS LAPANGAN PENYINARAN MENGGUNAKAN PESAWAT LINAC-CX <i>Dian Milvita, Alimin Mahyudin, Vinny Alvionita</i>	1253-ii257
FASIES KUARTER VULKANIK DAERAH PAGAR JATI DAN SEKITARNYA, KAB.BENGKULU TENGAH, BENGKULU <i>Aditya N.P.H, Oke Aflatun, Idarwati</i>	1258-1265
PENGARUH WAKTU PERENDAMAN TiO_2 DALAM LARUTAN EKSTRAK ANTOSIANIN BUNGA ROSELLA PADA KINERJA <i>DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)</i> <i>Rafika Andari, Dona Abrini</i>	1266-ii271
ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH LAPISAN ATAS SEBAGAI INDIKATOR BENCANA LONGSOR DI BUKIT SULA KECAMATAN TALAWI KOTA SAWAHLUNTO <i>Arif Budiman, Dwi Puryanti, Febri Naldi</i>	1272-1278
PREPARASI PARTIKEL MAGNETIK DARI PASIR BESI PANTAI BATANG KAPAS SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN METODE BALL MILLING <i>Tahayati Ichsan, Salomo, Erwin, Usman Malik</i>	1279-1284
PENGARUH TEMPERATUR AKTIVASI FISIKA TERHADAP KINERJA SUPERKAKASITOR BERBASIS ELEKTRODA KARBON DARI AMPAS SAGU <i>Erman Taer, Zikri Al Rifani, Rika Taslim</i>	1285-1289
MORFOLOGI DAN EFISIENSI SEL SURYA FOTOELEKTROKIMIA BERBASIS NANO-STRUKTUR ZnO DILAPISI TEMBAGA <i>Iwantono, Sella Natalia, Rinaldo Abdi, Awitdru, Zulkarnain</i>	1290-1293
INTERPRETASI AKUSTIK IMPEDANSI (AI) MENGGUNAKAN DATA SEISMIC DAN DATA SUMUR UNTUK MENENTUKAN ZONA PROSPEK HIDROKARBON <i>Hanum Eko Hapsari, Intan Lestari, Samsidar</i>	1294-1297
PENENTUAN STRUKTUR TANAH SEBAGAI DASAR UJI KELAYAKAN KEKUATAN BANGUNAN PERUMAHAN DI MUARO JAMBI MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE <i>M. Ikhsan, Faizar Farid, Samsidar, Linda Handayani</i>	1298-1304
SINTESIS BAHAN PIEZOELEKTRIK xBZT-BCT MENGGUNAKAN METODE <i>MOLTEN SALT</i> DAN KARAKTERISASINYA <i>Helga Dwi Fahyuan, Oky Lidya Kumala, Nasri Mz</i>	1305-1309
PENGUKURAN KUAT ARUS PADA KAWAT DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MEDAN MAGNET <i>Rahmondia Nanda S Usman Malik, Lazuard</i>	1310-1313
STRATEGI PENANGGULANGAN KEBAKARAN PADA LAHAN GAMBUT DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN EKO-TEKNOLOGI PADA MASYARAKAT PETANI DI DESA RIMBO PANJANG KECAMATAN TAMBANG KABUPATEN KAMPAR PROVINSI RIAU <i>Saktioto, Defrianto, Riad Syech, Syahril, Joko Risanto</i>	1314-1317
ANALISA PENGARUH FILTER WARNA DAN DAYA LAMPU FLUORESCENT TERHADAP KELAJUAN NYAMUK <i>Gita Rahayu, Saktioto</i>	1318-1327
RANCANG BANGUN ALAT PENERING SISTEM ISOLATOR BERLAPIS PAPAN BATU KERIKIL SEBAGAI PENYIMPAN PANAS <i>Juandi M, Usman Malik, Ismawan</i>	1328-1333

ANALISA INTERPRETASI POLA ALIRAN AIR BAWAH TANAHKELURAHAN LABUH BARU BARAT KECAMATAN PAYUNG SEKAKI PEKANBARU MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER

Krisman^{1*}, Citra Siti Fatimah Julianti², Juandi M³

^{1,2,3}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi : krisman.sabar@gmail.com; citrasiti7@gmail.com

ABSTRACT

Underground water is one of the important component sources for human being. Study on interpretation of underground water flow has been carried out using Geoelectric Schlumberger Electrode Configuration in Labuh Baru Barat Village, Payung Sekaki District, Pekanbaru. The range measurement was chosen to be 240 meter. The output of measurement are current and voltage. The data, then was inputed into software progress and surfer 11. The output of this computer program is a map of underground waterflow pattern and underground lithology. The results of mapping of the pattern of underground water flow indicate that the direction of water flow from North to South direction, or from Pinang street to Payung Sekaki street. The thickness of the layer start from the first layer that is 4.05 meters and 5.4 meters is a layer of silt- clay, the second layer is 13.07 meters and 14.3 meters is a layer of mud stone, the third layer is 13.07 meters and 15.2 meters is a layer of sand and alluvial and the fourth layer is 51.1 meters and 79.2 meters is layer of gravel sand.

Keywords : Flow pattern, groundwater, geolistrik method, Schlumberger configuration

ABSTRAK

Air bawah tanah adalah salah satu sumber komponen penting bagi manusia. Telah dilakukan analisa interpretasi pola aliran air bawah tanah dibuat menggunakan data pengukuran geolistrik konfigurasi elektroda Schlumberger di Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru. Pada penelitian ini, pengukuran menggunakan bentangan 240 meter. Keluaran dari pengukuran berupa nilai arus dan tegangan. Data tersebut, kemudian dimasukkan ke dalam software progress dan surfer 11. Hasil yang diperoleh dari program computer ini adalah peta pola aliran air bawah tanah dan litologi lapisan bawah tanah. Hasil pemetaan pola aliran air bawah tanah menunjukkan bahwa arah aliran air dari Utara ke Selatan, yaitu dari Jalan Pinang ke Jalan Payung Sekaki. Ketebalan lapisan mulai dari lapisan pertama 4,05 meter dan 5,4 meter merupakan lapisan silt-lempung, lapisan ke dua 13,07 meter dan 14,3 meter merupakan lapisan batu lumpur, lapisan ke tiga 13,07 meter dan 15,2 meter merupakan lapisan pasir dan alluvial dan lapisan ke empat 51,1 meter dan 79,2 meter merupakan lapisan pasir kerikil.

Kata kunci : Pola aliran, air tanah, metode geolistrik, konfigurasi Schlumberger

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen penting bagi kehidupan makhluk hidup di Bumi. Semakin meningkatnya jumlah makhluk hidup maka semakin meningkat kebutuhan air yang diperlukan, sehingga perlu dijaga keberlanjutan akuifer bebas yang mempertimbangkan faktor imbuhan[1]. Beberapa faktor yang harus diperhatikan adalah factor litologi dan ketebalan aquifer[2].

Sumur cincin merupakan salah satu sumber yang dapat digunakan untuk mendapatkan

air. Sumur cincin banyak digunakan oleh masyarakat karena pembuatannya relatif mudah karena menggunakan peralatan yang sangat sederhana dan harga yang murah[3]. Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru merupakan salah satu daerah yang masyarakatnya masih banyak menggunakan sumur cincin. Sumur cincin yang berada pada daerah ini memiliki air yang tidak layak dikonsumsi karena airnya memiliki warna yang tidak jernih atau kekuning-kuningan sehingga apabila digunakan untuk mencuci pakaian akan berubah menjadi

kekuning-kuningan, begitu pula apabila ditampung di bak mandi akan menghasilkan endapan serta warna kekuning-kuningan pada bak mandi. Air tanah sebagai salah satu bagian dari sumber daya air merupakan yang paling diminati oleh manusia. Air tanah berasal dari suatu formasi geologi yang dapat menyimpan dan meluluskan air dalam jumlah besar yang dikenal sebagai akuifer[4]. Salah satu keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan air tanah sebagai sumber kebutuhan yaitu variasi kualitas air tanah dari waktu ke waktu relatif stabil[5].

Metode yang dapat dilakukan untuk pemetaan air bawah tanah adalah metode geolistrik, yaitu berdasarkan nilai resistivitas yang didapat, maka diinterpretasikan air tanah yang ada di suatu daerah. Beberapa metode penyelidikan permukaan tanah yang dapat dilakukan, diantaranya: metode geologi, metode gravitasi, metode magnet, metode seismik, dan metode geolistrik. Dari metode-metode tersebut, metode geolistrik merupakan metode yang banyak sekali digunakan dan hasilnya cukup baik[6].

Penelitian ini dapat memberikan solusi kepada warga di Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru ini dalam hal tindakan untuk mengetahui pola penyebaran air bawah tanah melalui hasil pemetaan dapat diketahui daerah mana yang rawan pencemaran dan banjir dapat ditentukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Lokasi Penelitian

Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Kota Pekanbaru, merupakan salah satu Kecamatan di kota Pekanbaru yang bertopografi dataran. Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Kota Pekanbaru. Batas-batas wilayah Kecamatan Payung Sekaki adalah:

- Sebelah timur: Kecamatan Sukajadi dan Kecamatan Sinapelan,
- Sebelah barat : Kabupaten Kampar,

- Sebelah utara : Kecamatan Rumbai,
- Sebelah selatan : Kecamatan Tampan dan Kecamatan Marpoyan Damai.

Kecamatan Payung Sekaki merupakan salah satu Kecamatan di wilayah Kota Pekanbaru, terdiri atas 39 RW dan 181 RT. Luas wilayah Kecamatan Payung Sekaki adalah 51,36 km²[7].

Air Tanah

Air tanah (*groundwater*) berbeda dengan air dalam tanah (*soil water*). Air tanah (*groundwater*) merupakan air yang berada pada lapisan akuifer atau zona jenuh air (*saturated zona*). Sedangkan air dalam tanah (*soil water*) adalah air yang berada pada zona tidak jenuh air (*unsaturated zona*)[8]. Lapisan yang dapat dilalui dengan mudah oleh air tanah seperti pasir atau kerikil disebut lapisan *permeable*. Lapisan yang sulit dilalui air tanah seperti lempung atau lapisan silt disebut sebagai *aquiclude*, dan lapisan yang menahan air seperti lapisan batuan (*rock*) disebut dengan lapisan *aquifuge*. Kedua lapisan ini merupakan lapisan *impermeable*[9].

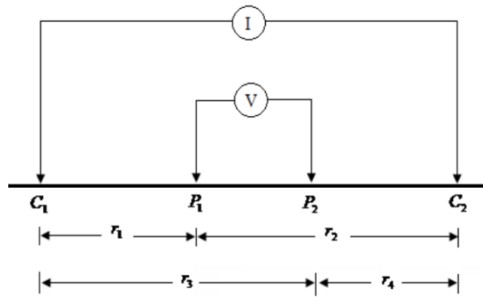
Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger

Metode geolistrik ialah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam Bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan Bumi. Metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Schlumberger banyak digunakan dalam pengukuran tahanan jenis Bumi. Aliran arus listrik dalam mengalir di dalam tanah melalui batuan-batuan dan sangat dipengaruhi dengan adanya air tanah. Metode geolistrik tahanan jenis lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, karena jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 300-400 meter.

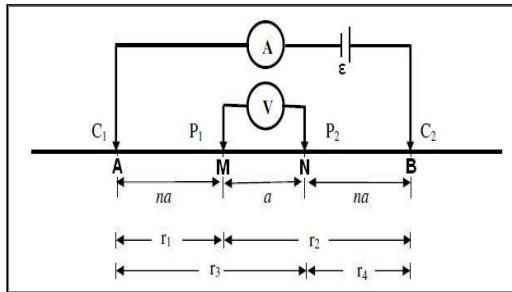
Prinsip kerja dari metode geolistrik adalah mengalirkan arus listrik ke dalam Bumi melalui dua elektroda arus dan elektroda potensial, sehingga nilai resistivitasnya dapat dihitung. Berdasarkan Hukum Ohm, dapat

diketahui bahwa besar tegangan suatu material bergantung pada kuat arus dan hambatan listrik yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V = IR$$



Gambar 1. Dua pasang elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan tahanan jenis ρ [10].



Gambar 2. Metode geolistrik konfigurasi schlumberger

Potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 adalah:

$$V_{11} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_1} \quad (1)$$

$$V_{12} = -\left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_2} \quad (2)$$

$$\Delta P_1 = V_{11} + V_{12} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad (3)$$

Dengan cara yang sama, potensial untuk elektroda P2 akibat arus C1 dan C2 adalah:

$$\Delta P_2 = V_{21} + V_{22} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right) \quad (4)$$

Sehingga beda potensial antara P1 dan P2 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right) \right\} \quad (5)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right) \quad (6)$$

Konfigurasi Schlumberger ini memiliki empat elektroda yang ditempatkan dalam satu garis lurus, dengan elektroda arus sebelah luar *elektroda potensial*. Pada susunan elektroda Schlumberger ini, elektroda arus listrik mempunyai jarak yang jauh lebih besar dibandingkan dengan jarak *elektroda*

potensial, dimana jarak *elektroda* arus lebih besar sama dengan lima kali jarak *elektroda potensial*., seperti pada Gambar 2.

Harga faktor geometri (k) didapat dengan memperhatikan gambar elektroda AB akan bergerak keluar untuk suatu jarak MN tertentu. Faktor geometri didapat dengan perbandingan AB dan MN. Berdasarkan Hukum Ohm, maka rumus dapat diturunkan sebagai berikut:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \quad (7)$$

$$k = \frac{I\rho}{\Delta V} \quad (8)$$

Masukan nilai dari ΔV dari persamaan (6), yaitu:

$$k = \frac{I\rho}{\frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \quad (9)$$

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \quad (10)$$

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right)} \quad (11)$$

Berdasarkan Gambar 2 dapat dikatakan bahwa $r_1 = r_4$ dan $r_2 = r_3$ sehingga dengan melihat persamaan (11) maka $r_1 = AM$, $r_2 = BM$, $r_3 = AN$ dan $r_4 = BN$.

$$AM = \frac{AB - MN}{2} \quad (12)$$

$$BM = \frac{AB + MN}{2} \quad (13)$$

Persamaan (11) dapat ditulis sebagai berikut:

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{2}{AB - MN} - \frac{2}{AB + MN} - \frac{2}{AB + MN} + \frac{2}{AB - MN}\right)} \quad (14)$$

$$k = \frac{2\pi}{\frac{4}{AB - MN} - \frac{4}{AB + MN}} \quad (15)$$

$$k = \frac{2\pi}{\frac{4(AB + MN) - 4(AB - MN)}{AB^2 - MN^2}} \quad (16)$$

$$k = \frac{2\pi(AB^2 - MN^2)}{4\{(AB - MN) + (AB + MN)\}} \quad (17)$$

Berdasarkan persamaan (17), maka faktor geometri data dirumuskan sebagai berikut:

$$k = \frac{\pi(AB^2 - MN^2)}{4MN} \quad (18)$$

Litologi

Litologi adalah deskripsi batuan pada singkapan berdasarkan karakteristik, seperti: warna, komposisi mineral dan ukuran butir sinonim dengan Petrografi. Litologi suatu daerah mempunyai ciri-ciri yang berbeda.

Litologi merupakan sifat atau ciri batuan yang terdiri dari struktur komposisi mineral dan tata letak bahan-bahan pembentuknya yang dipengaruhi oleh proses sedimentasi dan pelapukan. Litologi juga merupakan dasar penuntun hubungan dari susunan perlapisan batuan yang telah dikenal. Litologi suatu batuan memberikan acuan tentang mineraloginya, tekstur, kemas yang mengarahkan kepada klasifikasi yang dapat diterima[11].

Kontur

Salah satu unsur yang penting pada suatu peta topografi adalah informasi tentang tinggi suatu tempat terhadap rujukan tertentu. Untuk menyajikan variasi ketinggian suatu tempat pada peta topografi, umumnya digunakan garis kontur (contour-line). Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian sama[12].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan, proses pengukuran lapangan untuk mendapatkan data koordinat lokasi yang lebih spesifik menggunakan GPS dan pengambilan data geolistrik menggunakan *resistivity meter*.

Data yang dikumpulkan akan diproses menggunakan software progress dan surfer 11 untuk menentukan litologi lapisan dan membuat peta kontur pola aliran air bawah tanah di Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki di Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau. Langkah-langkah pengambilan data geolistrik adalah sebagai berikut:

1. Mengukur panjang lintasan yang akan diteliti.
2. Menentukan titik tengah dari panjang lintasan sebagai titik acuan dimulai pengukuran.
3. Menghubungkan kabel-kabel pada elektroda arus dan elektroda potensial dan

menghubungkannya ke alat *resistivity meter*.

4. Menancapkan elektroda arus dan elektroda potensial di tanah dengan kedalaman 15 cm.
5. Mengatur jarak elektroda yakni jarak elektroda potensial (MN) 2 meter dan jarak elektroda arus (AB) adalah 6 meter.
6. Hubungkan alat *resistivity meter* ke accu, kemudian catat hasil awal. Pindahkan masing-masing elektroda arus sejauh 2 meter dan masing-masing elektroda potensial sejauh 1 meter sampai dengan panjang lintasan yang diukur habis.
7. Lakukan pengambilan data di titik selanjutnya dengan langkah yang sama pada titik pertama dengan mengatur spasi antara elektroda arus dan elektroda potensial.

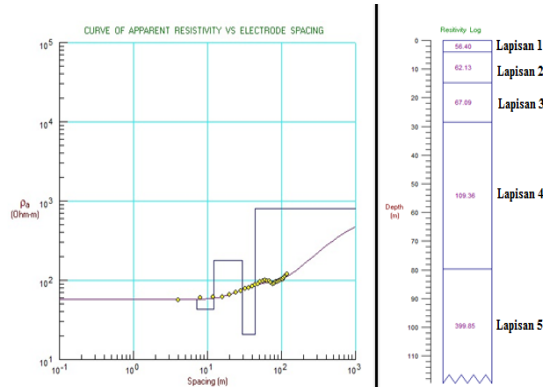
Hasil pengukuran yang didapatkan dari lokasi penelitian berupa data resistivitas yang diolah dengan menggunakan *software Progress*. Data resistivitas terlebih dahulu dihitung nilai resistivitasnya (7), kemudian nilai faktor geometrinya dihitung dengan menggunakan persamaan (18). Membuat model resistivitas lapisan bawah tanah dapat dibuat dengan melihat litologi-litologi yang sama disetiap lapisan pada lokasi penelitian. Kemudian setiap lapisan yang memiliki litologi yang sama akan dihubungkan sehingga akan diperoleh model resistivitas lapisan bawah tanahnya. Menggunakan *software surfer 11* untuk menentukan pola aliran air bawah tanah di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

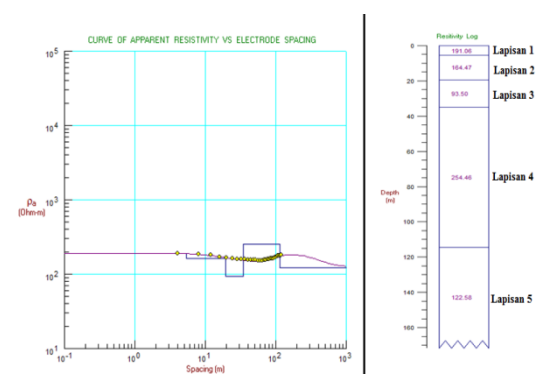
Hasil Pengukuran Dan Pengolahan Data Geolistrik

Hasil pengukuran data geolistrik yang dilakukan di Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Kota Pekanbaru di dua titik pengukuran yaitu Jalan Pinang dan Jalan Payung Sekaki menggunakan konfigurasi Schlumberger, menghasilkan nilai beda potensial (ΔV) dan arus listrik (I),

sehingga nilai resistivitas dapat dihitung. Hasil dari pengolahan data resistivitas semu didapat menggunakan program *software progress* untuk memperoleh nilai resistivitas sebenarnya. Hasil yang didapat dari software ini menunjukkan litologi lapisan-lapisan bawah tanah dan jenis yang terdapat pada lapisan tersebut.



Gambar 3. Grafik interpretasi geolistrik pada Jalan Pinang



Gambar 4. Grafik interpretasi geolistrik pada Jalan Payung Sekaki

Berdasarkan hasil pengolahan data pada Gambar 3 menunjukkan struktur lapisan tanah lokasi penelitian di Jalan Pinang yang terdiri dari lima lapisan. Penamaan atau jenis masing-masing lapisan dapat diinterpretasikan dari nilai resistivitas yang didapat dari pengolahan data. Lapisan pertama dengan nilai resistivitas 56,40 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah 4,05 meter diinterpretasikan sebagai lapisan silt-lempung. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 62,13 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah 10 meter diinterpretasikan sebagai lapisan batu lumpur. Lapisan ketiga dengan nilai resistivitas 67,09 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah 13,07 meter diinterpretasikan

dengan lapisan aluvium dan pasir. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 109,36 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah 51,1 meter diinterpretasikan sebagai lapisan pasir kerikil. Lapisan kelima dengan nilai resistivitas 399,85 Ωm dengan ketebalan lapisan tanpa batas yang diinterpretasikan sebagai lapisan pasir kerikil kelanauan.

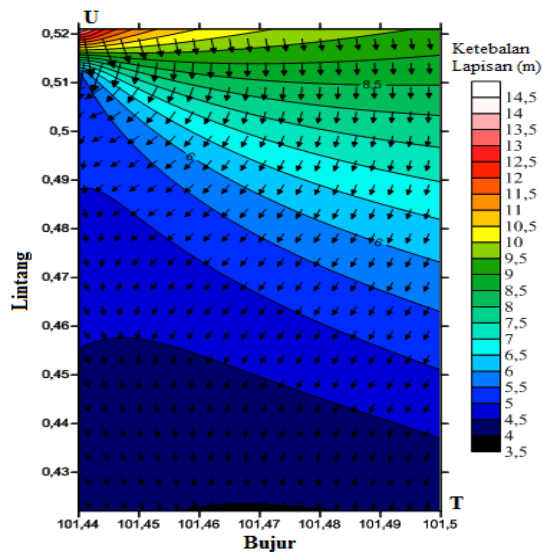
Berdasarkan hasil pengolahan data pada Gambar 4 menunjukkan struktur lapisan tanah lokasi penelitian di Jalan Payung Sekaki yang terdiri dari lima lapisan. Lapisan pertama dengan nilai resistivitas 191,06 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah 5,4 meter yang diinterpretasikan sebagai lapisan silt-lempung. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 164,47 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah adalah 14,1 meter yang diinterpretasikan sebagai lapisan batu lumpur. Lapisan ketiga dengan nilai resistivitas 93,50 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah adalah 15,2 meter yang diinterpretasikan sebagai lapisan alluvial dan pasir. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 254,46 Ωm dengan ketebalan lapisan tanah adalah 79,2 meter yang diinterpretasikan sebagai lapisan pasir kerikil. Lapisan terakhir diinterpretasikan sebagai lapisan pasir kerikil kelanauan dengan nilai resistivitas 122,58 Ωm .

Hasil Pemetaan Pola Aliran Air Bawah Tanah

Hasil pengolahan data yang didapat dengan menggunakan *software progress* kemudian diolah dengan menggunakan *software surfer 11* untuk mengetahui pola aliran air tanah dengan memasukkan nilai koordinat lintang pada sumbu X, bujur sebagai sumbu Y dan data ketebalan lapisan sebagai sumbu Z. Interpretasi pola aliran air tanah pada setiap lapisan ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil pemetaan pola aliran air bawah tanah dengan menggunakan *software surfer 11* yang dibuat berdasarkan ketebalan dari setiap lapisan yang ditunjukkan dari Jalan Pinang dan Jalan Payung Sekaki dapat

dianalisa pola aliran air tanah mengalir dari Utara ke Selatan sesuai Gambar 5.



Gambar 5. Peta kontur pada lapisan di Jalan Pinang dan Jalan Payung Sekaki

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi elektroda Schlumberger pada dua titik lokasi di Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Kota Pekanbaru yaitu di Jalan Pinang dan Jalan Payung Sekaki, kemudian data diolah menggunakan *software progress* dan *software Surfer 11*, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pola aliran air tanah yang terbentuk dari hasil pengolahan data *software progress* dan *software Surfer 11* terlihat arah aliran air tanah yang mengikuti bentuk aliran dari lapisan tanah yang terbentuk dari lima lapisan dengan arah alirannya adalah dari arah Utara ke Selatan dengan titik lokasinya adalah Jalan Pinang ke Jalan Payung Sekaki.
2. Hasil pengolahan data *software progress* dapat terinterpretasikan jenis lapisan tanah, dan pengolahan data *software surfer 11* dapat menginterpretasikan pola aliran air bawah tanah di dua titik penelitian di

Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru.

3. Hasil pengolahan data di Jalan Pinang dan Jalan Payung Sekaki Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru masing-masing terdiri dari lima lapisan dengan litologi, ketebalan dan resistivitas yang berbeda. Lapisan pertama dengan ketebalan 4,05 meter dan 5,4 meter dengan nilai resistivitas $56,40 \Omega m$ dan $191,06 \Omega m$ merupakan lapisan silt-lempung, lapisan ke dua dengan ketebalan 13,07 meter dan 14,3 meter dan nilai resistivitas $62,13 \Omega m$ dan $164,47 \Omega m$ merupakan lapisan batu lumpur, lapisan ke tiga dengan ketebalan 13,07 meter dan 15,2 meter dan nilai resistivitas $67,09 \Omega m$ dan $93,50 \Omega m$ merupakan lapisan pasir dan alluvial dan lapisan ke empat dengan ketebalan 51,1 meter dan 79,2 meter dengan nilai resistivitas $109,36 \Omega m$ dan $254,46 \Omega m$ merupakan lapisan pasir keriki, pada lapisan ke lima yang ketebalannya tidak dapat terukur oleh alat memiliki nilai resistivitas $339,85 \Omega m$ dan $122,58 \Omega m$ merupakan lapisan pasir kerikil kelanauan. Nilai resistivitas terkecil di Jalan Pinang terdapat pada lapisan pertama yaitu $56,40 \Omega m$ dengan ketebalan 4,05 meter, sedangkan nilai resistivitas terbesar di Jalan Pinang terdapat pada lapisan ke lima yaitu $399,85 \Omega m$ dengan ketebalan yang tidak terjangkau oleh alat ukur. Nilai resistivitas terkecil di Jalan Payung Sekaki terdapat pada lapisan ke tiga yaitu $93,50 \Omega m$ dengan ketebalan 15,2 meter, sedangkan nilai resistivitas terbesar terdapat pada lapisan ke empat dengan nilai $254,46 \Omega m$ dengan kedalaman 79,2 meter.
4. Pengamatan yang dilakukan pada kondisi air sumur disekitar Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Kota Pekanbaru ini memiliki kondisi air tercemar yang layak pakai atau masih memiliki nilai guna oleh warga setempat sebagai MCK (Mandi, Cuci, dan Kakus),

karena air hanya memiliki bau yang tidak sedap atau bau yang menyengat.

Saran

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini dan merupakan tahap awal dari praduga dan memberikan informasi tentang litologi dan pola aliran air bawah tanah di Kelurahan Labuh Baru Barat maka dapat ditulis saran untuk tahap selanjutnya, yaitu:

1. Perlu adanya penambahan titik dan pengulangan pengukuran elevasi dikawasan tersebut, karena semakin banyak sampel dan data elevasi yang diteliti maka semakin akurat data yang didapatkan.
2. Penentuan pola aliran air tanah yang dilakukan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger merupakan tahap awal untuk memberikan informasi bagaimana gambaran pola aliran air di permukaan tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Juandi M, M.Si., Drs. Krisman, M.Si. yang berkenan membimbing serta memberikan sumbangan pola pikir, waktu dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Muhammad, Juandi. (2015). Faktor imbuhan untuk keberlanjutan akuifer bebas. *Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA*, Universitas Tanjungpura Pontianak, 5-7 Mei 2015, 319-325.
2. Ahmad, A. (2014). Analisis parameter akuifer bebas kota pekanbaru untuk keberlanjutan air bawah tanah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 7(2): 148-158.
3. Kemenkes. 2014. *Riskesdas Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan Re-publik Indonesia*. Jakarta.
4. Purnama. 2000. *Bahan Ajar Geohidrologi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
5. Sudarmadji, S. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberti.
6. Hardy, Shaun J.; Goodman, Roy E. (2005). "Web resources in the history of geophysics". *American Geophysical Union*. Archived from the original on 27 April 2013. Retrieved September 2011
7. Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru. 2016. *Kecamatan payung Sekaki dalam Angka 2016*. ISBN 979-484-653-8. Pekanbaru : Kota Pekanbaru.
8. Todd, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York: Jhon Wiley & Sons.
9. Kruseman, G. P. and de Ridder, N.A. 1991. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*. 2nd Edition. ILRI: Wageningen.
10. Bahri, 2005. *Hand Out MataKuliah Geofisika Lingkungan dengan topik Metoda Geolistrik Resistivitas*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS, Surabaya.
11. Sunarto. 2000. *Geologi Dasar 1*. Fakultas Geologi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
12. Frick, H. 1991. *Mekanika Teknik 1 Statika dan Kegunaan*, Yogyakarta: Kanisius.



ANALISA PENGARUH GAYA ELEKTROSTATIK PADA SPEKTRUM PENCITRAAN RESONANSI MAGNETIK (MRI) DALAM JARINGAN BIOLOGI

Nova Lestari^{1*}, Salomo², Muhammad Hamdi³

^{1,2,3}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: Novalestari180@gmail.com

ABSTRACT

A study of magnetic core resonance imaging modeling of biological tissue has been carried out in analyzing the effect of electrostatic forces with computational approach. This analysis aims to look at the effect of electric and magnetic force on the spectrum of breast cancer tissue. Physical parameters were determined using the modeled wave equation with the application of mathematical wolfram software 9. Computational or modeling results obtained 6 variations of the MRI spectrum showing the peak magnitude of the electric and magnetic spectrum changes by varying the resolution and distance. This is evidenced from the maximum resolution range i.e. the peak of the electric field spectrum at amplitude 25 a.u is at a concentration of 5 ppm. Resolution of spectrum peak medium is at concentration of 3-4 ppm whereas minimum resolution has 4 peak spectrum that is at concentration 1-2 ppm, 2-3ppm, 3-4ppm and 4ppm. the result of MRI spectrum for distance variation resulted in spectrum change, further reduced the distance then the mri spectrum in magnetic and electric field approaching spin 1.

Keywords: Modeling, electrostatic force, radio frequency and MRI

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pemodelan pencitraan resonansi magnetic inti pada jaringan biologi dalam menganalisa pengaruh gaya elektrostatik dengan pendekatan komputasi. Analisa ini bertujuan untuk melihat pengaruh gaya medan listrik dan magnet pada spectrum jaringan kanker payudara. Parameter- parameter fisis ditentukan menggunakan persamaan gelombang dimodelkan dengan aplikasi perangkat lunak wolfram matematika 9. Hasil komputasi atau pemodelan diperoleh 6 variasi spektrum MRI yang menunjukkan adanya perubahan puncak spectrum gaya listrik dan magnet dengan melakukan variasi resolusi dan jarak. Hal ini dibuktikan dari ketegori resolusi maksimum yaitu puncak spectrum medan listrik pada amplitudo 25 a.u berada pada konsentrasi 5 ppm. Resolusi medium puncak spectrum berada di konsentrasi 3-4 ppm sedangkan resolusi minimum memiliki 4 puncak spectrum yaitu berada pada konsentrasi 1-2 ppm, 2-3ppm, 3-4ppm dan 4ppm. Hasil spktrum MRI untuk variasi jarak menghasilkan perubahan spektrum, semakin diperkecil jarak maka spektrum MRI pada medan magnet dan medan listrik mendekati spin 1.

Kata kunci: Pemodelan, gaya elektrostatik, frekuensi radio dan MRI.

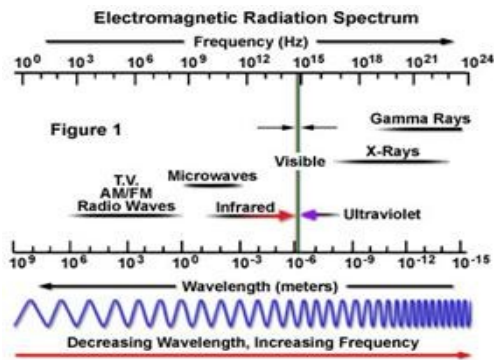
PENDAHULUAN

Radiasi elektromagnetik tidak memiliki massa, tidak berpengaruh oleh medan listrik dan medan magnet dan memiliki kecepatan konstan dalam satu medium. Radiasi elektromagnetik yang digunakan dalam pencitraan diagnostik salah satunya ialah frekuensi radio. Frekuensi radio merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik yang hanya terletak diluar sisi infrared cahaya tampak.

Wilayah radio frekuensi terletak sekitar 9 Hz-300 GHz dalam spectrum elektromagnetik seperti yang terlihat pada Gambar 1. Radiasi elektromagnetik meliputi panjang gelombang (λ), frekuensi, dan energi foton (E).

Maxwell mendefenisikan gelombang elektromagnetik merupakan perpaduan gelombang listrik dan gelombang magnet yang merambat saling tegak lurus. Sifatini juga menyatakan bahwa gelombang

elektromagnetik adalah gelombang transversal.



Gambar 1. Spektrum elektromagnetik [1].

Secara sistematis telah disusun persamaan Maxwell untuk menentukan perambatan gelombang elektromagnetik yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (2)$$

Akibat adanya medan magnet B_x dan medan listrik E_x maka gaya dari radiasi frekuensi radio berpindah dari partikel ke jaringan makromolekul (protein) yang mempengaruhi gaya listrik sebesar $F_x = qE_x$

Dalam satuan m.k.s tensor dari medan elektromagnetik mengikuti persamaan:

$$E_x' = \gamma(E_x - vB_y) \quad (3)$$

$$B_x' = \gamma(B_x + v/c^2 E_y) \quad (4)$$

$$E_y' = \gamma(E_y + vB_x) \quad (5)$$

$$B_y' = \gamma(B_y - v/c^2 E_x) \quad (6)$$

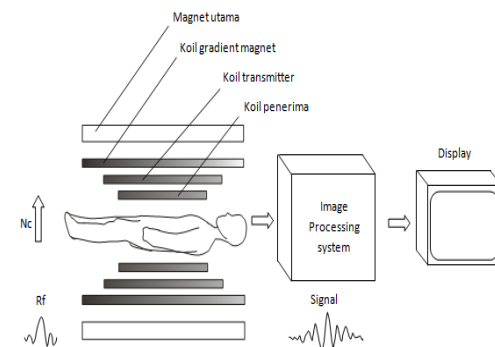
$$E_z' = E_z \quad (7)$$

$$B_z' = B_z \quad (8)$$

MRI merupakan suatu alat diagnostic mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa operasi, penggunaan sinar X, ataupun bahan radioaktif. Selama pemeriksaan MRI akan memungkinkan molekul-molekul dalam tubuh bergerak dan bergabung untuk membentuk sinyal-sinyal. Sinyal ini akan ditangkap oleh antenna dan dikirimkan ke

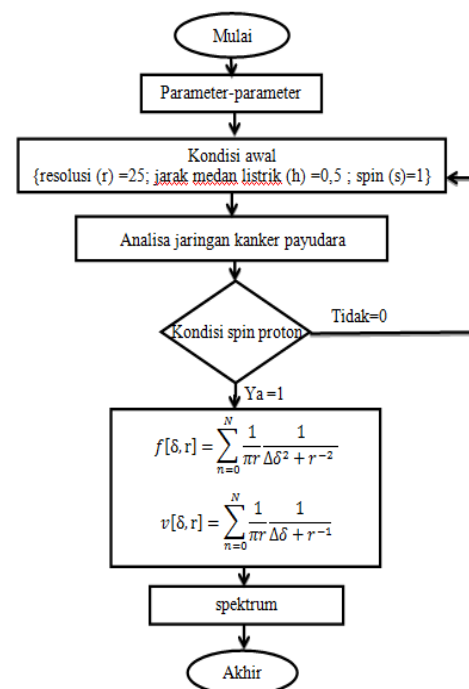
komputer untuk diproses dan ditampilkan di layar monitor menjadi sebuah gambaran yang jelas dari struktur rongga tubuh bagian dalam.

Komputer pada MRI merupakan otak dan komponen utama yang digunakan untuk memproses sinyal, menyimpan data dan menampilkan gambar yang dihasilkan. Selain sistem komputer komponen utama pada pesawat MRI adalah: pembangkit magnet utama, koil gradien, koil penyelar (shim's coils), antenna atau koil pemancar dan penerima, serta sistem akuisisi data dalam komputer. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen mesin MRI [2].

METODE PENELITIAN



Gambar 3. Flowchart simulasi

Metode penelitian menggunakan studi literature dengan metode komputasi wolfram matematika 9. Dengan diagram alir pemograman seperti Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

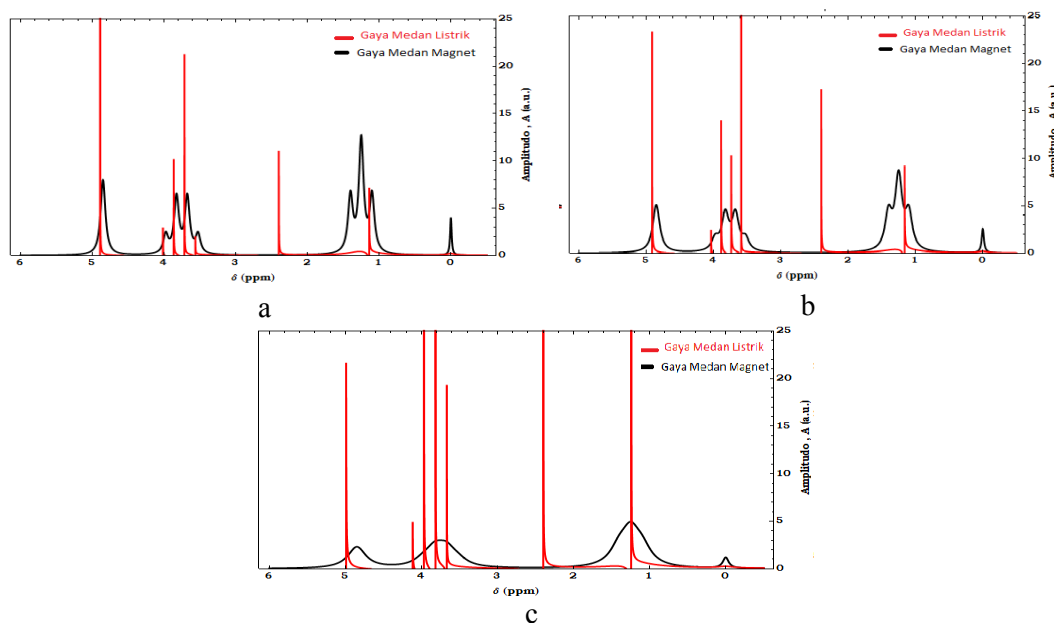
Penelitian ini memperoleh hasil berupa spectrum jaringan kanker payudara. Proses perhitungan pada penelitian meliputi parameter medan listrik dan medan magnet dengan melakukan simulasi dan permodelan menggunakan komputer dan perangkat lunak matematika 9.

1. Pengaruh Gaya pada Spektrum MRI untuk Variasi Resolusi

Telah dilakukan penelitian terhadap nilai resolusi pada spektrum MRI dengan kategori

nilai maksimum, nilai tengah dan minimum. Hasil Gambar 4.1 memperlihatkan pengaruh gaya medan listrik dan medan magnet untuk variasi resolusi 25, 16, dan 7 dengan jarak 0.5. Pengaruh tersebut dilihat dari hubungan amplitudo terhadap nilai konsentrasinya (ppm).

Gambar 4.a resolusi maksimum ($r=25$) menghasilkan puncak spectrum gaya medan listrik yang tertinggi pada 5 ppm dan amplitudo 25 a.u. Gambar 4.1 b resolusi nilai tengah ($r=16$) menghasilkan puncak medan listrik dikonsentrasi 3-4 ppm dan amplitudo 25 a.u. Resolusi minimum ($r=7$) menghasilkan empat puncak spectrum pada medan listrik dengan besar amplitudo 25 a.u yaitu berada di antara konsentrasi 1-2 ppm, 2-3 ppm, 3-4 ppm dan 4 ppm terlihat pada Gambar 4.1 c.



Gambar 4. Spektrum MRI jaringan kanker payudara dengan jarak 0.5 dan variasi resolusi yang digunakan a) $r=25$; b) $r=16$; c) $r=7$

Berdasarkan hasil yang didapat bahwa terjadinya pengaruh pada medan listrik disebabkan oleh jarak muatan antar proton terhadap resolusi. Semakin diperkecil resolusi maka jumlah pixel yang dihasilkan sinyal atau image akan semakin besar dan jarak muatan antar proton semakin jauh sehingga spektrum dihasilkan kurang bagus. Hal ini membuktikan bahwa semakin padat keberadaan proton didalam suatu jaringan, maka akan menghasilkan sinyal atau image yang bagus

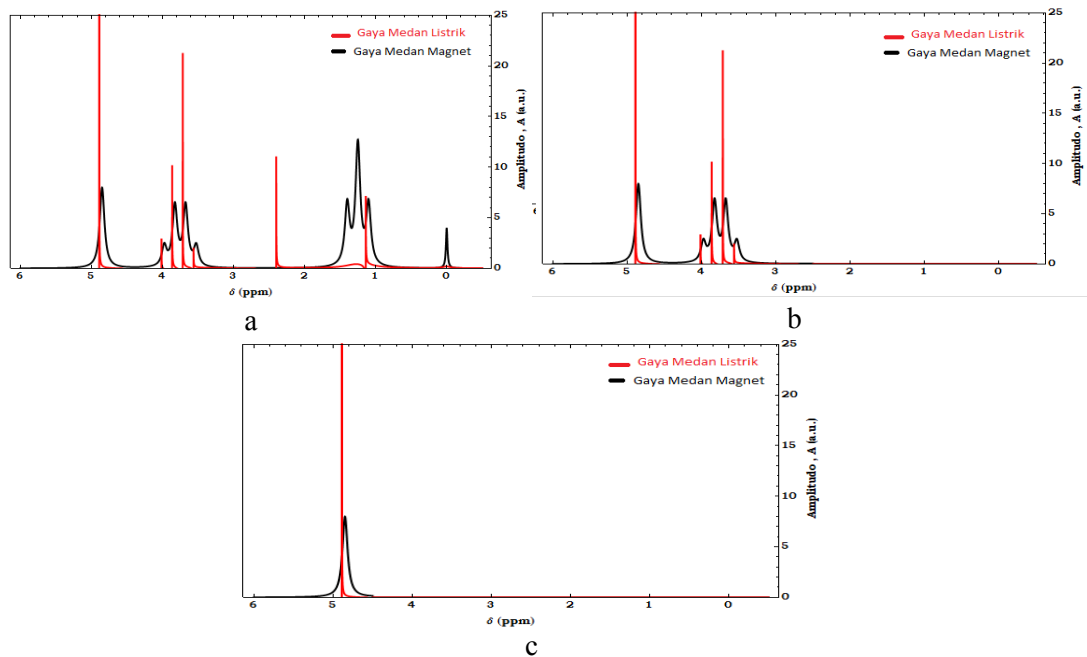
karena semakin banyak sinyal yang dipancarkan dari daerah jaringan tersebut.

2. Spektrum MRI untuk variasi jarak medan listrik

Berikut merupakan spektrum MRI untuk variasi parameter jarak berdasarkan kategori maksimum, nilai tengah dan minimum dengan menggunakan nilai resolusi 25. Hasil dari variasi jarak tersebut dapat dilihat seperti pada

Gambar 5. Semakin diperkecil jarak medan listriknya (h) maka spectrum medan magnet

dan medan listrik tersebut bergerak mendekati spin 1 (Gambar 5c).



Gambar 5. Spektrum MRI jaringan kanker payudara dengan resolusi (r) 25 dan variasi jarak yang digunakan a) $h = 0.5$; b) $h = -2.5$; c) $h = -4.5$.

KESIMPULAN

Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan maka resolusi maksimum ($r=25$) pada spectrum medan listrik menghasilkan 1 puncak yaitu berada dikonsentrasi 5 ppm dan besar amplitudo 25 a.u. Resolusi medium ($r=16$) menghasilkan 1 puncak spectrum gaya medan listrik berada dikonsentrasi 3-4 ppm dan besar amplitudo 25 a.u. Resolusi minimum ($r=7$) menghasilkan 4 puncak pada spectrum gaya medan listrik yaitu berada diantara 1-2 ppm, 2-3 ppm, 3-4 ppm dan 4 ppm dengan masing-masing amplitudo 25 a.u. Hasil spektrum MRI untuk variasi parameter jarak berbeda dengan variasi resolusi. Semakin diperkecil jarak medan listrik (h) maka spectrum untuk gaya medan magnet tersebut bergerak mendekati spin 1.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pierre, Lena. 1998. *Observational Astrophysics*. Springer-Verlag. Francois Lebrun: Francois Mignard.
2. Blink, Evert J. 2004. *Basic MRI Physics*. ofor Anyone Who Does Not Have a Degree in Physics. Application Specialist.

ANALISA PENGARUH GAYA ELEKTROSTATIK PADA SPEKTRUM PENCITRAAN RESONANSI MAGNETIK (MRI) DALAM JARINGAN BIOLOGI

Salomo¹, Nova Lestari^{2*}, Muhammad Hamdi³

^{1,2,3}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: Novalestari180@gmail.com

ABSTRACT

A study of magnetic core resonance imaging modeling of biological tissue has been carried out in analyzing the effect of electrostatic forces with computational approach. This analysis aims to look at the effect of electric and magnetic force on the spectrum of breast cancer tissue. Physical parameters were determined using the modeled wave equation with the application of mathematical wolfram software 9. Computational or modeling results obtained 6 variations of the MRI spectrum showing the peak magnitude of the electric and magnetic spectrum changes by varying the resolution and distance. This is evidenced from the maximum resolution range i.e. the peak of the electric field spectrum at amplitude 25 a.u is at a concentration of 5 ppm. Resolution of spectrum peak medium is at concentration of 3-4 ppm whereas minimum resolution has 4 peak spectrum that is at concentration 1-2 ppm, 2-3ppm, 3-4ppm and 4ppm. the result of MRI spectrum for distance variation resulted in spectrum change, further reduced the distance then the mri spectrum in magnetic and electric field approaching spin 1.

Keywords: Modeling, electrostatic force, radio frequency and MRI

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pemodelan pencitraan resonansi magnetic inti pada jaringan biologi dalam menganalisa pengaruh gaya elektrostatik dengan pendekatan komputasi. Analisa ini bertujuan untuk melihat pengaruh gaya medan listrik dan magnet pada spectrum jaringan kanker payudara. Parameter-parameter fisis ditentukan menggunakan persamaan gelombang dimodelkan dengan aplikasi perangkat lunak wolfram matematika 9. Hasil komputasi atau pemodelan diperoleh 6 variasi spektrum MRI yang menunjukkan adanya perubahan puncak spectrum gaya listrik dan magnet dengan melakukan variasi resolusi dan jarak. Hal ini dibuktikan dari kategori resolusi maksimum yaitu puncak spectrum medan listrik pada amplitudo 25 a.u berada pada konsentrasi 5 ppm. Resolusi medium puncak spectrum berada di konsentrasi 3-4 ppm sedangkan resolusi minimum memiliki 4 puncak spectrum yaitu berada pada konsentrasi 1-2 ppm, 2-3ppm, 3-4ppm dan 4ppm. Hasil spektrum MRI untuk variasi jarak menghasilkan perubahan spektrum, semakin diperkecil jarak maka spektrum MRI pada medan magnet dan medan listrik mendekati spin 1.

Kata kunci: Pemodelan, gaya elektrostatik, frekuensi radio dan MRI.

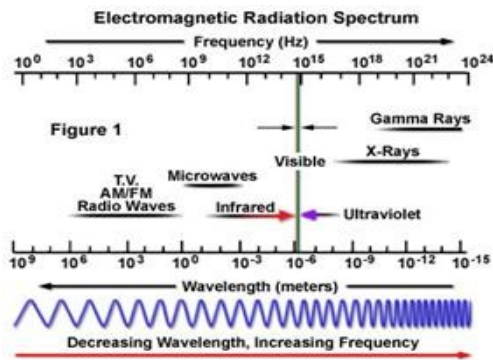
PENDAHULUAN

Radiasi elektromagnetik tidak memiliki massa, tidak berpengaruh oleh medan listrik dan medan magnet dan memiliki kecepatan konstan dalam satu medium. Radiasi elektromagnetik yang digunakan dalam pencitraan diagnostik salah satunya ialah frekuensi radio. Frekuensi radio merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik yang hanya terletak diluar sisi infrared cahaya tampak.

Wilayah radio frekuensi terletak sekitar 9 Hz-300 GHz dalam spektrum elektromagnetik seperti yang terlihat pada Gambar 1. Radiasi elektromagnetik meliputi panjang gelombang (λ), frekuensi, dan energi foton (E).

Maxwell mendefinisikan gelombang elektromagnetik merupakan perpaduan gelombang listrik dan gelombang magnet yang merambat saling tegak lurus. Sifat ini juga menyatakan bahwa gelombang

elektromagnetik adalah gelombang transversal.



Gambar 1. Spektrum elektromagnetik [1].

Secara sistematis telah disusun persamaan Maxwell untuk menentukan perambatan gelombang elektromagnetik yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_0} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_0} \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (2)$$

Akibat adanya medan magnet B_x dan medan listrik E_x maka gaya dari radiasi frekuensi radio berpindah dari partikel ke jaringan makromolekul (protein) yang mempengaruhi gaya listrik sebesar $F_x = qE_x$

Dalam satuan m.k.s tensor dari medan elektromagnetik mengikuti persamaan:

$$E_x' = \gamma(E_x - vB_y) \quad (3)$$

$$B_x' = \gamma(B_x + v/c^2 E_y) \quad (4)$$

$$E_y' = \gamma(E_y + vB_x) \quad (5)$$

$$B_y' = \gamma(B_y - v/c^2 E_x) \quad (6)$$

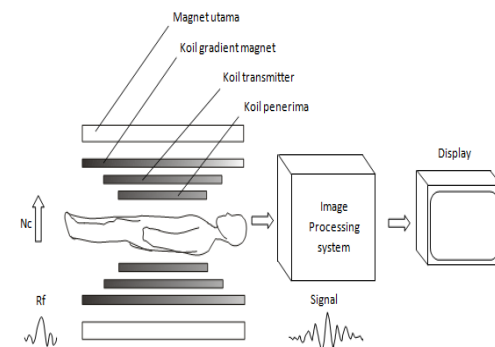
$$E_z' = E_z \quad (7)$$

$$B_z' = B_z \quad (8)$$

MRI merupakan suatu alat diagnostic mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa operasi, penggunaan sinar X, ataupun bahan radioaktif. Selama pemeriksaan MRI akan memungkinkan molekul-molekul dalam tubuh bergerak dan bergabung untuk membentuk sinyal-sinyal. Sinyal ini akan ditangkap oleh antenna dan dikirimkan ke

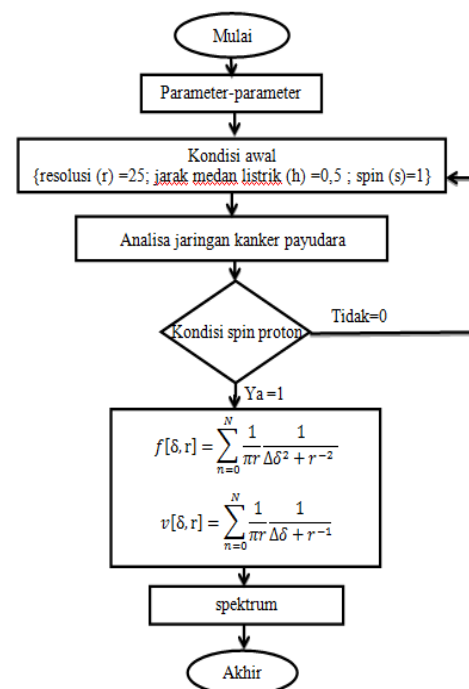
komputer untuk diproses dan ditampilkan di layar monitor menjadi sebuah gambaran yang jelas dari struktur rongga tubuh bagian dalam.

Komputer pada MRI merupakan otak dan komponen utama yang digunakan untuk memproses sinyal, menyimpan data dan menampilkan gambar yang dihasilkan. Selain sistem komputer komponen utama pada pesawat MRI adalah: pembangkit magnet utama, koil gradien magnet, koil penyalur (shim's coils), antenna atau koil pemancar dan penerima, serta sistem akuisisi data dalam komputer. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen mesin MRI [2].

METODE PENELITIAN



Gambar 3. Flowchart simulasi

Metode penelitian menggunakan studi literature dengan metode komputasi wolfram matematika 9. Dengan diagram alir pemograman seperti Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

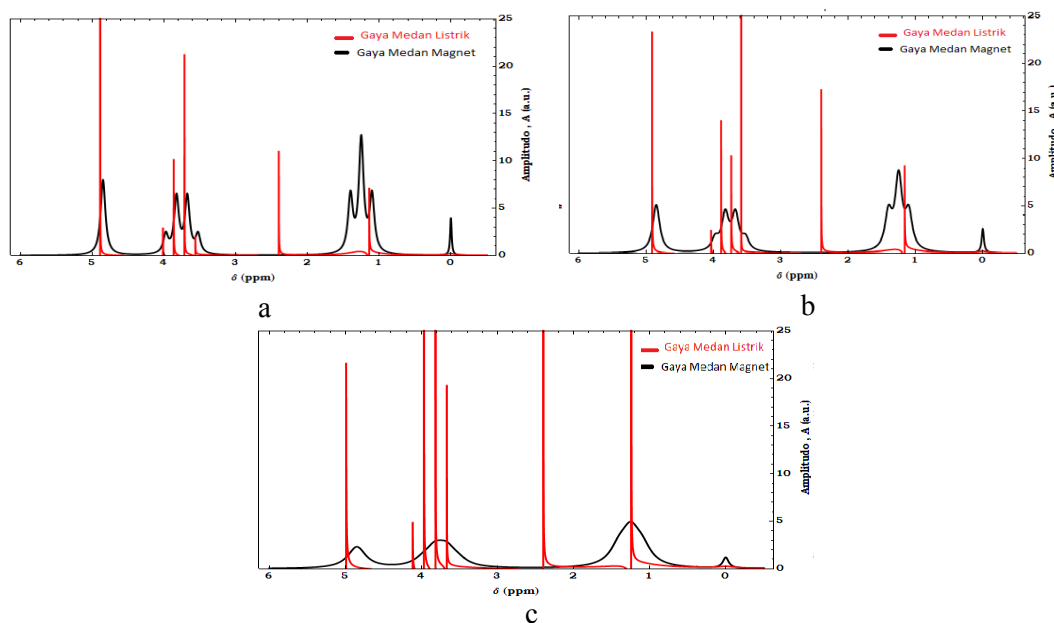
Penelitian ini memperoleh hasil berupa spectrum jaringan kanker payudara. Proses perhitungan pada penelitian meliputi parameter medan listrik dan medan magnet dengan melakukan simulasi dan permodelan menggunakan komputer dan perangkat lunak matematika 9.

1. Pengaruh Gaya pada Spektrum MRI untuk Variasi Resolusi

Telah dilakukan penelitian terhadap nilai resolusi pada spektrum MRI dengan kategori

nilai maksimum, nilai tengah dan minimum. Hasil Gambar 4.1 memperlihatkan pengaruh gaya medan listrik dan medan magnet untuk variasi resolusi 25, 16, dan 7 dengan jarak 0.5. Pengaruh tersebut dilihat dari hubungan amplitude terhadap nilai konsentrasinya (ppm).

Gambar 4.a resolusi maksimum ($r=25$) menghasilkan puncak spectrum gaya medan listrik yang tertinggi pada 5 ppm dan amplitudo 25 a.u. Gambar 4.1 b resolusi nilai tengah ($r=16$) menghasilkan puncak medan listrik dikonsentrasi 3-4 ppm dan amplitudo 25 a.u. Resolusi minimum ($r=7$) menghasilkan empat puncak spectrum pada medan listrik dengan besar amplitudo 25 a.u yaitu berada di antara konsentrasi 1-2 ppm, 2-3 ppm, 3-4 ppm dan 4 ppm terlihat pada Gambar 4.1 c.



Gambar 4. Spektrum MRI jaringan kanker payudara dengan jarak 0.5 dan variasi resolusi yang digunakan a) $r=25$; b) $r=16$; c) $r=7$

Berdasarkan hasil yang didapat bahwa terjadinya pengaruh pada medan listrik disebabkan oleh jarak muatan antar proton terhadap resolusi. Semakin diperkecil resolusi maka jumlah pixel yang dihasilkan sinyal atau image akan semakin besar dan jarak muatan antar proton semakin jauh sehingga spektrum dihasilkan kurang bagus. Hal ini membuktikan bahwa semakin padat keberadaan proton didalam suatu jaringan, maka akan menghasilkan sinyal atau image yang bagus

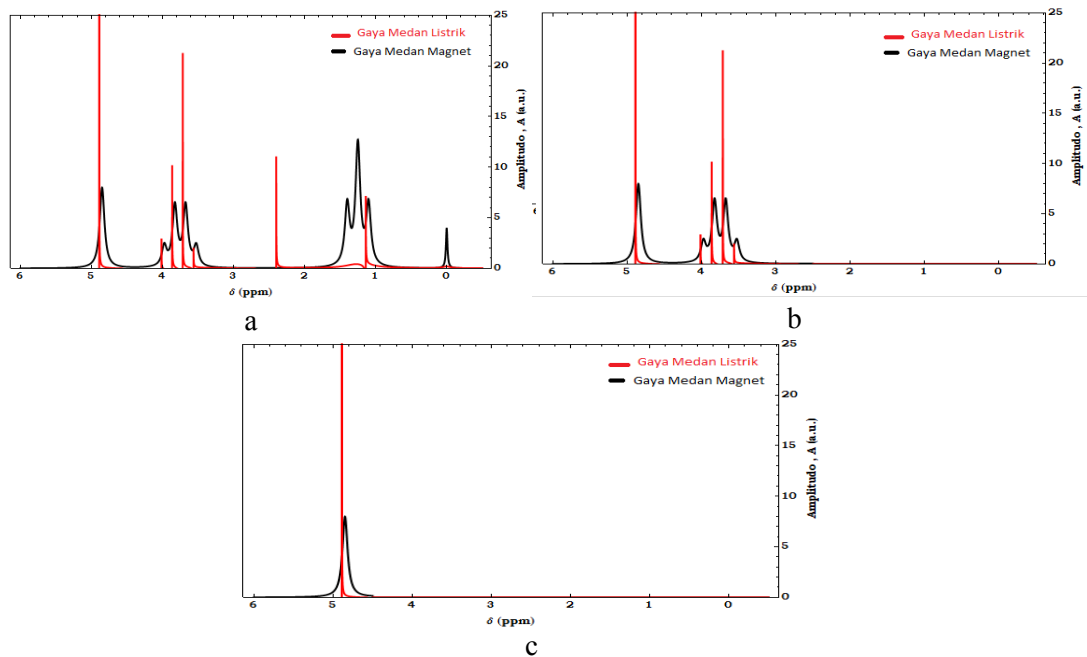
karena semakin banyak sinyal yang dipancarkan dari daerah jaringan tersebut.

2. Spektrum MRI untuk variasi jarak medan listrik

Berikut merupakan spektrum MRI untuk variasi parameter jarak berdasarkan kategori maksimum, nilai tengah dan minimum dengan menggunakan nilai resolusi 25. Hasil dari variasi jarak tersebut dapat dilihat seperti pada

Gambar 5. Semakin diperkecil jarak medan listriknya (h) maka spectrum medan magnet

dan medan listrik tersebut bergerak mendekati spin 1 (Gambar 5c).



Gambar 5. Spektrum MRI jaringan kanker payudara dengan resolusi (r) 25 dan variasi jarak yang digunakan a) $h = 0.5$; b) $h = -2.5$; c) $h = -4.5$.

KESIMPULAN

Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan maka resolusi maksimum ($r=25$) pada spectrum medan listrik menghasilkan 1 puncak yaitu berada dikonsentrasi 5 ppm dan besar amplitudo 25 a.u. Resolusi medium ($r=16$) menghasilkan 1 puncak spectrum gaya medan listrik berada dikonsentrasi 3-4 ppm dan besar amplitudo 25 a.u. Resolusi minimum ($r=7$) menghasilkan 4 puncak pada spectrum gaya medan listrik yaitu berada diantara 1-2 ppm, 2-3 ppm, 3-4 ppm dan 4 ppm dengan masing-masing amplitudo 25 a.u. Hasil spektrum MRI untuk variasi parameter jarak berbeda dengan variasi resolusi. Semakin diperkecil jarak medan listrik (h) maka spectrum untuk gaya medan magnet tersebut bergerak mendekati spin 1.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pierre, Lena. 1998. *Observational Astrophysics*. Springer-Verlag. Francois Lebrun: Francois Mignard.
2. Blink, Evert J. 2004. *Basic MRI Physics*. ofor Anyone Who Does Not Have a Degree in Physics. Application Specialist.

PENENTUAN SIFAT MAGNETIK PASIR DAN DEBUSEPANJANG JALAN KARTAMA KOTA PEKANBARU MENGGUNAKAN MAGNETIC PROBE PASCO PS-2162

Maria Sonya Nauli Nainggolan^{1*}, Erwin², Yanuar³, Usman Malik⁴

^{1,2,3,4}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: maria.sonya7958@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Topsoil is the recipient of various kinds pollutants, especially heavy metals. Heavy metals have been detected in sand and dust along the highway. Measuring the magnetic properties of road sediment along Kartama road in Pekanbaru City has been done. The magnetic properties measured are magnetic degree, magnetic and mass susceptibility using magnetic induction measurement. The Samples were taken at sixteen locations with the amount of 1 or 2 kg for each point location, the samples were named as samples 1–6, 7a–7e, 8a–8e. The magnetic particles of the samples were separated from sand and dust using Iron Sand Separator and later using Neodymium Iron Boron (NdFeB) magnet. The total magnetic induction of the samples and concentrates were measured using Pasco Magnetic Probe PS-2162. In order to measure the magnetic induction of the samples, a solenoid of 3 cm in diameter, length of 10 cm and 2000 of windings was made. The empty solenoid magnetic induction was measured as a function of applied current ranging from 2–10 A and as a function of horizontal distance of 1–5 mm from the the solenoid ends. Total magnetic induction (samples and concentrates) was measured for the applied currents of 6 A. The results showed that the highest magnetic degree obtained from the sample number 7e that is 2.54% and the lowest level obtained from the sample number 3 that is 0.17%. The highest magnetic susceptibility value obtained from the sample number 7b was is 9158.12×10^{-5} , and the lowest magnetic susceptibility value obtained from the sample number 2 with the value of 3125.52×10^{-5} . Based on the mass susceptibility values of the concentrate obtained that the sand and dust along the road Kartama Pekanbaru which are in the interval 4.6×10^{-7} to 8.0×10^{-4} , they implies that the mass susceptibility of the samples is in the range of Ilmenite phase FeTiO_3 or antiferromagnetic.

Keywords: Road sediment, magnetic induction, magnetic degree, magnetic susceptibility, mass susceptibility.

ABSTRAK

Permukaan tanah lapisan atas merupakan penerima berbagai macam polutan terutama logam berat, logam berat sudah banyak terdeteksi pada pasir dan debu di sepanjang jalan raya. Penelitian tentang pengukuran sifat magnetik pasir dan debu disepanjang jalan Kartama Pekanbaru telah dilakukan. Sampel yang diambil di enam belas titik lokasi masing-masing massanya 1 atau 2 kg, sampel tersebut dinamai sampel 1–6, 7a–7e, 8a–8e. Pemisahan antara konsentrat dengan pasir dan debu dilakukan menggunakan Iron Sand Separator. Selanjutnya pemisahan dilakukan kembali menggunakan magnet Neodymium Iron Boron (NdFeB). Induksi magnetik total dari konsentrat diukur menggunakan Magnetik Probe Pasco PS-2162. Pengambilan data induksi magnetik dari sampel menggunakan solenoid dengan diameter 3 cm, panjang 10 cm, dan jumlah lilitan sebanyak 2000. Induksi magnetik solenoid tanpa inti diukur sebagai fungsi arus dengan interval 2–10 A dan sebagai fungsi jarak 1–5 mm dari ujung tengah solenoid. Induksi magnetik total (sampel dan konsentrat) diukur menggunakan arus 6 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tingkat kemagnetan tertinggi berasal dari sampel 7e yaitu sebesar 2,54% dan terendah berasal dari sampel ketiga yaitu sebesar 0,17%. Nilai suseptibilitas magnetik tertinggi berasal dari sampel 7b yaitu $9158,12 \times 10^{-5}$, dan nilai suseptibilitas magnetik terendah berasal dari sampel 2 yaitu $3125,52 \times 10^{-5}$. Berdasarkan nilai suseptibilitas massa dari konsentrat yang diperoleh bahwa pasir dan debu yang berada di sepanjang jalan Kartama Pekanbaru berada dalam interval $4,6 \times 10^{-7}$ sampai $8,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$, yang berarti nilai suseptibilitas massa dari masing-masing titik lokasi berada pada interval partikel Ilmenite FeTiO_3 atau antiferromagnetik.

Kata kunci: Sedimen jalan, induksi magnetik, tingkat kemagnetan, suseptibilitas magnetik, suseptibilitas massa.

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu Negara wilayah tropis, Indonesia memiliki potensi pertanian yang sangat baik, terutama untuk pertanian tropika. Salah satu produk pertanian tropika Indonesia yang menjadi andalan adalah produk pertanian segar dalam bentuk sayuran dan buah-buahan. Potensi sumber daya lahan pertanian mendukung pengembangan agribisnis berbasis tanaman karena lahan pertanian di Indonesia yang menyebar mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi dengan beragam kondisi agroekosistem.

Tanah merupakan salah satu sumberdaya alam yang dibutuhkan oleh manusia yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam aktivitas guna memenuhi kebutuhan hidupnya. Tanah sebagai sumberdaya yang digunakan untuk keperluan pertanian dapat bersifat sebagai sumberdaya yang dapat pulih (reversible) dan dapat pula sebagai sumberdaya yang dapat habis [1]. Dalam pertanian tanah mempunyai fungsi utama sebagai sumber unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman dan sebagai tempat tumbuh dan berpegangnya akar serta tempat penyimpanan air yang sangat diperlukan untuk kelangsungan hidup tanaman. Namun seiring berjalannya waktu, aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya membawa dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu dampak negatif akibat aktivitas manusia adalah turunnya kualitas tanah akibat pencemaran limbah yang dihasilkan oleh manusia, baik limbah rumah tangga, industri dan lalu lintas. Salah satu faktor pencemaran tanah yang paling dominan adalah limbah logam berat.

Tanah lapisan atas terkena logam berat yang berupa mineral magnetik seperti magnetite (Fe_3O_4), hematite ($\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemite ($\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$) [2]. Partikel magnetik dapat diperoleh dengan dilakukan proses pemisahan partikel magnetik dengan tanah lapisan atas yang tercemar dengan menggunakan *Iron Sand Separator* dan

magnet *Neodymium Iron Boron (NdFeB)*. Pengukuran induksi magnetik dari tanah lapisan atas menggunakan *Magnetic Probe Pasco PS-2162*.

Besaran yang digunakan untuk menentukan sifat kemagnetan dari suatu bahan yaitu tingkat kemagnetan, suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa. Hubungan antara nilai suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat disekitar jalan raya di perkotaan sudah banyak diteliti oleh beberapa peneliti terdahulu. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik semakin besar ketika tanah semakin terkontaminasi oleh logam berat seperti logam Fe. Penelitian untuk menentukan sifat magnetik pasir dan debu di sepanjang jalan perlu diteliti pada penelitian ini untuk menentukan nilai tingkat kemagnetan, suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa dari partikel pasir dan debu yang berada dipinggir jalan sepanjang jalan Kartama Kota Pekanbaru. Nilai ini dapat menjelaskan jenis partikel magnetik yang terkandung di dalam pasir dan debu.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk menentukan sifat magnetik khususnya tingkat kemagnetan, suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa.

a. Prosedur Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di sepanjang Jalan Kartama Pekanbaru. Sampel diambil di 16 titik lokasi berupa pasir dan debu. Sampel 1 sampai 6 diambil berbentuk zig-zag dan sampel 7 (a, b, c, d, dan e) dan sampel 8 (a, b, c, d, dan e) diambil sebagai fungsi jarak menjauhi jalan (sampel 7 ke arah selatan dan sampel 8 ke arah utara). Jumlah pasir dan debu yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah banyaknya sampel sepanjang jalan Kartama Pekanbaru

No.	Titik Lokasi	Jumlah (kg)	Keterangan	Titik Koordinat
1	Sampel 1 (Depan Pusat Bimbingan Belajar Mutiara)	2,00	Pasir + Debu	0° 26' 37.6" LU dan 101° 25' 39.6" BT
2	Sampel 2 (Seberang Toserba Era)	2,00	Pasir + Debu	0° 26' 37.6" LU dan 101° 25' 56.0" BT
3	Sampel 3 (Depan Foto studio aCreative)	2,00	Pasir + Debu	0° 26' 36.9" LU dan 101° 26' 13.2" BT
4	Sampel 4 (Depan Usaha Kayu Dimas Jaya)	2,00	Pasir + Debu	0° 26' 37.0" LU dan 101° 26' 29.6" BT
5	Sampel 5 (Simpang Gg. Sepakat)	2,00	Pasir + Debu	0° 26' 36.5" LU dan 101° 26' 45.1" BT
6	Sampel 6 (Depan Sarapan Pagi Buk Elvi)	2,00	Pasir + Debu	0° 26' 33.7" LU dan 101° 26' 56.0" BT

Tabel 2. Jumlah banyaknya pengambilan sampel sebagai fungsi jarak dari jalan Kartama Pekanbaru

No	Titik Lokasi			Jumlah (kg)	Keterangan	Titik Koordinat
1	Arah Selatan		Sampel 7a	1,66	Pasir + Debu	0° 26' 37.3" LU dan 101° 26' 05.2" BT
	(Depan Bengkel Las Rizky)		Sampel 7b	1,60	Pasir + Debu	
			Sampel 7c	1,20	Pasir + Debu	
			Sampel 7d	1,20	Pasir + Debu	
			Sampel 7e	1,09	Pasir + Debu	
2	Arah Utara		Sampel 8a	1,54	Pasir + Debu	0° 26' 37.6" LU dan 101° 25' 51.5" BT
	(Depan Servis Sofa dan Kursi)		Sampel 8b	1,62	Pasir + Debu	
			Sampel 8c	1,62	Pasir + Debu	
			Sampel 8d	1,66	Pasir + Debu	
			Sampel 8e	1,66	Pasir + Debu	

b. Pemisahan dengan Menggunakan Iron Sand Separator

Sampel pasir dan debu yang sudah diambil dari 16 titik lokasi di sepanjang jalan Kartama kota Pekanbaru kemudian ditimbang untuk mengetahui massa sampelnya (M_s) dengan menggunakan timbangan duduk.

Sampel yang sudah ditimbang kemudian dipisahkan partikel magnetiknya dengan menggunakan alat *Iron Sand Separator* yang hasilnya

berupa konsentrat I. Pemisahan dilakukan sebanyak 1 kali untuk masing-masing sampel. Konsentrat pasir dan debu tersebut selanjutnya ditimbang massa konsentratnya (M_k) menggunakan timbangan digital dan diukur nilai induksi magnetik totalnya (B_T konsentrat I) dengan arus 6 A dan jarak tetap (1 mm) dari ujung tengah solenoid.

c. Pemisahan Konsentrat dengan menggunakan Magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB)

Sampel yang telah melewati proses *Iron Sand Separator* yang berupa konsentrat I kemudian sampel dipisahkan kembali menggunakan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB). Konsentrat yang diperoleh dari hasil pemisahan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) berupa konsentrat II. Konsentrat tersebut selanjutnya ditimbang massa konsentratnya (M_k) dan diukur nilai induksi magnetik totalnya (B_T konsentrat II) dengan arus 6 A dan jarak tetap (1 mm) dari ujung tengah solenoid.

d. Penentuan Sifat Kemagnetan

Setelah mendapatkan konsentrat atau partikel magnetik yang dihasilkan dari pemisahan menggunakan *Iron Sand Separator* dan magnet *Neodymium Iron Boron* maka dapat ditentukan tingkat kemagnetan (Magnetic Degree) dengan cara membandingkan massa konsentrat dengan massa sampel. Sebelum pengukuran terhadap induksi magnetik dari konsentrat, maka langkah pertama adalah pembuatan solenoid yang berdiameter 3 cm dan panjang 10 cm dengan jumlah lilitan 2000 lilitan lalu menghubungkannya dengan arus listrik. Kemudian dapat dilakukan pengukuran induksi magnetik dengan menggunakan Magnetic Probe Pasco PS-2162 sebagai fungsi arus dan jarak. Pengukuran Induksi Magnetik Solenoida dilakukan dengan empat tahapan, yaitu pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti (B_0), pengukuran induksi magnetik solenoid dengan inti sampel (B_T sampel), pengukuran induksi magnetik

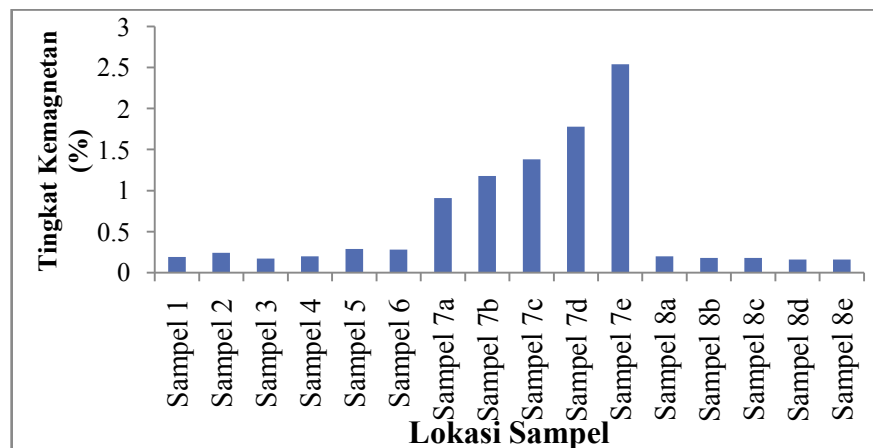
solenoid dengan inti konsentrat I (B_T konsentrat I) dan pengukuran induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat II (B_T konsentrat II). Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran induksi magnetik maka suseptibilitas magnetik dapat ditentukan.

Sampel dan konsentrat yang telah diukur besar induksi magnetiknya akan dilakukan pengukuran volume dengan menggunakan gelas ukur. Hasil pengukuran volume dan massa digunakan untuk mengetahui rapat massa yang merupakan salah satu parameter untuk menentukan suseptibilitas massa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Tingkat Kemagnetan (Magnetic Degree)

Tingkat kemagnetan dari masing-masing sampel dan konsentrat ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan data pada Gambar 1. terlihat bahwa sampel yang tinggi tingkat kemagnetannya adalah sampel yang berasal dari sampel 7e dengan tingkat kemagnetannya adalah 2,54%, sedangkan sampel yang rendah tingkat kemagnetannya adalah sampel yang berasal dari sampel 8e yaitu 0,163%. Tingginya tingkat kemagnetan dari suatu sampel dipengaruhi adanya kandungan logam berat seperti Fe yang terakumulasi di dalam pasir dan debu yang disebabkan oleh gas buang kendaraan bermotor [3], serta adanya aktivitas lain dari masyarakat seperti adanya bengkel-bengkel. Semakin tinggi sampel terkontaminasi maka semakin tinggi tingkat kemagnetan dari sampel tersebut.



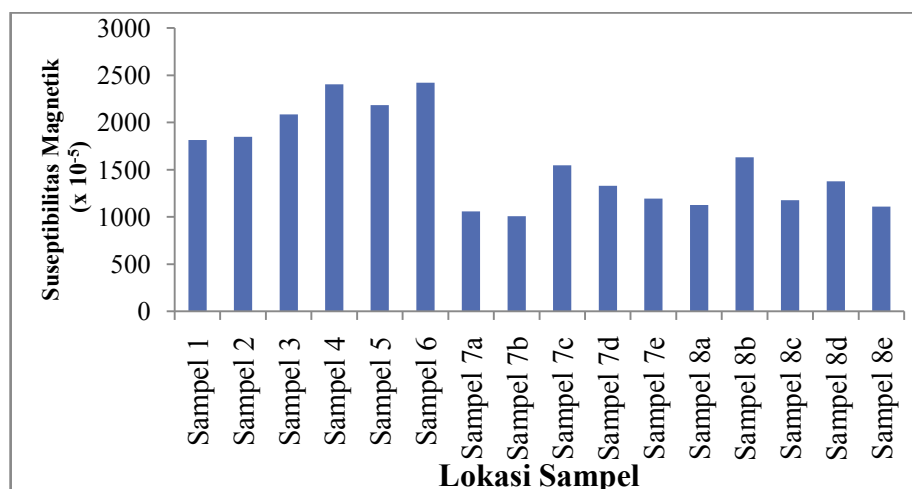
Gambar 1. Grafik Tingkat Kemagnetan Masing-masing Lokasi.

b. Suseptibilitas Magnetik

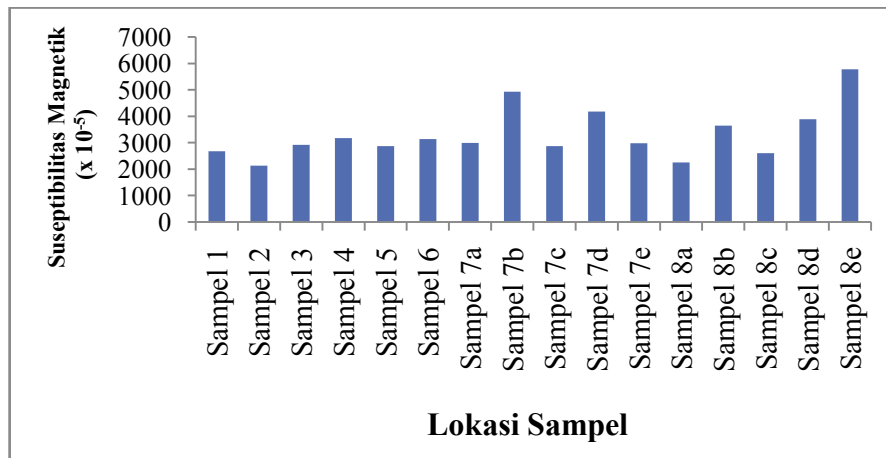
Nilai suseptibilitas magnetik ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Terlihat bahwa nilai suseptibilitas magnetik pada konsentrasi II jauh lebih besar jika dibandingkan dengan nilai suseptibilitas magnetik pada sampel dan konsentrasi I. Tingginya nilai suseptibilitas magnetik pada konsentrasi II disebabkan karena meningkatnya jumlah partikel magnetik dalam konsentrasi II. Hasil yang diperoleh ini sesuai dengan hasil peneliti terdahulu [4].

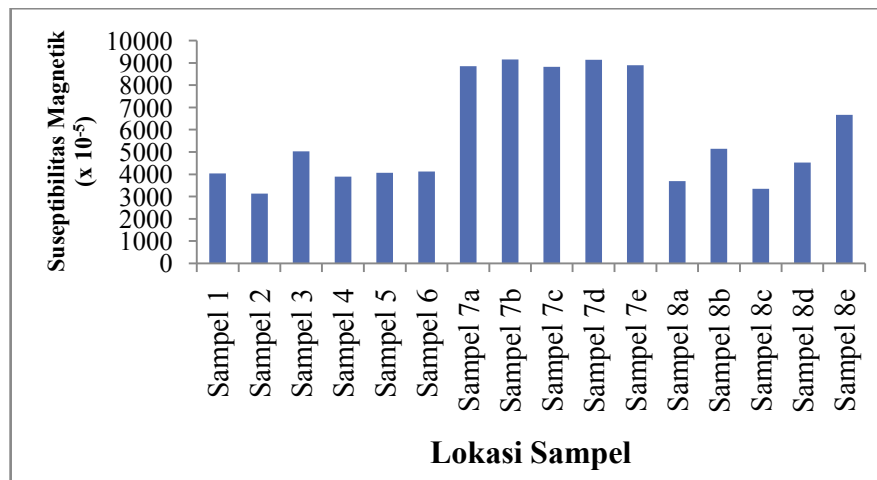
Dapat dilihat bahwa nilai suseptibilitas magnetik terendah dari konsentrasi II berada pada sampel 2 yaitu sebesar $3125,52 \times 10^{-5}$ dan nilai suseptibilitas tertinggi berada pada sampel 7b yaitu sebesar $9158,12 \times 10^{-5}$. Secara keseluruhan nilai suseptibilitas magnetik konsentrasi II berada pada interval nilai mineral Ilmenite (FeTiO_3 ; Antiferromagnetik) dengan rentang nilai $(220-38000) \times 10^{-5}$ kecuali pada sampel 2, 4, 8a dan 8c merupakan nilai mineral Hematite (Fe_2O_3 ; Antiferromagnetik) dengan rentang nilai $(50-4000) \times 10^{-5}$ [5].



Gambar 2. Grafik Nilai Suseptibilitas Magnetik Pasir dan Debu (sebelum pemisahan) dari Setiap Sampel.



Gambar 3. Grafik Nilai Suseptibilitas Magnetik Konsentrat I (Setelah Pemisahan dengan *Iron Sand Separator*).



Gambar 4. Grafik Nilai Suseptibilitas Magnetik Konsentrat II (Setelah Pemisahan dengan Magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB)).

c. Suseptibilitas Massa

Nilai suseptibilitas massa masing-masing sampel dan konsentrat ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3. terlihat bahwa nilai suseptibilitas massa pada konsentrat II tertinggi berada di lokasi 7e dengan nilai $2244,77 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}$ sementara nilai suseptibilitas massa terendah berada pada sampel 2 dengan nilai $679,45 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}$. Secara keseluruhan nilai suseptibilitas massa yang dominan lebih

tinggi ada pada lokasi 7a sampai 7e, ini di karenakan lokasi pengambilan sampel ada di depan bengkel las. Secara otomatis logam berat seperti besi (Fe) sudah terakumulasi di dalam pasir dan debu di sekitar bengkel las tersebut. Nilai suseptibilitas massa konsentrat II yang diperoleh dari masing-masing sampel berada dalam interval nilai Ilmenite (FeTiO_3 ; Antiferromagnetik) dengan rentang nilai $(46-80000) \times 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ [5].

Tabel 3. Nilai Suseptibilitas Massa Pasir dan Debu (Sebelum Pemisahan), Nilai Suseptibilitas Massa Konsentrat I (Setelah Pemisahan dengan *Iron Sand Separator*) dan Nilai Suseptibilitas Massa Konsentrat II (Setelah Pemisahan dengan Magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB)) pada arus tetap 6 A.

TitikLokasi	χ_{massa} $\times 10^{-8}$ $\left(\frac{m^3}{kg}\right)$	χ_{massa} $\times 10^{-8}$ $\left(\frac{m^3}{kg}\right)$	χ_{massa} $\times 10^{-8}$ $\left(\frac{m^3}{kg}\right)$
	Pasir dan Debu	Konsentrat I	Konsentrat II
Sampel 1	1139,23	600,40	960,04
Sampel 2	1175,83	502,14	679,45
Sampel 3	1291,82	662,99	1131,62
Sampel 4	1456,36	747,27	938,61
Sampel 5	1331,20	662,07	991,82
Sampel 6	1532,49	729,07	970,91
Sampel 7a	662,45	673,67	2098,51
Sampel 7b	635,28	1094,11	2129,749
Sampel 7c	1016,44	631,51	2051,63
Sampel 7d	801,14	940,24	2166,18
Sampel 7e	742,43	658,01	2244,77
Sampel 8a	774,34	536,11	924,22
Sampel 8b	1057,06	868,19	1266,50
Sampel 8c	824,31	623,11	815,61
Sampel 8d	958,87	922,01	1153,11
Sampel 8e	783,81	1396,26	1635,07

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu tingkat kemagnetan (*Magnetic Degree*) nilainya berada dalam interval 0,16% sampai 2,54%. Artinya nilai ini cukup potensial untuk membuat tanah di sepanjang Jalan Kartama terkontaminasi secara magnetik.

Nilai Suseptibilitas magnetik konsentrat lebih besar daripada nilai suseptibilitas sampel. Tingginya nilai ini disebabkan karenameningkatnya jumlah partikel magnetik di dalam konsentrat. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat yaitu sebesar $3125,52 \times 10^{-5}$ sampai $9158,12 \times 10^{-5}$. Nilai ini berada dalam interval $(220-38000) \times 10^{-5}$ yang merupakan interval mineral Ilmenite

($FeTiO_3$;Antiferromagnetik). Berdasarkan nilai suseptibilitas massa konsentrat yang diperoleh, maka sampel pasir dan debu yang di ambil di enam belas titik lokasi berada dalam interval $(46-80000) \times 10^{-8} \frac{m^3}{kg}$ yang merupakan interval mineral Ilmenite ($FeTiO_3$; Antiferromagnetik).

DAFTAR PUSTAKA

1. Santoso, P. & Ahmad, S. (1991). *Dampak Pembangunan Terhadap Tanah, Tataguna Lahan dan Tata Ruang*. Bandung.
2. Yulianto, A.S., Bijaksana., Loeksmato, W. (2002). Karakterisasi magnetik dari Pasir Besi Cilacap. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*. Vol. A5 (0527), 2002.

3. Al-Khasman, O. A. 2004. Heavy metal distribution in dust, street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate. Jordan. *Atmospheric Environment*. 38, 6803-6812.
4. Anggraini, E.P. (2018). *Penentuan sifat magnetik pasir dan debu sepanjang jalan H.R. Soebrantas Pekanbaru menggunakan Magnetic Probe Pasco PS-2162*. Skripsi Fisika, Universitas Riau.
5. Hunt, C.P., Moskowitz, B.M., Banerjee, S.K. (1995). *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*. Washington: American Geophysical Union.

EFEK PENAMBAHAN ATOM TEMBAGA (Cu) DAN PERAK (Ag) PADA MATERIAL AKTIF NANOMATERIAL ZnO SEL SURYA FOTOELEKTROKIMIA

Windayani¹, Iwantono², Awitdrus³, Zulkarnain⁴

^{1,2,3,4}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: windayani677@gmail.com

ABSTRACT

ZnO material coated with Cu + Ag was successfully grown using seed mediated hydrothermal method at a temperature of 90 ° C for 8 hours with a variation of concentration of Ag, 10mM, and 20 mM. The growth of ZnO nanomaterials was carried out on the FTO substrate (Flourine Tin Oxide). The Samples were characterized using, Field Emission Scanning Microscope (FESEM), and X-ray Diffraction (XRD). The FESEM photos show ZnOnanorod coated with Cu + Ag have grown on FTO having a nanoflower shape that consructed from ZnO nanorods with their orientation < 90°. The XRD pattern shows five peaks at 2θ: 31.69 °; 34.36 °; 36,18 °; 47.52 °; and 56.4 °. Based on the results of the analysis of the OriginPro 8 program each peak in a row according to the crystal orientation (100), (002), (101), (012), and (110). The stongest line was found in the crystal plane (101). DSSC was fabricated using ZnO nanomaterial coated with Cu + Ag as active material, N719 dye, liquid electrolyte, and plastisol as catalyst on the counter electrode. The results of I-V measurements at halogen lamp with ilumination its intensity of 100 mW/cm² of the cells has producedthe highest efficiency value based on Cu coated ZnO was based DSSC 0,98% with a Cu concentration of 20mM. These results show that the addition of Cu layer can increase the efficiency of DSSC based on ZnO by 123% compared to ZnO without Cu based DSSC. Addition of Ag to active material of Cu coated ZnO nanomaterial did not have a positive effect on the efficiency of DSSC cells.

Keywords: DSSC, Seed Mediated Hydrothermal, Cu, ZnO nanomaterials.

ABSTRAK

Telah berhasil ditumbuhkan nanomaterial ZnO yang dilapisi dengan Cu + Ag menggunakan metode seed mediated hydrothermal pada suhu 90°C selama 8 jam dengan konsentrasi Ag 10mM, dan 20 mM. Proses penumbuhan nanomaterial ZnO dilakukan di atas substrat FTO (Flourine Tin Oxide). Sampel yang dikarakterisasi dengan menggunakan Field Emission Scanning Microscope (FESEM), dan X-ray Diffraction (XRD). Hasil Foto FESEM memperlihatkan nanomaterial ZnO yang memiliki bentuk nanoflower yang tersusun atas nanorod ZnO dengan orientasi sudut < 90°. Pola XRD memperlihatkan lima puncak difraksi terjadi pada 2θ :31,69°; 34,36°; 36,18°; 47,52°; dan 56,4°. Berdasarkan hasil analisa program OriginPro 8 masing-masing puncak berturut-turut sesuai dengan bidang kristal yaitu : (100), (002), (101), (012), dan (110), sehingga intensitas puncak tertinggi (the strongest line) terdapat pada bidang kristal (101). DSSC difabrikasi menggunakan nanomaterial ZnO yang dilapisi Cu+Ag sebagai material aktif, dye N719, elektrolit cair, dan plastisol sebagai katalis pada elektroda lawan. Hasil pengukuran I-V pada intensitas penyinaran lampu halogen 100 mW/cm² dari sampel terbaik menghasilkan Nilai efisiensi tertinggi sel DSSC berbasis ZnO dilapisi Cu sebesar 0,98% dengan konsentrasi 20 mM. Hasil ini memperlihatkan bahwa penambahan lapisan Cu dapat meningkatkan efisiensi DSSC berbasis ZnO+Cu sebesar 123% dibandingkan dengan sel berbasis ZnO tanpa Cu. Penambahan Ag pada nanomaterial ZnO dilapisi Cu tidak berdampak positif terhadap efisiensi sel DSSC.

Kata Kunci: DSSC, Seed Mediated Hidrotermal, Cu, nanomaterial ZnO.

PENDAHULUAN

Energi cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui yang powerful, karena banyak keunggulan yang dimilikinya, diantaranya ramah lingkungan, bersih, murah dan gratis. Namun untuk memanfaatkan energi matahari memerlukan piranti yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik, yaitu sel surya. Sel surya pertama adalah berbahan dasar material inorganik kristal silikon. Efisiensi tertinggi sel surya berbasis kristal silikon mencapai nilai 24%. Walaupun efisiensinya yang tinggi, namun fabrikasi sel surya generasi pertama ini memerlukan teknologi yang kompleks dan berbiaya tinggi. Dye sensitized solar cell (DSSC) merupakan sel surya generasi ketiga yang memiliki potensi ekonomi karena biaya produksinya relatif rendah dengan menggunakan teknik yang sederhana dan murah.

Nanomaterial semikonduktor saat ini banyak diteliti karena memiliki potensi aplikasi yang luas. Nanostruktur seng oksida (ZnO) adalah salah satu pilihan selain TiO₂ sebagai elektroda sel surya fotoelektrokimia, karena ZnO memiliki kelincahan elektron lebih tinggi dibandingkan TiO₂ [1]. Nanomaterial ZnO juga memiliki potensi aplikasi dalam fabrikasi perangkat canggih elektronik. Celah pita energi ZnO yang menggambarkan konduktivitas listrik suatu material berada pada rentang 3,1 - 3,7 eV [2].

Nanomaterial ZnO sudah banyak digunakan dalam aplikasi DSSC yang memiliki efisiensi $\pm 0,3\%$ [3], sehingga pengembangan DSSC dilakukan guna meningkatkan nilai efisiensi tersebut dengan menambahkan material lain agar mendapatkan transparansi, stabilitas, konduktivitas dan mobilitas elektron yang tinggi [4]. ZnO dapat di-*doping* dengan bahan logam golongan IIIA, diantaranya Indium (In) [5], Aluminium (Al) [6], Galium (Ga) [7] dan Boron (B) [8].

Penambahan tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada DSSC berbasis material aktif

nanomaterial ZnO dengan metode pembenihan dan penumbuhan sejauh ini belum banyak dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap penambahan Cu dan Ag pada nanomaterial ZnO dan menganalisa pengaruhnya terhadap sifat fisis yang berdampak pada efisiensi DSSC. Menurut [9] berdasarkan beberapa sifat fisis yang telah dikaji, khususnya penambahan Ag pada nanoflower ZnO, penggunaan material plasmonik ini menjanjikan mampu meningkatkan efisiensi DSSC. Penambahan ZnO dengan logam transisi menunjukkan bahwa sifat magnet, optik, dan listrik berubah dengan perubahan konsentrasi logam transisi. Logam transisi seperti Cu yang memiliki konduktivitas tinggi, harganya murah dan tersedia dikerak bumi [10].

Untuk mengkaji sifat fisis dan pengaruh penambahan Cu dan Ag pada nanomaterial ZnO untuk aplikasi DSSC maka perlu dilakukan studi kompresif. Penelitian ini mencoba mempelajari bagaimana penumbuhan ZnO yang dilapisi Cu dan Ag pada DSSC dengan variasi konsentrasi Ag yaitu: 10mM, dan 20mM.

METODE PENELITIAN

Proses Pembenihan dan Penumbuhan Nanomaterial ZnO

Proses pembenihan diawali dengan melarutkan 0,01 M *Zinc asetat dehydrate* (ZAD) kedalam 10 ml *athanol*, 200 μ L kemudian dilapiskan dengan FTO dengan teknik *spin coating* selama 30 detik dengan kecepatan 3000 rpm. Kemudian sampel dipanaskan diatas *hot plate* selama 15 menit pada suhu 100°C. Proses pembenihan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Sampel di *annealing* selama 1 jam pada suhu 350°C.

Larutan penumbuh ZnO dibuat dengan mencampurkan larutan 0,1 M *zincnitratehexahydrate* (ZNH), larutan 0,1 M *Hexamethylenetetramine* (HMT) dan larutan *aluminium nitrate nanohydrate*. Untuk membuat larutan penumbuh tersebut masing-

masing bahan ditimbang dengan berat 0,59494 gram ZNH dan 0,2803 gram HMT, kemudian dilarutkan dalam 20 ml *DI water*. Substrat dimasukkan kedalam botol dengan posisi membentuk sudut $< 90^\circ$. Botol dan substrat yang berisi larutan dimasukkan ke oven selama 8 jam pada suhu 100°C .

Proses Pelapisan Cu dan Ag pada Nanomaterial ZnO

Persentase konsentrasi larutan Cu adalah 20mM. Untuk membuat larutan tersebut bahan Cu ditimbang terlebih dahulu sebanyak 37,512 mg dilarutkan dalam 10 ml *DI water*. Kemudian sampel direndam di dalamnya selama 30 menit setelah itu dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 30 menit.

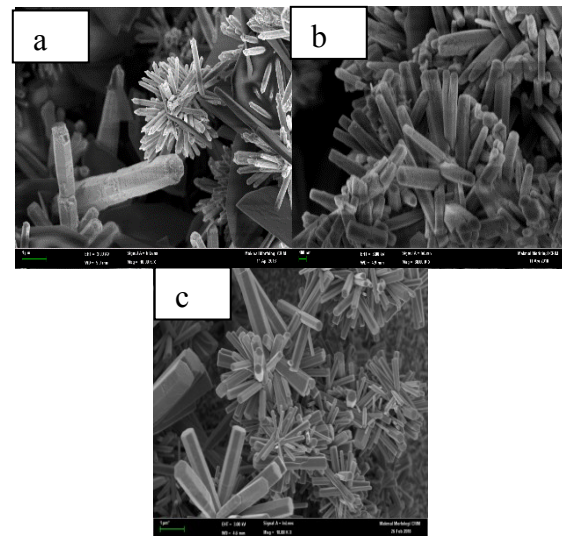
Selanjutnya larutan Ag dibuat dengan persentase konsentrasi larutan yang bervariasi. Konsentrasi yang digunakan pada proses pelapisan Cu dan bervariasi yaitu 10mM dan 20 mM. Untuk membuat larutan Ag tersebut bahan ditimbang terlebih dahulu sebanyak 8,493 mg; 16,987 mg; dan 25,480 mg dan dilarutkan dalam 10 ml *DI water*. Setelah itu proses dilanjutkan dengan menggantung sampel nanomaterial ZnO yang telah dilapisi dengan Cu di bibir botol kemudian dimasukkan larutan Ag yang telah dibuat sebanyak 10 mL, dan rendam sampel selama 30 menit setelah itu keringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 30 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil *Field Emmision Scanning Electron Microscopy* dan *Energy Dispersive X-Ray* dan *EDX*

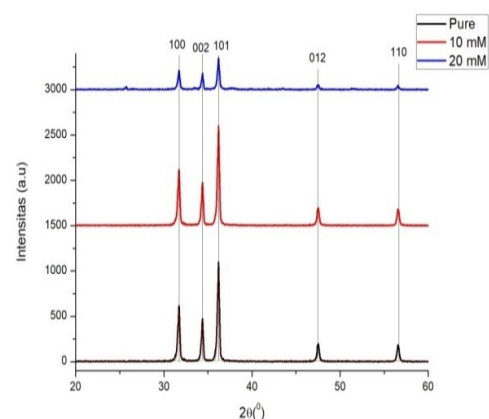
Gambar 1 memperlihatkan nanomaterial ZnO yang dilapisi material plasmonik Ag berbentuk nanorod dengan panampang heksagonal tanpa adanya Ag di permukaan nanomaterial ZnO. Nanomaterial ZnO yang dihasilkan untuk setiap sampel juga saling tumpang tindih, artinya orientasinya tidak berdiri tegak atau vertikal terhadap FTO. Material plasmonik Ag yang tersubstitusi dalam kisi nanostruktur ZnO

terlihat mempengaruhi struktur dari nanomaterial ZnO. Selain mempengaruhi struktur dari nanomaterial ZnO, keberadaan Ag dalam kisi ZnO juga berdampak terhadap ukuran dari nanostruktur ZnO. Semakin tinggi konsentrasi Ag maka ukurannya semakin besar. Nanomaterial ZnO dengan penambahan Cudengan konsentrasi 20 mM memiliki tingkat keseragaman, densitas, serta orientasi nanomaterial yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya.



Gambar 1. Foto FESEM dengan perbesaran 10.000x. Untuk nanomaterial ZnO dengan konsentrasi Ag (a.10 mM; b.20 mM dan c. Sampel tanpa Ag dengan konsentrasi Cu 20mM.

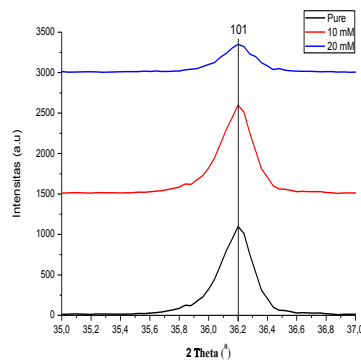
2. Hasil Analisa Grafik Sinar-X



Gambar 2. Pola XRD dari nanomaterial ZnO yang dilapisi Cu+Ag.

Gambar 2 menunjukkan pola XRD dari nanostruktur ZnO yang dilapisi dengan Cu+Ag dengan variasi konsentrasi Ag. Gambar tersebut memperlihatkan puncak-puncak difraksi muncul pada sudut 2θ : $31,69^\circ$; $34,36^\circ$; $36,18^\circ$; $47,52^\circ$; dan $56,4^\circ$. Hasil analisa *Origin pro8* menunjukkan bahwa puncak –puncak difraksi tersebut sesuai dengan bidang kristal (100), (002), dan (101) yang mengikuti pola standar bahan ZnO *Joint Committee on Power Diffraction Standart* (JCPDS) No.01-075-1553 (Lampiran 3). Sedangkan puncak difraksi

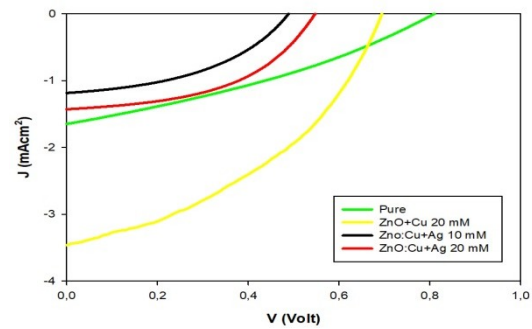
Pergeseran puncak ke arah 2θ yang lebih besar ditunjukkan pada Gambar 3 untuk rentang sudut 2θ dari $34,36^\circ$ – $34,38^\circ$.



Gambar 3. Pola XRD dari nanomaterial ZnO yang dilapisi Cu+Ag pada bidang orientasi (101).

3. Hasil Pengujian Perfomansi DSSC

Untuk mendapatkan informasi pengaruh lapisan Cu + Ag terhadap efisiensi DSSC, telah dilakukan pengukuran I-V dalam keadaan gelap (tidak disinari) dan dalam keadaan terang (disinari) di bawah cahaya lampu halogen 100 mW/cm^2 menggunakan perangkat I-V Gamry dengan perangkat lunak *ephe 200 software*. Gambar 4 memperlihatkan kurva karakteristik J-V dalam keadaan terang.



Gambar 4. Kurva J-V dari DSSC yang menggunakan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu+Ag sebagai material aktif dalam kondisi disinari.

Tabel 1 menjelaskan hasil dari parameter fisis pada kurva karakteristik I-V yang dihasilkan. Pada tabel tersebut ditampilkan hasil perhitungan data pengukuran dan perhitungan DSSC berbasis pada nanostruktur ZnO murni dan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu dan ditambah Ag. Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh sel berbasis ZnO dilapisi Cu adalah 0,98%

Tabel 1. Data hasil pengukuran dan perhitungan DSSC berbasis nanostruktur ZnO murni yang dilapisi Cu + Ag.

Sampel	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA cm^{-2})	FF (%)	η (%)
ZnO Pure	0,81	1,64	0,33	0,44
ZnO+Cu ₂ 0 mM	0,70	3,46	0,405	0,98
Zno:Cu+Ag ₁ 0 mM	0,49	1,18	0,44	0,25
Zno:Cu+Ag ₂ 0 mM	0,55	1,43	0,49	0,38

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristekdikti melalui DRPM yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dasar Unggul perguruan tinggi (PDUPT) Tahun 2018 atas nama Dr. Iwantono, M.Phil dengan kontrak nomor: 359/UN.19.5.1.3/PP/2018

KESIMPULAN

Penambahan Cu pada nanomaterial ZnO berpengaruh positif pada performansi DSSC dengan memberi efek peningkatan efisiensi sel dari 0,44% menjadi 0,98%. Sedangkan lapisan Ag tidak memberi pengaruh positif terhadap performansi sel DSSC, efisiensi sel justru turun ketika Ag ditambahkan pada ZnO. Penurunan nilai efisiensi terus terjadi dengan bertambahnya konsentrasi Ag.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gonzalez-Valls, I., Lira-Cantu, M. 2009. Vertically-aligned nanostructures of ZnO for excitonic solar cells: A review. *Energy & Environmental Science* 2(1):19-34.
2. Gao, W., & Li, Z. W. 2004. ZnO Thin Film Produced by Magnetron Sputtering. *Elsevier*, vol 30.
3. Iwantono, I., Nurwidya, W., Lestari, L.R., Naumar, F.Y., Nafisah, S., Umar, A.A., Rahman, M.Y.A. and Salleh, M.M. 2015. Effect of Growth Temperature and Time on the ZnO film Properties and the Performance of the Dye-Sensitized Solar Cell. *J Solid State Electrochem*.
4. Lin, S. S., Huang, J. L., Saigalik, P. 2004. The properties of heavily Al-doped ZnO films before and after annealing in the different atmosphere. *J. Surface and Coatings Technology*. 185(2-3): 254-263.
5. Park, y. R., Nam, E., Jung, D., Suh, J., Kim, Y. S., 2007. Hydrogenated In-Doped ZnO THIN Films For The New Anode Material Of Organic Light Emitting Devices: Synthesis And Application Test. *Journal Bull. Korean Chem.Soc*. 2007, Vol.28, No.12.
6. Prajapati, C. S., Kushwana, A., Sahay, P. P. 2013. Effect of Al dopants on the structural, optical and gas sensing properties Of Spray-Deposited ZnO Thin Film. *Journal Materials Chemistry and Physics* 142 (2013) 276-285.
7. Hsiao, C. H., Huang, C. S., Young, S. J., & Member, IEEE. Chang S.J., Senior Member, IEEE, Guo, J. J., Liu, C.W., & Yang, T. Y. 2013. Field-Emission and Photoelectrical Characteristics of Ga-ZnO Nanorods Photodetector, *IEEE Transactions On Electron Devices*, Vol.60.
8. Yadav, S. C., & Uplane, M. D. 2012. Synthesis and properties of Boron doped ZnO thin films by spray CVD technique at low substrate temperature. *Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*.
9. Patil, S. S., M. G. Mali, M. S. Tamboli, D. R. Patil, M. V. Kulkarni, H. Yoon, H. Kim, S. S. Al-Deyab, S. S. Yoon, S. S. Kolekar, B. B. Kale. 2015. Green Approach for Hierarchical Nanostructured Ag-ZnO and Their Photocatalytic Performance Under Sunlight. *Catalysis Today*.
10. Labhane, K, P., Huse, R, V., Patle, B, L., Chaudhari, L., A., and Sonawane, H, G. 2015. Synthesis of Cu Doped ZnO Nanoparticles: Crystallographic, Optical, FTIR, Morphological and Photocatalytic Study. *Journal of Material Science and Chemical Engineering*. 3:39-51.

INTERPRETASI KONDISIAIR BAWAH TANAH STUDI KASUS DI KECAMATAN TENAYAN RAYA KOTA PEKANBARU DENGAN MENGUNAKAN METODE PUMPING TEST

Awaludin Rakhmat^{1*}, Juandi. M², Usman Malik³

^{1,2,3}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: awaludin.rahmat@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of the research on the potential of underground water in ring wells in the District of Tenayan Raya Pekanbaru City using the experimental method of pumping test is to determine the potential of underground water, and determine the value of transmissivity so that it can be known the feasibility of well water for surrounding communities. Data was taken on 30 ring wells in Tenayan Raya District, Pekanbaru City. The results obtained are wells that have the lowest potential for underground water in Kadiran Street, Kulim Village with a value of drawdown is 2.1610 m. Wherea the highest potential as good underground water is in the well at Gunung Kidul Street, Tangkerang Timur Village with value of drawdown is 2.0407 m. This ring well has the potential of underground water which is likely to provide water for a long time. The transmissivity obtained from the 30 ring wells is 10.7684 m² / day. This value shows good groundwater quality and has the potential to meet the needs of residential areas.

Keywords: groundwater, pumping test, draw down, transmissivity.

ABSTRAK

Tujuan penelitian tentang potensi air bawah tanah pada sumur cincin di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru menggunakan metode eksperimen pumping test adalah untuk mengetahui potensi air bawah tanah, dan menentukan nilai transmisivitas sehingga dapat diketahui kelayakan air sumur untuk masyarakat sekitar. Data diambil pada 30 sumur cincin di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru. Hasil yang diperoleh adalah titik sumur yang memiliki potensi air bawah tanah terjelek berada di Jalan Kadiran Kelurahan Kulim dengan nilai penurunan muka air sebesar 2,1610 m. Sedangkan yang memiliki potensi tertinggi sebagai air bawah tanah yang baik adalah pada sumur di Jalan Gunung Kidul Kelurahan Tangkerang Timur dengan nilai penurunan muka air sebesar 2,0407 m. Sumur cincin ini memiliki potensi air bawah tanah yang berkemungkinan untuk menyediakan air dalam jangka waktu yang lama. Nilai transmisivitas yang di dapat dari ke 30 sumur cincin adalah 10,7684 m²/hari. Nilai ini menunjukkan kualitas air tanah yang baik dan memiliki potensi untuk memenuhi kebutuhan penduduk.

Kata kunci: air tanah, uji pemompaan, penurunan muka air, transmisivitas.

PENDAHULUAN

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah termasuk segala bentuk aliran hujan yang mengalir dibawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, beda potensial kelembaban tanah dan gaya gravitasi bumi [1].

Keseimbangan atau kelestarian air tanah akan tercapai apabila *input* air tanah sama dengan *output* air tanah atau dengan kata lain volume pengambilan air tanah sama dengan volume penambahan debit air tanah [2]. Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan muka air tanah.

Keberlanjutan air bawah tanah sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan [3].

Air tanah yang paling banyak digunakan adalah air tanah yang terdapat di sumur seperti sumur cincin. Sumur cincin biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Air sumur ini digunakan masyarakat dengan cara dilakukan pemompaan atau penimbaan menggunakan ember [4].

Air tanah pada sumur cincin bisa dicari transmisivitasnya yang digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu akuifer untuk membawa air tanah yang tertampung dalam satuan luas akuifer perdetiknya. Akuifer yang memiliki nilai transmisivitas yang tinggi menggambarkan potensi air tanah yang lebih baik untuk dimanfaatkan masyarakat.

Penyelidikan kualitas air perlu dilakukan guna menyeimbangkan aspek antara ketersediaannya dengan kebutuhan diketahui ada atau tidaknya lapisan pembawa air (akuifer), ketebalan dan kedalamannya serta untuk mengambil Beberapa metode pengujian potensi air bawah tanah pada sumur yang dapat dilakukan, salah satunya yaitu dengan menggunakan metode *pumping test*. Metode *pumping test* merupakan metode memompa air dari suatu sumur dengan debit tertentu, mengamati penurunan muka air selama pemompaan berlangsung dan mengamati pemulihan kembali muka air setelah pompa dimatikan sesuai dengan selang waktu tertentu. Pengukuran debit diperiksa setiap kali untuk penurunan muka air dan dicatat dengan benar [5].

Metode *pumping test* ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik akuifer berupa nilai transmisivitas [6]. Metode *pumping test* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui transmisivitas suatu sumur air tanah. Metode ini dapat digunakan dengan asumsi, yaitu akuifer dipompa dengan debit konstan [7]. Metode *Pumping Test* digunakan

dalam pencarian nilai transmisivitas adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{2.30 \log \left(\frac{t_n}{t_n - t} \right)}{4 \pi (A_n - A_{n-i})} \quad (1)$$

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi air bawah tanah dengan metode *pumping test*, menentukan nilai transmisivitas air bawah tanah pada sumur cincin dengan metode *Pumping Test* dan pemetaan kontur potensi air bawah tanah pada 30 titik di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *pumping test* dalam melakukan eksperimen dan didapat data sekunder dan data lapangan. Sedangkan analisis karakteristik potensi air bawah tanahnya menggunakan program *Surfer 11d* dan dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi FMIPA UR.

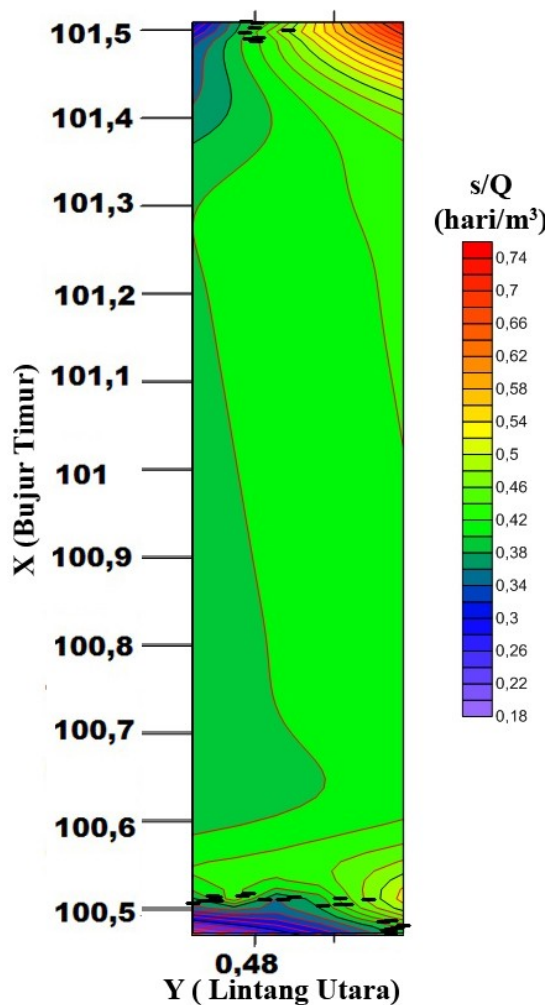
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menampilkan grafik hubungan *drawdown* (penurunan muka air) s per kapasitas debit air Q terhadap kapasitas debit air Q selama 1 menit di 30 titik di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru. Hubungan *drawdown* S per kapasitas debit air Q berbanding lurus terhadap kapasitas debit air Q selama t menit. Menunjukkan kenaikan di setiap menit dimana semakin lama uji pemompaan dilakukan maka akan semakin besar nilai *drawdown* S dan nilai S/Q . Sumur cincin yang memiliki penurunan muka air terbanyak adalah sumur cincin 30 yang terdapat di Jalan Kadiran di Kelurahan Kulim dengan nilai *drawdown* sumur rata – rata adalah 2,1610 m. *drawdown* yang besar menunjukkan potensi air tanah pada Jalan.

Data yang di dapat dari metode *pumping test* dapat digunakan untuk mencari nilai transmisivitas dengan menggunakan Persamaan (1) sehingga nilai transmisivitas yang didapat pada 30 sumur cincin di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru adalah 10.7684

m²/hari. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa sumur tersebut memiliki kualitas yang baik dan memiliki potensi untuk memenuhi kebutuhan di pemukiman penduduk.

Gambar 1 merupakan peta kontur yang telah diolah menggunakan program Surfer 11 dengan data X dan Y adalah dari koordinat dan Z dari nilai S/Q. Gambar 2 menunjukkan bahwa Peta kontur yang berada pada warna merah menunjukkan area nilai s/Q tertinggi. Hasil data dari 30 (tiga puluh) sumur cincin pada pemompaan menunjukkan nilai s/Q tertinggi berada pada sumur cincin ke-30 di Jalan Kadiran Kelurahan Kulim yaitu 0,4603 hari/m².



Gambar 1. Peta kontur potensi air tanah S/Q
Daerah ini terletak pada warna biru keunguan, warna tersebut menunjukkan

tingginya potensi air bawah tanah diantara 30 titik di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru. Nilai s/Q terendah berada pada sumur cincin ke-1 di Jalan Gunung Kidul Kelurahan Tangkerang Timur yaitu 0,3523 hari/m². Area ini terletak pada warna biru menunjukkan rendahnya potensi air bawah tanah diantara 30 titik di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Potensi air bawah tanah pada Kecamatan Tenayan Raya yang terbaik adalah terdapat pada Jalan Gunung Kidul Kelurahan Tangkerang Timur dengan nilai penurunan muka air sebesar 2,0407 m. Sumur cincin ini memiliki potensi air bawah tanah yang berkemungkinan untuk menyediakan air dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan yang terjelek berada pada Jalan Kadiran Kelurahan Kulim dengan nilai penurunan muka air sebesar 2,1610 m.
2. Peta kontur yang berada pada hijau muda menunjukkan area nilai s/Q tertinggi berada pada sumur cincin ke-30 Jalan Kadiran Kelurahan Kulim yaitu 0,4603 hari/m². Daerah kontur yang berada pada warna biru menunjukkan daerah nilai s/Q yang terendah berada pada sumur cincin ke-1 Gunung Kidul Kelurahan Tangkerang Timur yaitu 0,3523 hari/m², menunjukkan rendahnya potensi air bawah tanah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asdak, Chay. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

2. Kodoatie, Robert J. 2012. Tata Ruang Air Tanah. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
3. Juandi, M. (2017). Sustainability Model for Unconfined Aquifers. *International Journal of Science and Applied Technology*, 1(1), 8-14.
4. Cikun. 2016. Kualitas Air Tanah di Area Peternakan Sapi Desa Limpakuwus Kecamatan Sumbang Kabupaten Banyumas. Skripsi, Purwokerto: UMP.
5. Elhag, A.B., 2015. New Inovation Method for Analyzing Aquifer Test Data of Pumping and Recovery Test. *Int. Res. J Geol*, Vol. 5.
6. Bisri, M., 2012. Studi Tentang Pendugaan Air Tanah Sumur Air Tandah dan Upayaa dalam Konservasi Air Tanah. UB Press, Malang.
7. Kruseman, G.P dan de Ridder, N.A, with assistance from Verweij, J.M., 1970. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. Int. Intitute for Land Recl. and Improvement, The Netherlands.

PENENTUAN DENSITAS PLASMA HIDROGEN NONTERMAL PADA TEKANAN RENDAH

Nelda Ipkawati^{1*}, Saktioto²

^{1,2}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: neldaipkawati89@gmail.com

ABSTRACT

Before producing hydrogen plasma low pressure in experiment, it is necessary to know the density equilibrium process through a simulation. Hydrogen species densities of non-thermal plasma at low pressure is simulated using chemical kinetic model by Runge Kutta method. This simulation carried out to determine the equilibrium process of densities and reaction rates of hydrogen species in achieving equilibrium conditions. The equation used time-dependent continuity equation and Arrhenius form. The hydrogen species consist of electrons, H , H_2 , H^+ and H_2^+ . The results of show that electron density, H , H_2 , H^+ and H_2^+ are respectively $10^{20,23} m^{-3}$, $10^{19,69} m^{-3}$, $10^{19,91} m^{-3}$, $10^{19,39} m^{-3}$ and $10^{18,43} m^{-3}$ during of 23-24 ns. These describe that the density of each species of hydrogen very fast to achieve equilibrium conditions, while the value of the reaction rate obtained can be concluded that the value of the largest reaction rate is the impact ionization process with a value of $9.86 \times 10^{52} m^{-3} s^{-1}$ and the smallest one is dissociation process with a value of $1.22 \times 10^{-5} m^{-3} s^{-1}$.

Keywords: Simulation, Non-thermal Hydrogen Plasma Density, Low Pressure Plasma, Chemical Kinetic Model, MATLAB

ABSTRAK

Sebelum menghasilkan plasma hidrogen secara eksperimen pada tekanan rendah, perlu mengetahui proses kesetimbangan densitas melalui sebuah simulasi. Densitas spesies hidrogen nontermal pada tekanan rendah disimulasikan menggunakan model kinetik kimia dengan metode Runge kutta. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui proses kesetimbangan densitas dan laju reaksi dari spesies hidrogen dalam mencapai kondisi setimbang. Persamaan yang digunakan adalah persamaan kontinuitas yang bergantung pada waktu dan parameter Arrhenius. Spesies hidrogen terdiri dari elektron, H , H_2 , H^+ dan H_2^+ . Hasil simulasi menampilkan bahwa densitas elektron, H , H_2 , H^+ dan H_2^+ secara berurutan adalah $10^{20,23} m^{-3}$, $10^{19,69} m^{-3}$, $10^{19,91} m^{-3}$, $10^{19,39} m^{-3}$ dan $10^{18,43} m^{-3}$ selama 23-24 ns. Hal ini menggambarkan bahwa densitas setiap spesies hidrogen sangat cepat dalam mencapai kondisi setimbang, sementara nilai laju reaksi yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa nilai laju reaksi yang terbesar adalah proses ionisasi imbas dengan nilai $9.86 \times 10^{52} m^{-3} s^{-1}$ dan nilai laju reaksi yang terkecil adalah proses disosiasi dengan nilai $1.22 \times 10^{-5} m^{-3} s^{-1}$.

Kata Kunci: Simulasi, Densitas Plasma Hidrogen Nontermal, Plasma Tekanan Rendah, Model Kinetik Kimia, MATLAB.

PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan plasma sudah sangat luas khususnya dalam bidang industri, kesehatan dan teknologi sains. Aplikasi plasma dalam bidang industri sangat menarik perhatian peneliti. Hal ini dikarenakan plasma memiliki kelebihan yaitu mudah dikendalikan, membutuhkan energi yang relatif kecil dalam pengoperasian dan dapat dilakukan dalam skala besar dengan sistem yang sederhana [1]. Dalam bidang industri seperti industri material, plasma telah diplikasikan sebagai polimerisasi

plasma dengan menggunakan metode PE-CVD (*Plasma Enhanced-Chemical Vapor Deposition*) [2], aktivasi material [3], *plasma cutting* [4] dan *plasma cleaning* atau plasma pembersih [5].

Plasma cleaning atau plasma pembersih adalah proses menghilangkan semua bahan organik dari permukaan suatu bahan atau benda menggunakan plasma. Salah satu aplikasi *plasma cleaning* adalah membersihkan permukaan logam dengan menggunakan plasma hidrogen [5]. Sebelum

menghasilkan plasma hidrogen yang dapat diaplikasikan dalam *plasma cleaning*, perlu mengetahui proses kesetimbangan reaksi kinetik kimia dari plasma hidrogen melalui simulasi.

Simulasi plasma hidrogen dilakukan untuk mendapatkan nilai kesetimbangan densitas, waktu dan laju reaksi dalam mencapai kondisi setimbang. Dalam penelitian ini, tekanan yang diinput dalam simulasi adalah tekanan rendah dan jenis plasma yang digunakan adalah plasma nontermal. Spesies plasma hidrogen yang digunakan terdiri dari elektron, H, H₂, H⁺ dan H₂⁺. Untuk mencapai kondisi setimbang, densitas plasma hidrogen akan disimulasikan secara komputasi menggunakan perangkat lunak *Matrix Laboratory* (MATLAB) dengan metode Runge Kutta.

METODE PENELITIAN

Metode Runge Kutta digunakan untuk membuat *flow chart* dan pengkodean program. Sebelum itu perlu untuk menyusun model kinetik kimia dengan menggunakan dua persamaan, yaitu persamaan kontinuitas dan persamaan Arrhenius. Persamaan kontinuitas yang ditinjau hanya bergantung pada waktu saja, sementara persamaan Arrhenius yang digunakan terdiri dari 3 parameter yaitu α , β dan γ yang nilainya bergantung pada data eksperimen dalam setiap reaksi.

Tabel 1. Daftar nilai input plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah.

Nilai input	Spesies				
	elektron	H	H ⁺	H ₂	H ₂ ⁺
Densitas awal (m ⁻³)	1 x 10 ¹⁸	1,8 x 10 ²⁰	9 x 10 ¹⁹	3 x 10 ²⁰	1 x 10 ¹⁹
Temperatur kinetik (eV)	1	0,03	0,03	0,03	0,03
Tekanan (N/m ²)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Waktu Integrasi (s)	1 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻⁹
No.Massa (amu)	0	1,008	1,008	2,016	2,016
Muatan (e)	-1	0	1	0	1

Tabel 2. Data reaksi spesies plasma hidrogen nontermal

No	Reaksi	α (m ³ s ⁻¹)	β	γ (K)	Referensi
1	H ₂ + H ₂ → H + H + H ₂	2,23 x 10 ¹²	0,5	46600	[6]
-1	H + H + H ₂ → H ₂ + H ₂	2,8 x 10 ⁻⁴³	-	0	[7]
2	H + H ₂ → H ₂ + H	6,3 x 10 ⁵	0,5	4000	[8]
-2	H ₂ + H → H + H ₂	6,3 x 10 ⁵	0,5	4000	[8]
3	H ⁺ + H + e ⁻ → H + H	1,66x 10 ⁻³⁵	-	0	[9]
-3	Data reaksi balik tidak tersedia				
4	H ₂ + H → H + H + H	2,23 x 10 ¹²	0,5	46600	[6]
-4	H + H + H → H ₂ + H	8,8 x 10 ⁻⁴⁵	0	0	[10]
5	e ⁻ + H ₂ → H ₂ ⁺ + e ⁻ + e ⁻	3,11 x 10 ⁻¹⁴	0	219324	[11]
-5	Data reaksi balik tidak tersedia				
6	H + e ⁻ → H ⁺ + e ⁻ + e ⁻	1,51x 10 ³¹	-	158000	[6]
-6	Data reaksi balik tidak tersedia				
7	H ₂ + e ⁻ → H + H + e ⁻	2,23 x 10 ¹²	0,5	46600	[6]
-7	Data reaksi balik tidak tersedia				
8	H ₂ ⁺ + H + e ⁻ → H + H ₂	1,66x 10 ⁻³⁵	-	0	[9]
-8	Data reaksi balik tidak tersedia				
9	H ₂ ⁺ + H + e ⁻ → H ₂ + H	6,07 x 10 ⁻³⁴	-	0	[9]
-9	Data reaksi balik tidak tersedia				
10	H ₂ ⁺ + H ₂ + e ⁻ → H ₂ + H ₂	6,07 x 10 ⁻³⁴	-	0	[9]
-10	Data reaksi balik tidak tersedia				

Untuk menjalankan program dalam simulasi ini, diperlukan program yang dibuat dalam bentuk M-file yang terdiri dari program utama dan program data masukan. Program utama terdiri dari program *nthequilb.m* dan program *dlndtn.m*. Sementara program data masukan terdiri dari program *phycon.m* dan program *nthdata.m*.

Program `nthequib.m` berfungsi untuk mengolah data masukan dan menjalankan semua program lain. Sedangkan program `dlndtn.m` berfungsi untuk menghitung laju produksi spesies per satuan volume dan mengoreksi nilai densitas.

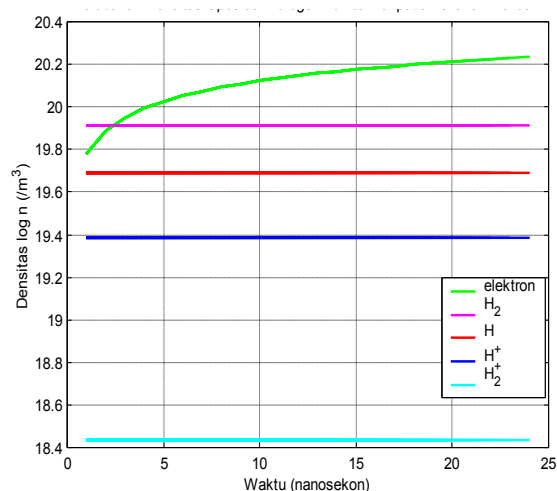
Program `phycon.m` memuat nilai muatan listrik elektron dan konstanta Boltzmann. Sedangkan program `nthdata.m` memuat nilai parameter Arrhenius, tekanan, nomor massa, muatan dan temperatur kinetik masing-masing spesies plasma hidrogen.

Nilai-nilai parameter Arrhenius α , β dan γ dari berbagai referensi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Densitas Plasma Hidrogen Nontermal

Berikut adalah perubahan densitas setiap spesies hidrogen yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan densitas spesies plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah

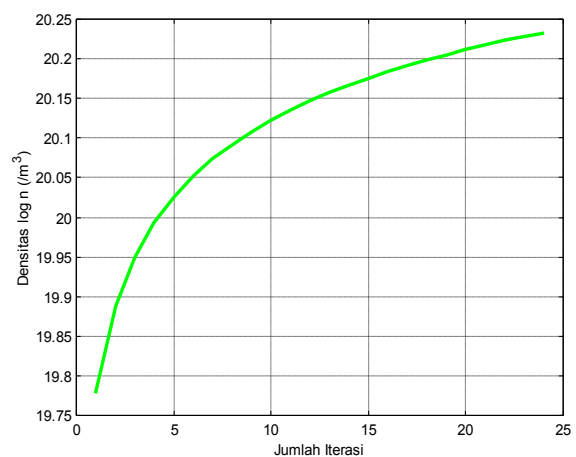
Gambar 1 menunjukkan bahwa spesies plasma hidrogen yang mengalami perubahan nilai densitas yang paling signifikan adalah elektron. Sedangkan spesies H , H_2 , H^+ dan H_2^+ tidak mengalami perubahan nilai densitas. Hal ini dapat dilihat bahwa grafik yang diperoleh berupa garis lurus, artinya densitas partikel berat dalam plasma hidrogen nontermal tidak berubah densitas karena massa yang dimiliki partikel berat lebih besar dari massa elektron. Nilai densitas spesies plasma

hidrogen nontermal pada tekanan rendah dalam kondisi setimbang yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil densitas plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah dalam kondisi setimbang.

Spesies	Densitas $\log n$ ($/m^3$)
Elektron	$10^{20,23}$
H	$10^{19,69}$
H_2	$10^{19,91}$
H^+	$10^{19,39}$
H_2^+	$10^{18,43}$

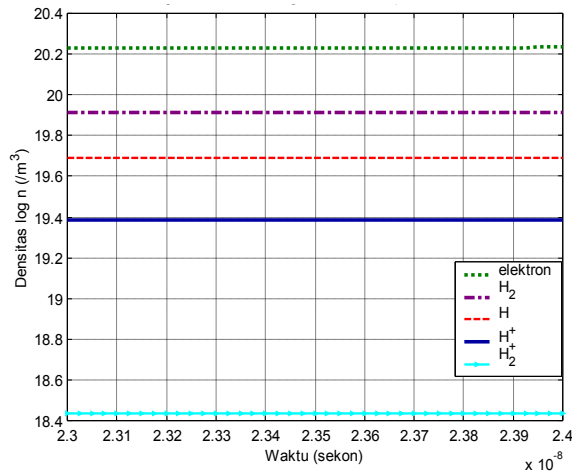
Nilai densitas spesies plasma hidrogen nontermal yang terbesar adalah densitas elektron, sedangkan nilai densitas yang terkecil adalah nilai densitas ion positif hidrogen diatomik (H_2^+).



Gambar 2. Perubahan densitas elektron

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa perubahan nilai densitas elektron menunjukkan kenaikan nilai densitas tiap bertambahnya iterasi sampai nilai densitas elektron mengalami kesetimbangan.

Gambar 3 menunjukkan densitas spesies plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah yang telah mencapai kondisi setimbang dengan rentang waktu 23 - 24 nanosekon, artinya densitas spesies plasma hidrogen nontermal sangat cepat mencapai kondisi setimbang.



Gambar 3. Kesetimbangan densitas spesies plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah.

Laju Reaksi Plasma Hidrogen Nontermal pada Tekanan Rendah

Berdasarkan Tabel 4, tiga nilai laju reaksi yang terbesar berturut-turut adalah reaksi nomor 6 yang memiliki nilai laju reaksi sebesar $9.86 \times 10^{52} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ dengan jenis tumbukan adalah proses ionisasi imbas, reaksi nomor 7 yang memiliki nilai laju reaksi sebesar $6.03 \times 10^{52} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ dengan jenis tumbukan adalah proses disosiasi dan reaksi nomor 2/-2 yang memiliki nilai laju reaksi sebesar $4.78 \times 10^{41} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ dengan jenis tumbukan adalah proses hamburan elastik. Laju reaksi nomor 2 dan -2 memiliki nilai laju reaksi yang sama besar. Hal ini disebabkan oleh tumbukan yang terjadi antar spesies baik reaksi maju maupun reaksi balik adalah sama sehingga menghasilkan laju reaksi yang sama besar dan tumbukan ini dinamakan dengan hamburan elastik.

Sedangkan tiga nilai laju reaksi yang terkecil berturut-turut adalah nilai laju reaksi nomor 4 yang memiliki nilai sebesar $1.22 \times 10^{-5} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ dengan jenis tumbukan adalah disosiasi, reaksi nomor 1 yang memiliki nilai sebesar $2.03 \times 10^{-5} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ dengan jenis tumbukan adalah disosiasi dan reaksi nomor 8 yang memiliki nilai sebesar $2.60 \times 10^{13} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ dengan jenis tumbukan adalah rekombinasi tiga badan.

Tabel 4. Nilai laju reaksi dan jenis reaksi plasma hidrogen nontermal

No	Reaksi	Laju reaksi ($\text{m}^{-3} \text{ s}^{-1}$)	Jenis tumbukan
1	$\text{H}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{H} + \text{H} + \text{H}_2$	$2.03\text{e-}005$	Disosiasi
-1	$\text{H} + \text{H} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}_2$	$1.62\text{e+}015$	Asosiasi
2	$\text{H} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}$	$4.78\text{e+}041$	Hamburan elastik
-2	$\text{H}_2 + \text{H} \rightarrow \text{H} + \text{H}_2$	$4.78\text{e+}041$	Hamburan elastik
3	$\text{H}^+ + \text{H} + \text{e}^- \rightarrow \text{H} + \text{H}$	$2.34\text{e+}014$	Rekombinasi tiga badan
-3	Data reaksi balik tidak tersedia		
4	$\text{H}_2 + \text{H} \rightarrow \text{H} + \text{H} + \text{H}$	$1.22\text{e-}005$	Disosiasi
-4	$\text{H} + \text{H} + \text{H} \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}$	$1.03\text{e+}015$	Asosiasi
5	$\text{e}^- + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2^+ + \text{e}^- + \text{e}^-$	$2.68\text{e+}018$	Ionisasi imbas
-5	Data reaksi balik tidak tersedia		
6	$\text{H} + \text{e}^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{e}^- + \text{e}^-$	$9.86\text{e+}052$	Ionisasi imbas
-6	Data reaksi balik tidak tersedia		
7	$\text{H}_2 + \text{e}^- \rightarrow \text{H} + \text{H} + \text{e}^-$	$6.03\text{e+}052$	Disosiasi
-7	Data reaksi balik tidak tersedia		
8	$\text{H}_2^+ + \text{H} + \text{e}^- \rightarrow \text{H} + \text{H}_2$	$2.60\text{e+}013$	Rekombinasi tiga badan
-8	Data reaksi balik tidak tersedia		
9	$\text{H}_2^+ + \text{H} + \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}$	$9.49\text{e+}014$	Rekombinasi tiga badan
-9	Data reaksi balik tidak tersedia		
10	$\text{H}_2^+ + \text{H}_2 + \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}_2$	$1.58\text{e+}015$	Rekombinasi tiga badan
-10	Data reaksi balik tidak tersedia		

Analisa Hasil Simulasi

Plasma hidrogen pada tekanan rendah telah disimulasikan oleh beberapa peneliti dengan berbagai parameter, seperti [12] yang telah mensimulasikan densitas hidrogen dengan variasi temperatur pada tekanan rendah dan [13] telah mensimulasikan koefisien laju reaksi hidrogen dengan variasi densitas dan temperatur pada tekanan rendah. Sementara dalam penelitian ini adalah mensimulasikan plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah dengan potensi sebagai *plasma cleaning* pada logam.

Dari hasil simulasi yang diperoleh dapat diketahui bahwa nilai densitas elektron plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah lebih banyak berionisasi, sehingga menyebabkan nilai densitasnya meningkat dalam mencapai kondisi setimbang sesuai dengan Gambar 2. Selain itu, nilai densitas elektron lebih besar dibandingkan dengan nilai densitas spesies lain disebabkan oleh energi yang diberikan. Semakin besar energi yang diberikan maka semakin besar pula densitas elektron yang dihasilkan. Energi ini berbanding lurus dengan temperatur. Dalam penelitian ini, temperatur elektron yang diinput lebih besar dibandingkan dengan temperatur spesies hidrogen lainnya yaitu sebesar 1 eV sehingga menghasilkan nilai densitas elektron yang besar.

Sedangkan untuk nilai laju reaksi dipengaruhi oleh nilai α yang merupakan salah satu parameter Arrhenius. Nilai α adalah nilai *cross section* atau tampang melintang dari tumbukan suatu reaksi. Semakin besar *cross section* maka semakin mudah suatu spesies bertumbukan dengan spesies lain dalam suatu reaksi. Sehingga menyebabkan nilai laju reaksi juga semakin besar. Hal ini terbukti dengan nilai laju reaksi hasil simulasi yang didapatkan bahwa nilai laju reaksi yang terbesar adalah nilai laju reaksi nomor 6 yang memiliki nilai *cross section* yang cukup besar dibandingkan dengan nilai *cross section* reaksi yang lain. Selain itu, nilai β dan γ dari parameter Arrhenius juga sangat mempengaruhi nilai konstanta laju reaksi (k).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh dapat diambil kesimpulanyaitunilai kesetimbangan densitas setiap spesies plasma hidrogen nontermal pada tekanan rendah adalah densitas elektron (n_e) = $10^{20,23} \text{ m}^{-3}$, densitas hidrogen monoatomik (n_H) = $10^{19,69} \text{ m}^{-3}$, densitas hidrogen diatomik (n_{H_2}) = $10^{19,91} \text{ m}^{-3}$, densitas ion positif hidrogen atomik (n_{H^+}) = $10^{19,39} \text{ m}^{-3}$ dan densitas ion positif hidrogen diatomik ($n_{H_2^+}$) = $10^{18,43} \text{ m}^{-3}$.

Nilai densitas elektron dari plasma hidrogen pada tekanan rendah lebih banyak berionisasi, sehingga menyebabkan nilai densitasnya meningkat dalam mencapai kondisi setimbang. Interval waktu yang dibutuhkan spesies hidrogendalam mencapai kondisi setimbang adalah 23-24 nanosekon. Nilai laju reaksi yang terbesar merupakan hasil dari proses ionisasi imbas dengan nilai $9.86 \times 10^{52} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ sedangkan nilai laju reaksi yang terkecil merupakan hasil dari proses disosiasi dengan nilai $1.22 \times 10^{-5} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ghufroon, M., Yunata, E.E., Aizawa, T., 2016. Simulasi 1D Pengaruh Tekanan terhadap Densitas Elektron pada Plasma Argon DC Bias Discharge. *SMARTICS Journal* Vol 2 (1).
2. Bogaerts, A., Neyts, E., Gijbels, R., Mullen, J.v.d. 2002. Gas Discharge Plasmas And Their Applications. *Spectrochimica Acta*. Part B 57, 609-658.
3. Diener. 2007. *Plasma Technology*. Germany: Diener.
4. Korten, David Suban. dkk. 2017. Rancang Bangun Generator Plasma dengan Media Gas Argon. *Jurnal EECCIS*, (11) No.1.
5. Astuti, Anis Robi. dkk. 2017. Plasma Pembersih pada Logam. *Proceeding of Chemistry Conference* (2).
6. Watanabe, T., Atsuchi, N., Shigeta, M. 2006. Two-Temperature Chemically Non-Equilibrium Modeling of Argon Induction Plasmas with Diatomic Gas. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 49, 4867-4876.
7. Baulch, D.L., Boorman, C.T., Cobos, C.J., Cox, R.A., Just, Th., Kerr, J.A., ... Warnatz, J. 2005. Evaluated Kinetic Data for Combustion Modeling: Supplement II. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 34 (3), 905-912.
8. Westley, Francis. 1980. *Table of Recommended Rate Constants for Chemical Reactions occurring in Combustion*. Washington D.C: United States National Standard Reference Data Series-National Bureau of Standards.

9. Tanaka, Y. 2009. Thermally and chemically non-equilibrium modelling of Ar-N₂-H₂ inductively coupled plasmas at reduced pressure. *Thin Solid Films* 518 (3), 936-942.
10. Cohen, N. and Westberg, K. 1980. Chemical Kinetic Data Sheets for High Temperature Chemical Reactions. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 12 (3), 559-562.
11. Kimura, T. And Kasugai H. 2010. Properties of Inductively Coupled RF Ar/H₂Plasmas: Experiment And Global Model. *Journal of Applied Physics* 107 (8), 083308.
12. Post, D.E. 1995. *A Review of Recent Developments in Atomic Processes for Divertors and Edge Plasmas*. Shortened PSI Review Paper 6.
13. Wevers, J.C.A. 1993. *A Numerical and Experimental Characterization of A Hydrogen Plasma* (Report of a graduation study in the group Equilibrium and Transport in Plasmas). Eindhoven University.

INTERPRETASI AIR BAWAH TANAH BERDASARKAN NILAI TRANSMISIVITAS

Rigia Givanny Pritamara^{1*}, Juandi M², Usman Malik³
^{1,2,3}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: rigiagivannypritamaraA3@yahoo.co.id

ABSTRACT

The most consumption water is groundwater taken through excavated wells or ring wells. An aquifer test can be applied in pump test in order to find transmissivity of drawdown ring wells. The tested ring wells were located at 25 different locations in the Marpoyan Damai District. In the pumping test on the ring wells data was obtained namely drawdown test data s , times t , rate of discharge Q , and then create a graph of s/Q vs Q . The straight line that cut the s/Q axis the A value with the C gradient and the determinant coefficient d^2 . The values obtained were then inserted into the transmissivity formula of the Cooper-Jacob method. The A values for $t = 3$ minutes and $t = 7$ minutes were selected because their results in C values are close to each other. The C values of $t = 3$ minutes and $t = 7$ minutes are 0.1671 and 0.1672 respectively. Transmissivity value obtained is 134.5 m^2/day . The value shows a potentially useful groundwater aquifer for the Marpoyan Damai district because the transmissivity value exceeded 50 m^2/day .

Keywords: Aquifer, drawdown, groundwater, pumping test, transmissivity

ABSTRAK

Air yang paling banyak digunakan masyarakat adalah air tanah melalui sumur galian atau sumur cincin. Pengujian akuifer dapat diterapkan dalam uji pemompaan dengan mencari transmisivitas dari penurunan muka air sumur cincin. Sumur cincin yang diuji terdapat di 25 lokasi berbeda di kecamatan Marpoyan Damai. Data Uji pemompaan pada sumur cincin diperoleh data penurunan muka air s , waktu t dan kapasitas debit Q yang lalu dibuat grafik hubungan s/Q terhadap Q . Garis lurus yang memotong sumbu s/Q menghasilkan nilai A dengan gradien C dan koefisien determinan d^2 . Nilai yang didapat dimasukkan ke dalam rumus transmisivitas cooper-jacob. Nilai A yang berpasangan untuk $t = 3$ menit dan $t = 7$ menit dipilih karena nilai C yang saling mendekati. Perbedaan dari nilai C dari $t = 3$ menit dan $t = 7$ menit adalah 0.1671 dan 0.1672. Nilai Transmisivitas yang didapat adalah 134.5 $m^2/hari$. Nilai menunjukkan akuifer air tanah yang berpotensi sangat baik untuk kecamatan Marpoyan Damai karena nilai transmisivitas yang sangat baik melebihi nilai 50 $m^2/hari$.

Kata Kunci: Air tanah, akuifer, penurunan muka air, transmisivitas, ujipemompaan

PENDAHULUAN

Air merupakan bagian dari sumber daya alam sekaligus juga sebagai bagian dari ekosistem. Air mulai ada bersamaan dengan keberadaan bumi [1]. Ketersediaan air cenderung terus menurun namun dilain pihak kebutuhan air semakin meningkat. Air yang paling banyak digunakan masyarakat adalah air tanah. Air tanah ialah air yang melekat pada butir – butir tanah.

Kajian potensial akuifer untuk eksploitasi air bawah tanah di Kecamatan Marpoyan

Damai telah diteliti oleh Juandi, M., dan S. Syahril tahun 2017 [2], dapat dikatakan bahwa tingkat pengisian air tanah tahunan sangat tinggi.

Masyarakat mengumpulkan air tanah dengan membuat sumur gali atau sumur cincin. Dari air sumur cincin ini bisa dicari transmisivitasnya yang mana digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu akuifer untuk membawa air tanah yang tertampung dalam satuan luas akuifer perdetiknya. Selain transmisivitas, dapat diketahui berapa nilai penurunan muka air sumur cincin *drawdowns*

dan bagaimana hubungan *drawdown* s saat dibagi dengan kapasitas debit air tertampung. Transmisivitas yang bernilai diatas 50 m²/hari memiliki arti jika air tanah disekitar sumur tersebut memiliki lapisan batuan jenuh air di bawah permukaan tanah yang dapat menyimpan dan meneruskan air dalam jumlah yang baik.

METODE PENELITIAN

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan survei lokasi penelitian. Lokasi dan sumur cincin yang akan digunakan harus sudah dicek kondisinya. Sumur cincin yang akan digunakan berjumlah 25 (dua puluh lima) sumur cincin. Jarak dari masing – masing sumur cincin minimal 40 m. Saat penelitian sedang berlangsung, catat koordinat lokasi penelitian guna membuat kontur potensi air tanah *drawdown* s per kapasitas debit air Q.

Pemompaan dilakukan selama 20 menit dengan rentang waktu penelitian 1 menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit, 5 menit, 7 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Selama penelitian berlangsung akan didapat berapa *drawdown* s dan kapasitas debit air Q. lalu ditarik grafik dimana hubungan s/Q terhadap Q menggunakan Microsoft Excel yang lalu di dapatkan nilai garis lurus yang memotong sumbu s/Q A dengan gradiennya C serta determinan d². Nilai Transmisivitas dihitung menggunakan persamaan dari metode cooper-jacob, untuk mengetahui nilai n dan n-i bisa dilihat dari nilai C yang sama atau sangat mendekati dari sembilan variasi waktu penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Pemompaan dan Analisa *Drawdown* Air Sumur Cincin

Data pada Tabel 1 merupakan salah satu dari 25 sumur yang telah di teliti yang terletak di jalan pelangi (arifin achmad), yaitu pada sumur cincin di jalan Pelangi Kelurahan Sidomulyo Timur.

Tabel 1. Data hasil pengukuran penurunan muka air sumur cincin dan debit air tertampung.

waktu	s (m)	Q (m ³ /hari)	s/Q (hari/m ²)
1 menit	2.150	25.184	0.0854
2 menit	2.170	25.184	0.0862
3 menit	2.190	25.184	0.0870
4 menit	2.210	25.184	0.0878
5 menit	2.230	25.184	0.0885
7 menit	2.270	25.184	0.0901
10 menit	2.330	25.184	0.0925
15 menit	2.430	25.184	0.0965
20 menit	2.530	25.184	0.1005

Data tersebut mula – mula jarak permukaan air sumur cincin ke bibir sumur adalah 213 cm. Saat pemompaan dimulai pada menit pertama, muka air turun sejauh 2 cm sehingga jarak bibir sumur ke permukaan air adalah 215 cm, begitu juga seterusnya hingga menit ke 3, 4, dan 5 yang penurunan muka air tanahnya masing – masing 2 cm sehingga pada menit ke 5 jarak dari bibir sumur ke permukaan air adalah 223 cm. Penurunan muka air tanah pada menit ke 7 turun sebanyak 4 cm sehingga jarak dari bibir sumur ke permukaan air adalah 227 cm. pada menit ke 10 penurunan muka air tanah turun sebanyak 6 cm, pada menit ke 15 penurunan muka air tanah sebanyak 10 cm dan pada menit ke 20 penurunan muka air tanah sebanyak 10 cm sehingga jarak dari sumur cincin ke muka air tanah adalah 253 cm. Pada sumur 12 penurunan muka air tanah selama 20 menit adalah 40 cm, dimana air yang tertampung selama 20 menit sebanyak 349.9 liter.

Penurunan muka air dari 25 (dua puluh lima) sumur memiliki *drawdown* rata – rata 0.3578 m. Sumur cincin (SC) 1 penurunan muka airnya 0.39 m, SC 2 sebesar 0.325 m, SC 3 sebesar 0.28, SC 4 sebesar 0.385 m dan SC 5 sebesar 0.285 m. Sumur cincin 6 memiliki *drawdown* sebesar 0.29 m, SC 7 sebesar 0.37 m, SC 8 sebesar 0.36 m, SC 9 sebesar 0.295m dan SC 10 sebesar 0.39m.

Sumur cincin 11 memiliki *drawdown* sebesar 0.039 m, SC 12 sebesar 0.38m, SC 13 sebesar 0.285, SC 14 sebesar 0.36 m dan SC 15 sebesar 0.375 m. Sumur cincin 16 memiliki *drawdown* sebesar 0.38 m, SC 17 sebesar 0.39 m, SC 18 sebesar 0.29 m, SC 19 sebesar 0.355 m dan SC 20 sebesar 0.38 m. Sumur cincin 21 memiliki nilai *drawdown* sebesar 0.43 m, SC 22 sebesar 0.39 m, SC 23 sebesar 0.38 m, SC 24 sebesar 0.41 m dan SC 25 sebesar 0.38 m.

Sumur cincin yang memiliki penurunan muka air terbanyak adalah sumur cincin 21 yang terdapat di jalan Garuda di kelurahan Tangkerang Tengah dengan nilai *Drawdown* 0.43 m. Sumur cincin yang memiliki penurunan muka air paling sedikit diantara 25 (dua puluh lima) sumur cincin adalah sumur cincin 3 di jalan Pisang kelurahan Wonorejo dengan nilai *drawdown* 0.28 m. Semakin cepat air tanah melakukan *recovery* maka semakin kecil penurunan muka air sumur, begitu juga sebaliknya.

2. Hubungan *Drawdown* Air Sumur Cincin dengan Kapasitas Debit Air

Air sumur cincin yang mulai berkurang saat disedot membuat air tanah membantu sumur untuk mengisi kembali air sumur tersebut. Hasil pengukuran yang telah didapatkan pada Tabel 1 diolah sehingga didapatkan nilai Q sebesar 25.184 m³/hari. Untuk s/Q pada menit 1 sebesar 0.0854 hari/m², s/Q pada menit 2 sebesar 0.0862 hari/m², s/Q pada menit 3 sebesar 0.0870 hari/m², s/Q pada menit 4 sebesar 0.0878 hari/m², s/Q pada menit 5 sebesar 0.0885 hari/m², s/Q pada menit 7 sebesar 0.0901 hari/m², s/Q pada menit 10 sebesar 0.0925 hari/m², s/Q pada menit 15 sebesar 0.0965 hari/m² dan s/Q pada menit 20 sebesar 0.1005 hari/m².

Nilai untuk kapasitas debit air Q sumur cincin 1 adalah 25.097 m³/hari. Kapasitas debit air Q sumur cincin 2 dan 3 bernilai sama yaitu 25.126 m³/hari. Kapasitas debit air Q sumur cincin 4, 5, 6 dan 7 bernilai sama yaitu 25.140 m³/hari. Kapasitas debit air Q sumur cincin 8 dan 9 bernilai sama yaitu 25.155 m³/hari. Nilai

untuk kapasitas debit air Q sumur cincin 10 adalah 25.169 m³/hari. Kapasitas debit air Q sumur cincin 11 dan 12 bernilai sama yaitu 25.184 m³/hari. Kapasitas debit air Q sumur cincin 13, 14 dan 15 bernilai sama yaitu 25.198 m³/hari.

Nilai untuk kapasitas debit air Q sumur cincin 16 adalah 25.212 m³/hari. Kapasitas debit air Q sumur cincin 17 dan 18 bernilai sama yaitu 25.227 m³/hari. Nilai untuk kapasitas debit air Q sumur cincin 19 adalah 25.270 m³/hari. Nilai untuk kapasitas debit air Q sumur cincin 20 adalah 25.284 m³/hari. Nilai untuk kapasitas debit air Q sumur cincin 21 adalah 25.313 m³/hari. Nilai untuk kapasitas debit air Q sumur cincin 22, 23, 24 dan 25 adalah 25.328 m³/hari, 25.356 m³/hari, 25.371 m³/hari dan 25.385 m³/hari.

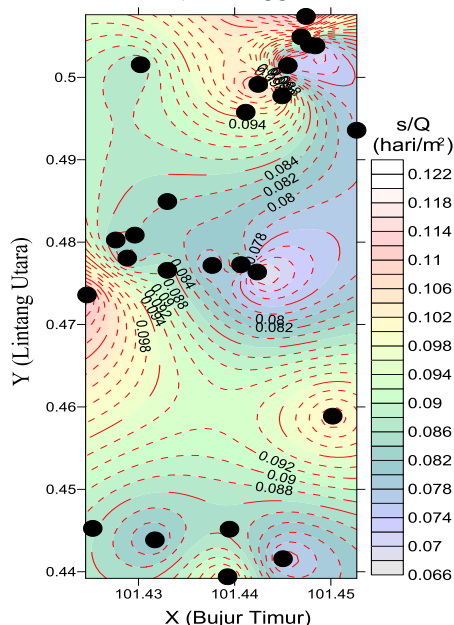
3. Karakterisasi Akuifer Berupa Nilai Transmisivitas

Transmisivitas dihitung dengan memasukkan rumus transmisivitas dari metode Cooper-Jacob. Penentuan dari n dan n-i dapat diketahui dari nilai gradient C yang saling mendekati yaitu n pada menit ke 7 sedangkan n-i berada pada menit ke 3. nilai C ke 7 adalah 0.1672 sedangkan nilai C pada menit ke 3 adalah 0.1671. Transmisivitas T dengan satuan m²/s. Satuan yang menunjukkan kecepatan aliran di bawah satu unit gradien hidrolik melalui sebuah penampang pada seluruh tebal jenuh suatu akuifer (Kodoatie, 2005). Nilai transmisivitas dari 25 (dua puluh lima) sumur adalah 134.5 m²/hari. Dimana artinya sumur tersebut memiliki kualitas yang sangat baik dan memiliki potensi bagus di pemukiman penduduk.

4. Peta Kontur Potensi Air Tanah s/Q

Rentang koordinat lokasi penelitian 25 (dua puluh lima) sumur cincin pada Lintang Utara adalah 00°26'29.37" hingga 00°30'27.48". Rentang koordinat lokasi penelitian 25 (dua puluh lima) sumur cincin pada Bujur Timur adalah 100°25'30.70" hingga 100°27'09.97". Warna pada kontur menunjukkan tingkat nilai potensi air tanah s/Q di area tersebut. Area

kontur yang berada pada warna abu - abu menunjukkan area nilai s/Q (*drawdown* per Kapasitas Debit Air) yang terendah. Area kontur yang berada pada warna putih menunjukkan area nilai s/Q (*drawdown* per Kapasitas Debit Air) tertinggi.



Gambar 1. Kontur Potensi Air Tanah s/Q (*drawdown* per Kapasitas Debit Air) di 25 (dua puluh lima) titik sumur cincin pada menit 1.

Hasil data dari 25 (dua puluh lima) sumur cincin pada 1 menit pemompaan menunjukkan nilai s/Q tertinggi berada pada sumur cincin ke-25 di Jalan Kuini, Kelurahan Wonorejo yaitu 0.1225 hari/m^2 dimana area ini terletak pada warna putih. Nilai s/Q terendah berada pada sumur cincin ke-1 di Jalan Baru Kelurahan Sidomulyo Timur yaitu 0.0661 hari/m^2 dimana Area ini terletak pada warna abu - abu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Penurunan muka air dari 25 (dua puluh lima) sumur cincin memiliki *drawdown* rata – rata 0.3578 m . Sumur cincin yang memiliki penurunan muka air terbanyak adalah sumur cincin 21 yang terdapat di jalan Garuda di kelurahan Tangkerang Tengah dengan nilai *drawdown* 0.4300 m dimana pada sumur ini dapat mengalami kekeringan sewaktu waktu dalam kurung waktu yang dekat jika sumur

mengalami pemompaan yang berlebihan. Sumur cincin yang memiliki penurunan muka air paling sedikit diantara 25 (dua puluh lima) sumur cincin adalah sumur cincin 3 di jalan Pisang kelurahan Wonorejo dengan nilai *drawdown* 0.2800 m dimana pada sumur ini memiliki kemampuan untuk menyediakan air dalam jangka waktu yang lebih lama karna memiliki akuifer yang baik.

Hubungan *drawdown* air sumur cincin dengan kapasitas debit air untuk mengetahui seberapa cepat air sumur cincin dapat mengisi kembali saat dilakukannya penyedotan. Grafik hubungan s dengan s/Q dapat diketahui berapa jumlah kehilangan debit air tiap persatuan luas persumur perharinya yaitu C . Menit 1 memiliki nilai $C = 0.1664 \text{ hari}^2/\text{m}^5$ yang mana jumlah kehilangan debit air tiap persatuan luas persumur perharinya itu kecil dan pada menit ke 20 memiliki nilai $C = 0.1756 \text{ hari}^2/\text{m}^5$ yang mana jumlah kehilangan debit air tiap persatuan luas persumur perharinya itu bernilai besar.

Pengolahan data pemompaan yang digunakan untuk mencari nilai Transmisivitas menggunakan data menit ke 3 dan menit ke 7 dimana nilai C yang saling mendekati. Nilai Transmisivitas dari ke 25 sumur cincin adalah $134,5000 (\text{m}^2/\text{hari})$ yang mana nilai ini menunjukkan kualitas air tanah yang sangat baik. Area kontur yang berada pada warna abu - abu menunjukkan area nilai s/Q (*drawdown* per Kapasitas Debit Air) yang terendah berada pada sumur cincin ke-1 di Jalan Baru Kelurahan Sidomulyo Timur yaitu 0.0661 hari/m^2 . Area kontur yang berada pada warna putih menunjukkan area nilai s/Q (*drawdown* per Kapasitas Debit Air) tertinggi berada pada sumur cincin ke-25 di Jalan Kuini, Kelurahan Wonorejo yaitu 0.1225 hari/m^2 .

DAFTAR PUSTAKA

1. Kodoatie, Robert J., 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
2. Juandi, M., and S. Syahril. Empirical relationship between soil permeability and resistivity, and its application for

determining the groundwater gross recharge in Marpoyan Damai, Pekanbaru, Indonesia. *Water Practice and Technology* 12.3 (2017): 660-666.

PEMETAAN AIR TANAH PADA LAHAN KERING DI RT 05 DESA MUARO PIJOAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER

Eka Nurshafni^{1*}, Faizar Farid², Samsidar³, Linda Handayani⁴

^{1,2,3,4}Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

*E-mail korespondensi: ekanurshafni@gmail.com

ABSTRACT

The Study has been done using the geoelectric wenner configuration method in Muaro Pijoan Village, District of Jambi Luar Kota, Muaro Jambi Regency. The purpose of this study were to map the resistivity and determine the ground water position in Muaro Pijoan Village. The study area is divided into 5 tracks, 2 tracks along 100 meters and 3 tracks along 200 meters. Tracks with length 100 meters has space 5 meters and the track with length 200 meters has space of 10 meters. The value obtained from the measurement is the current and potential values, the value is used to obtain the apparent resistivity. The apparent resistivity value is then inverted using Res2Dinv software into 2 dimensional form. The inversion results in 3 cross-sectional resistivity imaged with color and each color indicates a sunder ground resistivity value. Based on the rock resistivity table, ground water has a resistivity value between 30-100 $\Omega.m$. From the cross-sectional resistivity it is found that all tracks have a potential ground water content and the location varies from 2.5 to 34.6 meters below the soil surface. The largest groundwater potential is on track 3 and the smallest is on track 5. Based on its groundwater position in Muaro Pijoan Village includes shallow groundwater.

Keywords: Geoelectrical method, wenner configuration, ground water

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode geolistrik konfigurasi wenner di Desa Muaro Pijoan, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan resistivitas dan menentukan posisi air tanah di Desa Muaro Pijoan. Pada penelitian ini, daerah penelitian dibagi menjadi 5 lintasan, 2 lintasan memiliki panjang 100 meter dan 3 lintasan memiliki panjang 200 meter. Lintasan dengan panjang 100 meter memiliki spasi 5 meter sedangkan lintasan dengan panjang 200 meter memiliki spasi 10 meter. Nilai yang didapatkan dari pengukuran berupa nilai arus dan potensial, nilai tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai resistivitas semu. Nilai resistivitas semu kemudian diinversi menggunakan software Res2Dinv menjadi bentuk 2 dimensi. Hasil inversi berupa 3 penampang resistivitas yang dicitrakan dengan warna dan masing-masing warna menunjukkan nilai resistivitas bawah permukaan. Berdasarkan tabel resistivitas batuan, air tanah memiliki nilai resistivitas antara 30–100 $\Omega.m$. Dari penampang resistivitas didapatkan bahwa semua lintasan mempunyai kandungan air tanah yang potensi dan letaknya bervariasi mulai dari 2,5-34,6 meter dibawah permukaan tanah. Potensi air tanah terbesar berada pada lintasan 3 dan yang terkecil berada pada lintasan 5. Berdasarkan kedudukannya air tanah di Desa Muaro Pijoan termasuk air tanah dangkal.

Kata kunci: metode geolistrik, konfigurasi wenner, air tanah

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan air yang terdapat pada ruang antar butir batuan atau celah–celah batuan. Menurut [1] air tanah tersimpan dalam suatu wadah (akuifer), yaitu formasi geologi yang memiliki kemampuan untuk menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang cukup.

Terbentuknya air tanah tidak lepas dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah rangkaian peristiwa yang terjadi pada air, mulai dari air jatuh ke bumi (hujan) hingga menguap ke udara untuk kemudian jatuh kembali ke bumi yang merupakan konsep dasar keseimbangan

air secara global. Siklus hidrologi akan terus berlangsung secara kontinu [2].

Lapisan batuan di bawah permukaan tanah memiliki sifat lolos air yang disebut permeabel misalnya seperti kerikil, pasir, batu apung, dan batuan gamping yang memiliki pori pada permukaannya dan lapisan yang tidak lolos air (kedap air) disebut impermeabel misalnya terdiri dari granit, batuan beku, metamorf, napal dan tanah liat (lempung) [2].

Air tanah memiliki 2 keadaan di bawah permukaan, yaitu air tanah bebas dan tertekan. Air tanah dalam akuifer yang tidak tertutup dengan lapisan impermeabel disebut air tanah bebas atau air tak tertekan. Sedangkan air tanah dalam akuifer yang tertutup dengan lapisan impermeabel mendapat tekanan disebut air tertekan [3]. Ditinjau dari kedudukannya terhadap permukaan, air tanah terbagi menjadi, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal (freatis) berasosiasi dengan air tanah bebas yang terdapat dalam akuifer hingga kedalaman 40 m. Air tanah dalam (artesis) berasosiasi dengan air tanah tertekan, yang tersimpan pada kedalaman lebih dari 40 m [2].

Keberadaan air tanah dapat diketahui dengan melakukan survei menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik bawah permukaan dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Terdapat beberapa jenis metode geolistrik salah satunya adalah metode geolistrik resistivitas (tahanan jenis) [4]. Cara penyusunan elektroda dalam metode geolistrik resistivitas yang disebut juga konfigurasi elektroda. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian adalah konfigurasi *wenner*. Susunan elektroda pada konfigurasi *wenner* yaitu $C_1(A)$, $P_1(M)$, $P_2(N)$, dan $C_2(B)$ dengan jarak antar elektroda sama panjang [5].

Sebelumnya pernah dilakukan penelitian oleh [6] menggunakan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger* yang bertujuan untuk mencari air tanah di Desa Muaro Pijoan, hasil yang didapatkan bahwa semua lintasan

mengandung air tanah dengan rentang nilai 30-100 Ω .m. Konfigurasi *wenner* digunakan karena memiliki keunggulan pada ketelitian pembacaan potensial oleh elektroda potensial dan penyelidikan resistivitas pada posisi horizontal sehingga disebut juga metode resistivitas *mapping*.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada suatu lahan kering di Desa Muaro Pijoan, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Terdiri dari 5 lintasan, lintasan 1,2 dan 3 memiliki panjang 200 meter dengan spasi 10 meter dan lintasan 4 dan 5 memiliki panjang 100 meter dan spasi 5 meter.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu *geo-soil resistivitymeter*, elektroda, aki, meteran, palu, *handy talky* (HT), *geo positioning system* (GPS), palu, kabel penghubung, kabel roll, payung, kamera, *datasheet*, *MS. Excel*, *software notepad*, dan *software Res2Dinv*.

Survei Lokasi Penelitian

Survei lokasi penelitian bertujuan untuk mengetahui kondisi daerah yang diteliti mulai dari keadaan lahan, lingkungan, sumber air, koordinta geografis, elevasi, penentuan lintasan yang akan digunakan dan penentuan titik elektroda.

Pengambilan Data

Proses pengambilan data menggunakan seluruh peralatan yang digunakan. Data yang diambil berupa nilai arus listrik dan beda potensial digunakan untuk menentukan resistivitas bawah permukaan lokasi pengambilan data yang dicatat pada *datasheet*.

Pengolahan Data

Nilai arus dan potensial yang didapatkan pada pengambilan data diinput ke dalam *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai hambatan, faktor geometri dan resistivitas semu. Kemudian input data kedalam *Notepad*

sesuai urutan dan aturan yang telah ditetapkan untuk dapat dioleh *software Res2Dinv*. Data yang diolah menggunakan *software Res2Dinv* kemudian diinversi hingga didapatkan *error* <25%.

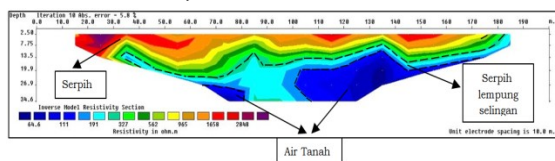
Interpretasi Data

Data yang diinterpretasi merupakan hasil pengolahan menggunakan *software Res2Dinv* berupa penampang 2 dimensi yang menggambarkan lapisan bawah permukaan. Setiap penampang diinterpretasi nilai resistivitas sebenarnya dengan membutuhkan data pendukung berupa data geologi dan data nilai resistivitas. Harga resistivitas digunakan untuk mengetahui jenis lapisan batuan yang mengandung air tanah di lokasi pengambilan data.

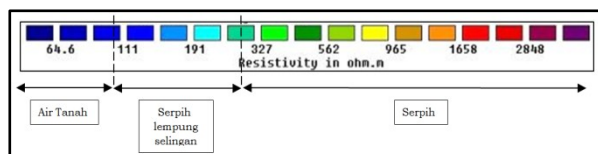
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lintasan 1

Pengambilan data pada lintasan 1 dilakukan dengan panjang lintasan 200 meter dan spasi 10 meter yang terletak pada koordinat $01^{\circ} 35' 44,8''$ LS $103^{\circ} 29' 32,9''$ BT sampai $01^{\circ} 35' 48,4''$ LS $103^{\circ} 29' 28,1''$ BT dan rata-rata ketinggian permukaan 29,57 meter di atas permukaan laut. Model inversi lintasan 1 memiliki kedalaman hingga 34,6 meter di bawah permukaan dengan nilai resistivitas antara 64,6–2.848 $\Omega.m$ dan diperoleh nilai *error* sebesar 5,8%.



Gambar 1. Penampang resistivitas lintasan 1.



Gambar 2. Interpretasi Jenis Lapisan Batuan Lintasan 1.

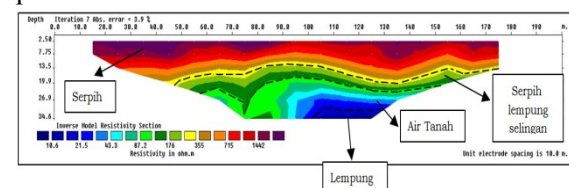
Nilai resistivitas antara 64,6–100 $\Omega.m$ diidentifikasi merupakan air tanah pada kedalaman 13,5–34,6 meter yang terbagi menjadi bagian kecil dan besar yang

dipisahkan oleh lapisan serpih lempung selingan. Nilai resistivitas berkisar antara 100–300 $\Omega.m$ diidentifikasi merupakan lapisan serpih yang berselingan dengan lempung berada menyusup diantara bagian air tanah pada kedalaman 10–34,6 meter. Nilai resistivitas antara 300–2.848 $\Omega.m$ diidentifikasi merupakan batuan serpih dengan rentang nilai 300–3.000 $\Omega.m$ yang berada mulai dari kedalaman 2,5–10 meter.

Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 1, terlihat bahwa air tanah terdapat dua bagian, bagian besar terletak pada kedalaman 13,5–34,6 meter di bawah permukaan dan terletak pada meter ke 100–170 di atas permukaan tanah. Sedangkan bagian kecil berada pada kedalaman 26,9–34,6 meter di bawah permukaan dan terletak pada meter ke 60–80 di atas permukaan tanah. Lapisan serpih lempung selingan yang memiliki sifat impermeabel yaitu lapisan yang tidak dapat meloloskan air. Berdasarkan kedudukannya air tanah pada lintasan 1 merupakan air tanah dangkal.

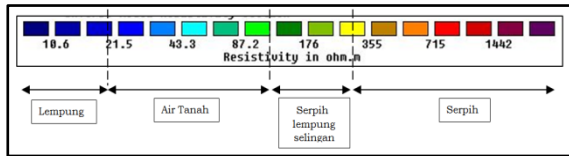
Lintasan 2

Lintasan 2 terletak pada koordinat $01^{\circ} 35' 44,0''$ LS $103^{\circ} 29' 32,3''$ BT sampai $01^{\circ} 35' 47,4''$ LS $103^{\circ} 29' 27,2''$ BT dengan panjang 200 meter dan spasi 10 meter. Rata-rata ketinggian permukaan tanah 29,1 meter di atas permukaan laut.



Gambar 3. Penampang resistivitas lintasan 2.

Model inversi lintasan 2 memiliki kedalaman 34,6 meter di bawah permukaan dengan nilai resistivitas antara 10,6–1.442 $\Omega.m$ dan diperoleh nilai *error* sebesar 3,9%. Berdasarkan gambar diatas, maka dapat diuraikan sebagai berikut:



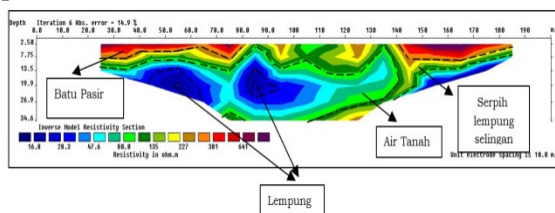
Gambar 4. Interpretasi jenis lapisan batuan lintasan 2.

Nilai resistivitas antara 10,6–20 Ω .m diidentifikasi merupakan lempung. Nilai resistivitas antara 30–100 Ω .m diidentifikasi merupakan air tanah. Nilai resistivitas antara 100–300 Ω .m diidentifikasi merupakan batuan serpih yang berselingan dengan lempung. Nilai resistivitas antara 300–1.442 Ω .m diidentifikasi merupakan batu serpih.

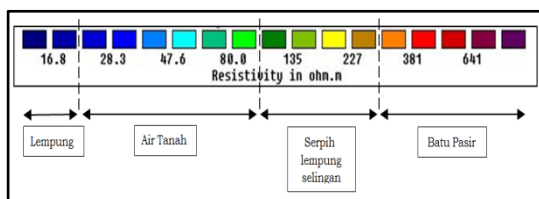
Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 3, terlihat bahwa air tanah berada diantara lapisan lempung dan serpih lempung selingan yang berada pada kedalaman ± 17 –30 meter dan terletak pada meter ke 55–150. Berdasarkan kedudukannya air tanah pada lintasan 2 merupakan air tanah dangkal karena berada <40 meter di bawah permukaan.

Lintasan 3

Lintasan 3 terletak pada koordinat $01^{\circ} 35' 43,4''$ LS $103^{\circ} 29' 30,9''$ BT sampai $01^{\circ} 35' 46,9''$ LS $103^{\circ} 29' 26,1''$ BT dengan panjang 200 meter dan spasi 10 meter. Rata-rata ketinggian permukaan tanah 22 meter di atas permukaan laut.



Gambar 5. Penampang resistivitas lintasan 3.



Gambar 6. Interpretasi jenis lapisan batuan lintasan 3.

Model inversi lintasan 3 memiliki kedalaman hingga 34,6 meter di bawah permukaan dengan nilai resistivitas antara

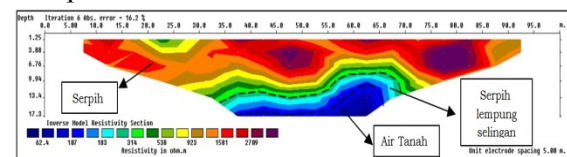
16,8–641 Ω .m dan diperoleh nilai *error* sebesar 14,9% dengan jumlah iterasi sebanyak 6 kali. Berdasarkan gambar diatas, maka dapat diuraikan sebagai berikut:

Nilai resistivitas berkisar antara 16,8–20 Ω .m diidentifikasi merupakan lempung yang memiliki rentang nilai 2–20 Ω .m. Nilai resistivitas berkisar antara 30–100 Ω .m diidentifikasi merupakan air tanah. Nilai resistivitas berkisar antara 100–300 Ω .m diidentifikasi merupakan lapisan serpih yang berselingan dengan lempung. Nilai resistivitas berkisar antara 300–641 Ω .m diidentifikasi merupakan batu pasir dan kerikil.

Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 5, terlihat bahwa air tanah dilingkupi oleh lapisan serpih lempung selingan dengan lapisan lempung berada diantara air tanah. Air tanah tampak paling dominan yang berada pada kedalaman 2,5–34,6 meter dan terdapat pada sepanjang lintasan. Berdasarkan kedudukannya air tanah pada lintasan 3 merupakan air tanah dangkal karena berada <40 meter di bawah permukaan.

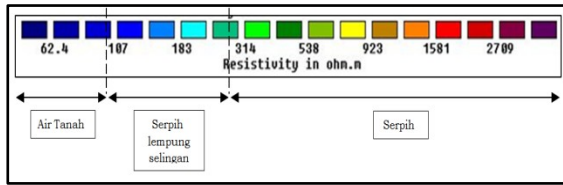
Lintasan 4

Lintasan 4 terletak pada koordinat $01^{\circ} 35' 45,4''$ LS $103^{\circ} 29' 33,6''$ BT sampai $01^{\circ} 35' 43,4''$ LS $103^{\circ} 29' 31,1''$ BT dengan panjang 100 meter dan spasi 5 meter. Rata-rata ketinggian permukaan tanah 31,05 meter di atas permukaan laut.



Gambar 7. Penampang resistivitas lintasan 4.

Model inversi lintasan 4 memiliki kedalaman hingga 17,3 meter di bawah permukaan dengan nilai resistivitas antara 62,4 Ω m dan 2.709 Ω m. Terdapat *error* pada penampang lintasan 4 sebesar 16,2 % dengan iterasi sebanyak 6 kali. Berdasarkan gambar diatas, maka dapat diuraikan sebagai berikut:



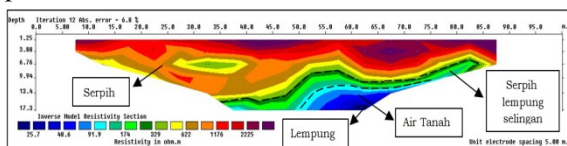
Gambar 8. Interpretasi jenis lapisan batuan lintasan 4.

Nilai resistivitas berkisar antara 62,4–100 Ωm diidentifikasi merupakan air tanah. Nilai resistivitas berkisar antara 100–300 Ωm diidentifikasi merupakan batuan serpih yang berselingan dengan lempung. Nilai resistivitas berkisar antara 300–2.709 Ωm diidentifikasi merupakan batuan serpih.

Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 7, terlihat bahwa air tanah berada di bawah lapisan serpih lempung selingan namun lapisan dibawah air tanah tidak terdeteksi karena keterbatasan konfigurasi yang digunakan. Lapisan serpih tampak dominan mulai dari kedalaman 1,25-13,4 meter di bawah permukaan. Air tanah tampak berada pada kedalaman ± 10 –17,3 meter dan terletak pada meter ke 35–65. Berdasarkan kedudukannya air tanah pada lintasan 4 merupakan air tanah dangkal karena berada <40 meter di bawah permukaan.

Lintasan 5

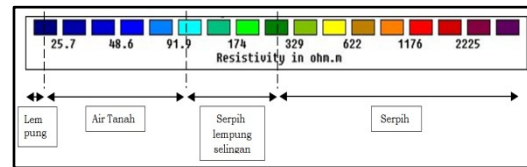
Lintasan 5 terletak pada koordinat $01^{\circ} 35' 49,5''$ LS $103^{\circ} 29' 28,1''$ BT sampai $01^{\circ} 35' 46,4''$ LS $103^{\circ} 29' 27,1''$ BT dengan panjang 100 meter dan spasi 5 meter. Rata-rata ketinggian permukaan tanah 27,3 meter di atas permukaan laut.



Gambar 9. Penampang resistivitas lintasan 5.

Gambar 18 memperlihatkan hasil pemetaan bawah permukaan sepanjang 100 meter. Model inversi lintasan 5 memiliki kedalaman hingga 17,3 meter di bawah permukaan dengan nilai resistivitas antara 25,7–2.225 Ωm . Terdapat *error* pada penampang lintasan 5 sebesar 6,8 % dengan iterasi sebanyak 12 kali.

Berdasarkan gambar diatas, maka dapat diuraikan sebagai berikut:



Gambar 10. Interpretasi jenis lapisan batuan lintasan 5.

Nilai resistivitas berkisar ≤ 20 Ωm diidentifikasi merupakan lempung. Nilai resistivitas berkisar antara 30–100 Ωm diidentifikasi merupakan air. Nilai resistivitas berkisar antara 100–300 Ωm diidentifikasi merupakan lapisan serpih yang berselingan dengan lempung. Nilai resistivitas berkisar antara 300–2.225 Ωm diidentifikasi merupakan batuan serpih. Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 9, terlihat bahwa air tanah berada diantara lapisan serpih lempung selingan dan lempung, namun lapisan lempung hanya terdeteksi sebagian karena keterbatasan konfigurasi yang digunakan. Lapisan serpih tampak dominan mulai dari kedalaman 1,25-15 meter di bawah permukaan. Air tanah tampak berada pada kedalaman ± 12 –17,3 meter dan terletak pada meter ke 50–75. Berdasarkan kedudukannya air tanah pada lintasan 5 merupakan air tanah dangkal karena berada <40 meter di bawah permukaan.

Secara umum, batuan penyusun yang ada di lokasi penelitian adalah, batu serpih, serpih berselingan dengan lempung, air tanah, lempung dan juga terdapat batu pasir. Dari 5 lintasan yang telah diinterpretasikan, semua lintasan memiliki potensi air tanah dengan nilai resistivitas 30–100 Ωm . Potensi terbesar dapat terlihat pada lintasan 3, dimana air tanah mendominasi lapisan batuan di bawah permukaan. Sedangkan potensi terkecil air tanah terlihat pada lintasan 5 dengan didominasi oleh batuan serpih. Letak air tanah untuk setiap lintasan masing-masing berada pada kedalaman 13,5 meter, 17 meter, 2,5 meter, 10 meter, dan 12 meter. Dilihat dari kedalaman air tanah pada semua lintasan, air tanah paling dalam berada pada lintasan 2 dan

paling dangkal berada pada lintasan 3. Jika dilihat dari letak kedalamannya, kemungkinan air tanah terkumpul pada lintasan 2, karena letaknya yang paling dalam.

Daerah penelitian memiliki jenis air tanah dangkal yang berada <40 meter di bawah permukaan tanah. Hal ini dapat dibuktikan dari 2 buah sumur warga yang terdapat ± 200 meter di dekat lokasi penelitian. Sumur pertama memiliki kedalaman 14 meter dengan tinggi permukaan air ke permukaan tanah ± 12 meter dan sumur kedua memiliki kedalaman 1,5 meter dengan tinggi permukaan air ke permukaan tanah 95 cm. Sumur pertama memiliki ketinggian 28 meter dari permukaan laut dan sumur kedua memiliki ketinggian 25 meter dari permukaan laut.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut: hasil pemetaan resistivitas bawah permukaan menggunakan konfigurasi *wenner* berupa model 2 dimensi dengan bentuk seperti perahu yang tergambar melalui citra warna yang memiliki nilai resistivitas. Rentang nilai resistivitas pada model 2 dimensi secara keseluruhan yaitu berkisar antara 10,6-2.848 $\Omega \cdot m$. Adapun posisi air tanah bervariasi pada setiap lintasan, baik kedalaman maupun sebaran air tanah. Posisi air tanah secara berurutan yaitu berada pada kedalaman 13,5 meter, 2,5 meter, 13,5 meter, 10 meter, dan 12 meter di bawah permukaan. Potensi air tanah terbesar dan terkecil berada pada lintasan 3 dan lintasan 5.

SARAN

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk menggunakan konfigurasi selain *schlumberger* dan *wenner* untuk mengetahui perbedaan dari macam-macam konfigurasi terhadap nilai resistivitas dan pemodelan bawah permukaan. Selain itu disarankan untuk dapat dilakukan pemodelan 3 dimensi agar dapat dihitung debit dan volume air yang ada di bawah permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sadjab, A.B., As'ari dan A. Tanauma. 2012. Pemetaan Akuifer Air Tanah Di Sekitar Candi Prambanan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal MIPA UNSRAT Online* 1(1):37-44.
2. Sutandi, M. C. 2012. *Bahan Ajar Air Tanah*. Universitas Kristen Maranatha: Bandung.
3. Todd, D. K. 2005. *Groundwater Hydrology, 3rd Edition*. John Wiley & Sons Inc: New York.
4. Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons Inc: New York.
5. Khoiriyah, F. 2017. *Pemanfaatan Metode Geofisika Resistivitas Konfigurasi Wenner untuk Menggambarkan Distribusi Resistivitas di Lahan Perkebunan Tebu pada Lahan Kering*. Skripsi Universitas Jember: Jember.
6. Gultom, R., N. Susanti dan Samsidar. 2017. *Identifikasi Air Tanah di Desa Pijoan Kecamatan Jaluko Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger*. *Jurnal Online of Physics* ISSN:2502-2016.

Pengaruh Ketebalan Elektroda Kerja TiO_2 /Grafit Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)

Nurhidayah^{1*}, Suwarni², Sri Rahayu Alfitri Usna³, M. Ficky Afrianto⁴, Faizar Farid⁵, Rady Purbakawaca⁶, Frastica Deswadarni⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

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

ABSTRACT

The production of Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) has been done. The transparent electrode is made by mixing of TiO_2 and graphite 14% ($\text{TiO}_2\text{:C14\%}$). $\text{TiO}_2\text{:C14\%}$ colloid is deposited on a conductive glass substrate Fluorine Doped Tin Oxide (FTO) by spin coating method at 500, 1000 and 1500 rpm during 50 second. Then, the layer is soaked of 24 hours in dye taken from the extract of rosella. SEM and XRD characterization are performed for looking properties of DSSC materials. The efficiency of DSSC is calculated by using the characteristic circuit IV curve. The highest efficiency value is obtained when the thickest active layer (0,9 mm) at 500 rpm, the resulting efficiency is 0,014%.

Keywords: DSSC, rosella, TiO_2 , XRD, efficiency.

ABSTRAK

*Telah dilakukan pembuatan Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) dengan elektroda kerja yang terbuat dari campuran TiO_2 dan 14% grafit yang selanjutnya ditulis sebagai $\text{TiO}_2\text{:C14\%}$. Koloid $\text{TiO}_2\text{:C14\%}$ dideposisikan pada substrat kaca konduktif Fluorine Doped Tin Oxide (FTO) dengan metode sol-gel-spin coating pada kecepatan 500, 1000 dan 1500 rpm selama 50 detik. Kemudian lapisan ini direndam selama 24 jam dalam pewarna (dye) yang diambil dari ekstrak kelopak bunga rosella (*hibiscus sabdariffa*). Untuk mengkarakterisasi bahan pembentuk sel surya dilakukan uji XRD dan SEM. Uji efisiensi sel surya tersensitasi zat warna dihitung dengan menggunakan rangkaian karakteristik kurva IV. Dari hasil yang diperoleh ketebalan tertinggi diperoleh pada kecepatan putar 500 rpm dengan ketebalan lapisan 0,9 mm dan efisiensi yang dihasilkan adalah 0,014%.*

Keywords: DSSC, rosella, TiO_2 , XRD, efisiensi.

PENDAHULUAN

Energi mempunyai peranan penting dalam memenuhi segala kebutuhan hidup di dunia. Penyediaan energi saat ini masih bergantung pada minyak, gas bumi dan berbagai sumber bahan bakar fosil lainnya yang memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan. Saat ini, data mencatat bahwa lebih dari 40 juta ton dari efek gas rumah kaca yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dilepaskan ke udara setiap tahunnya [1]. Seiring dengan berkurangnya cadangan bahan bakar fosil secara signifikan dalam beberapa tahun belakangan ini, serta efek rumah kaca dan pemanasan global yang ditimbulkan selama proses penggunaannya, pencarian sumber energi

alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*), murah dan ramah lingkungan menjadi fokus utama dalam mengatasi permasalahan energi dunia saat ini. Dari sekian banyak sumber energi yang dapat diperbaharui seperti angin, biomassa dan *hydro power*, penggunaan energi alternatif yang mempunyai potensi sangat besar namun belum dimanfaatkan secara maksimal adalah energi matahari atau yang lebih dikenal sebagai sel surya (*photovoltaic*) yang mampu mengkonversi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik tanpa menimbulkan emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya.

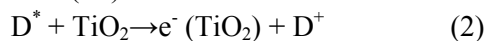
Salah satu jenis sel surya yang banyak diteliti adalah tipe Sel Surya Tersensitasi Pewarna (SSTP) organik yang lebih dikenal dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Kelebihan tipe sel surya ini adalah teknologi berbiaya rendah, fabrikasi yang mudah dan tidak membutuhkan teknologi tinggi. Berbeda dengan sel surya konvensional, DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia yang menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan.

Terdapat berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kinerja sel surya organik DSSC seperti jenis *dye*, elektroda, ketebalan sel, luas permukaan TiO_2 :C14%:*dye*:elektrolit dan mobilitas pembawa muatan [2]. Semakin tebal lapisan aktif maka intensitas elektron yang tereksitasi antara TiO_2 :*dye* serta transfer hole antara *dye*:elektrolit akan semakin tinggi.

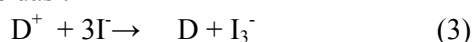
Prinsip kerja dari DSSC merupakan reaksi dari transfer elektron seperti yang terlihat pada Gambar 1. Elektrolit yang digunakan pada DSSC terdiri dari iodida (I^-) dan triiodida (I_3^-) sebagai pasangan redoks dalam pelarut. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton. Elektron tereksitasi dari keadaan *ground state* (D) ke *excited state* (D^*)



Proses kedua terjadi pada elektroda negatif (anoda), yaitu pada lapisan TiO_2 dimana elektron tereksitasi (D^*) kemudian terinjeksi menuju pita konduksi (E_{CB}) TiO_2 sehingga *dye* teroksidasi (D^+).



Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I^-) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi.

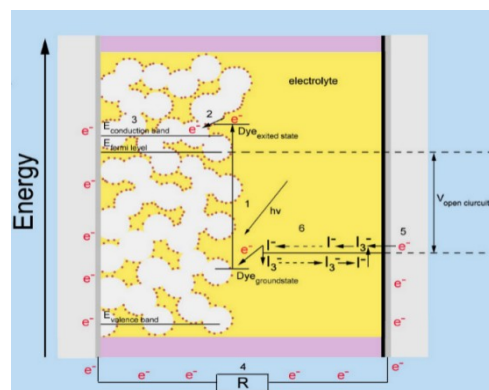


Proses ketiga, setelah mencapai elektroda ITO, elektron mengalir menuju *counter-electrode* yang berperan sebagai elektroda positif (katoda) melalui rangkaian eksternal. Proses selanjutnya, dengan adanya katalis pada *counter-electrode*, elektron diterima oleh elektrolit sehingga *hole* yang terbentuk pada

elektrolit (I_3^-), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk iodida (I^-).



Proses terakhir, iodida ini digunakan untuk mendonor elektron kepada *dye* yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transport elektron. Dengan siklus ini terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik [3].



Gambar 1. Skema kerja dari DSSC (IEA, 2016)

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan lapisan aktif TiO_2 terhadap nilai efisiensi sel surya dari ekstrak *dye* bunga rosella.

Substrat yang digunakan adalah kaca FTO yang sebelumnya sudah dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner*. Deposisi elektroda kerja (TiO_2) menggunakan metode *spin coating* dengan memvariasikan kecepatan putar yaitu 1500, 1000 dan 500 rpm selama 50 detik. Ketebalan lapisan diukur menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Substrat yang telah terdepositasi di-sintering pada suhu 200°C selama 20 menit. Proses pewarnaan dilakukan dengan merendam lapisan TiO_2 kedalam *dye* Rosella selama 24 jam. Elektroda lawan dilapisi karbon dengan cara membakar elektroda di atas jelaga api hingga menutupi permukaan konduktif FTO.

Larutan elektrolit terdiri dari KI dan I_2 dicampur menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit pada suhu 80°C hingga

homogen. Struktur *sandwich* DSSC tersusun atas substrat terlapis TiO_2 :C14%:dye dengan permukaan yang telah dilapisi TiO_2 dan dye menghadap ke atas, kemudian di atasnya diletakan elektrolit padat dan substrat FTO yang telah dilapisi karbon sehingga membentuk struktur *sandwich*.

Struktur kristal, ukuran kristal dan informasi lainnya dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Untuk melihat morfologi lapisan digunakan mikroskop elektron, *Scanning Electron Mycroscope* (SEM). Pengujian photovoltaik dari sel surya DSSC dilakukan dengan cara melakukan pengukuran arus dan tegangan untuk melihat kurva karakteristik I-V.

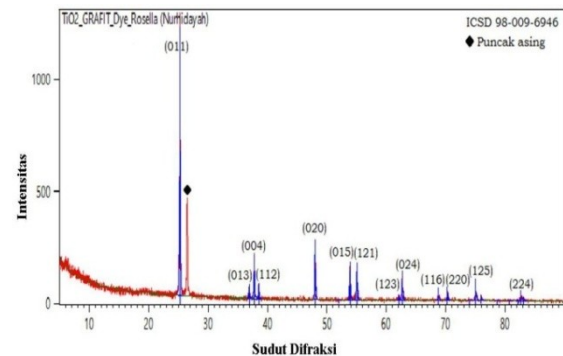
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakterisasi XRD

Berdasarkan karakterisasi menggunakan XRD dapat dilihat pola difraksi yang telah dicocokkan dengan *database* terlihat memiliki puncak-puncak pada sudut 2θ disekitar 25° , 36° , 37° , 38° , 48° , 53° , 55° , 62° , 63° , 68° , 70° , 75° , 76° dan 83° yang sesuai dengan fase anatase berdasarkan data JCPDS No.83-2243. Puncak-puncak tersebut bersesuaian dengan orientasi Kristal pada bidang (011), (013), (004), (112), (020), (015), (121), (123), (024), (116), (220), (125), (031), (224). Puncak tertinggi dimiliki orientasi bidang (011).

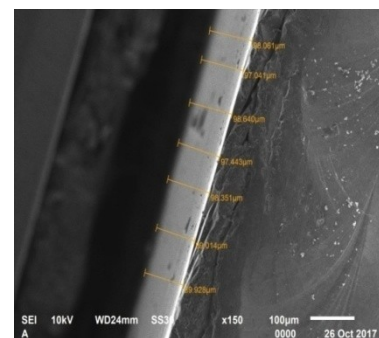
Tampak terlihat semua puncak dimiliki fase anatase dengan struktur kristal tetragonal, namun masih terdapat satu puncak asing yang tidak terdeteksi dalam struktur kristal karena mempunyai struktur amorf. Puncak asing ini diduga unsur karbon yang tidak tercampur secara homogen pada saat pembuatan koloid TiO_2 :C14%. Dengan derajat kristalinitas yang baik maka proses difusi elektron di TiO_2 akan lebih cepat yang implikasinya proses transfer elektron untuk DSSC secara keseluruhan akan lebih tinggi sehingga akan meningkatkan efisiensi sel surya. Hasil pola difraksi lapisan

TiO_2 /grafit/dye rosella ditunjukkan pada Gambar 2.

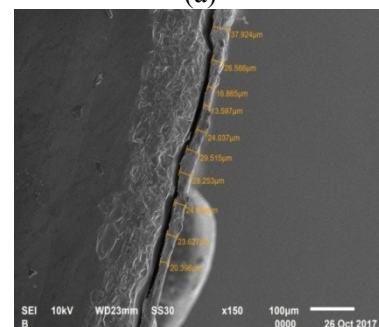


Gambar 2. Hasil XRD lapisan TiO_2 /grafit/dye rosella

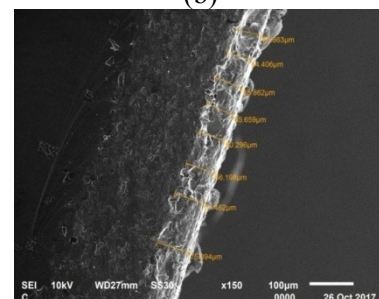
b. Karakterisasi SEM



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Hasil SEM tampang melintang pada kecepatan putar, a) 500 rpm, b) 1000 rpm, c) 1500 rpm.

Struktur morfologi permukaan lapisan $\text{TiO}_2/\text{C14\%}$ dilihat menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) JSM-6510 dengan 10.000 kali perbesaran. Berdasarkan (Gambar 3.a, 3.b dan 3.c) terlihat bahwa lapisan $\text{TiO}_2/\text{C14\%}$ pada kecepatan putar 500 rpm memiliki ketebalan lapisan sebesar 0,9 mm dan pada kecepatan putar 1000 rpm sebesar 0,3 mm. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putar *spin coating* mempengaruhi tingkat kehomogenan dan ketebalan lapisan dari lapisan $\text{TiO}_2/\text{C14\%}$. Namun pada kecepatan putar 1500 rpm ketebalan lapisan sebesar 0,7 mm. Hal ini diduga pada saat pendeposisian koloid $\text{TiO}_2/\text{C14\%}$ yang ditetaskan terlalu banyak.

c. Karakteristik Arus Tegangan (I-V)

Pengukuran karakteristik I-V diperlukan untuk menghitung nilai efisiensi sel surya. Adapun proses pengukuran dilakukan langsung dengan menggunakan sumber matahari. Parameter data hasil pengukuran karakteristik I-V dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Sedangkan parameter rapat arus *short circuit* (J_{sc}) yang berhubungan dengan arus yang dihasilkan persatuan luas permukaan $\text{TiO}_2/\text{C14\%:dye:elektrolit}$, nilai daya pengisi atau *Fill Factor* (FF) serta efisiensi sel surya (η) ditunjukkan pada Tabel 3 dan dapat

dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$J_{sc} = \frac{I_{sc}}{A}$$

$$FF = \frac{I_{max} V_{max}}{I_{sc} V_{oc}}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100 = \frac{I_{max} V_{max}}{P_{in}} 100\% = \frac{FF \cdot I_{sc} V_{oc}}{P_{in}} \times 100\%$$

Keterangan:

J_{sc} = rapat arus *short circuit* ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)

I_{sc} = arus *short circuit* (μA)

A = luas penampang lapisan aktif

$\text{TiO}_2/\text{C14\%:dye:elektrolit}$ (cm^2)

FF = Fill Factor

I_{max} = arus maksimum (μA)

V_{max} = tegangan maksimum (mV)

V_{oc} = tegangan *open circuit* (mV)

η = nilai efisiensi (%)

P_{in} = daya energi matahari yang masuk ke dalam sel (watt)

P_{out} = daya energi listrik yang dihasilkan (watt)

Dengan menggunakan Persamaan (i) hingga Persamaan (iii) maka diperoleh parameter-parameter performansi sel surya seperti rapat arus *short circuit*, J_{sc} , tegangan *open circuit* V_{oc} , *Fill Factor* FF dan efisiensi η yang ditabulasikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Parameter karakteristik rapat arus-tegangan (I-V) dari sel surya DSSC dengan luas lapisan aktif $\text{TiO}_2/\text{C14\%:dye:elektrolit}$ 3 cm^2 .

No.	Jenis <i>dye</i>	Rpm	Label sampel	I_{sc} (μA)	V_{oc} (mV)	I_{max} (μA)	V_{max} (mV)
1	Rosela	500	R ₁	7.6	2.1	0.6	2.8
		1000	R ₂	3	2.6	0.1	0.3
		1500	R ₃	1.1	5.4	0.3	1.2

Tabel 2. Parameter karakteristik rapat arus-tegangan (I-V) dari sel surya DSSC dengan luas lapisan aktif $\text{TiO}_2/\text{C14\%:dye:elektrolit}$ 1,5 cm^2 .

No.	Jenis <i>dye</i>	Rpm	Label sampel	I_{sc} (μA)	V_{oc} (mV)	I_{max} (μA)	V_{max} (mV)
1	Rosela	500	R _a	2.7	5.2	0.3	0.1
		1000	R _b	5.1	3.2	0.2	0.1
		1500	R _c	1.6	5.8	0.5	1.2

Tabel 3. Parameter karakteristik rapat arus-tegangan dari sel surya DSSC dengan variasi luas lapisan aktif 1,5 cm² dan 3 cm² serta variasi kecepatan *spin coater* di bawah penyinaran AM 1.5, P_{in} = 80 mW/cm².

No.	Label Sampel	J _{sc} (A/cm ²)	FF	η (%)
1	R ₁	5,07	0,1053	0,0140
2	R ₂	2,00	0,0038	0,0003
3	R ₃	0,73	0,0606	0,0030
4	Ra	0,90	0,0021	0,0001
5	Rb	1,70	0,0012	0,0001
6	Rc	0,53	0,0647	0,0025

Berdasarkan data pengukuran parameter karakteristik I-V pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat diketahui bahwa tidak ada perubahan signifikan pada nilai arus maksimum dan tegangan maksimum pada hasil pengukuran dua variasi luas daerah aktif TiO₂/C14%:dye:elektrolit yaitu 1.5 cm² dan 3 cm².

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat efisiensi tertinggi sel dari surya organik dari ekstrak bunga rosella yaitu pada sampel R₁ yaitu 0,014% yang terdiri dari TiO₂/C14%:dye rosella:elektrolit dimana TiO₂ dideposisikan ke substrat FTO dengan kecepatan putar *spin coater* adalah 500 rpm. Kecepatan putar *spin coater* mempengaruhi efisiensi sel surya, dimana pada kecepatan 500 rpm lapisan TiO₂/C14%:dye:elektrolit yang terbentuk lebih tebal dan merata sehingga dye dapat menempel lebih banyak sehingga foton yang terserap juga semakin banyak dan dimungkinkan semakin tinggi terjadinya eksitasi elektron.

Namun jika dilihat dari luas permukaan lapisan aktif TiO₂/C14%:dye rosella:elektrolit maka belum bisa dilihat perubahan yang signifikan dari dua jenis luas permukaan aktif yang diterapkan yaitu 1,5 cm² dan 3 cm². Hal ini tidak sesuai dengan hipotesa yang menyatakan bahwa semakin luas permukaan lapisan aktif maka intensitas elektron yang tereksitasi antara TiO₂:dye serta transfer hole antara dye:elektrolit akan semakin tinggi yang berakibat pada peningkatan arus dan tegangan maksimum. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti kurang meratanya permukaan lapisan TiO₂/C14% saat dideposisi

ke substrat, perendaman TiO₂/C14% kedalam dye yang mengakibatkan pengikisan lapisan TiO₂/C14%, penggunaan serbuk TiO₂ yang memiliki ukuran partikel cukup besar yaitu 0,117 hingga 0,354 μm, serta proses penguapan elektrolit yang cukup tinggi.

KESIMPULAN

1. Sel surya organik berbasis TiO₂:14% grafit dengan penambahan dye: rosella telah berhasil dibuat.
2. Hasil XRD menunjukkan bahwa semua puncak memiliki fase antase dengan struktur kristal tetragonal.
3. Berdasarkan karakterisasi SEM ketebalan yang besar dapat mempengaruhi kemampuan TiO₂ dalam menyerap foton, sehingga efisiensi yang dihasilkan lebih tinggi.
4. Berdasarkan hasil pengukuran karakteristik kurva I-V nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada kecepatan putar spin coater 500 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

1. J. Canadell, C. le Qu'ér'e, M. Raupach, C. Field, E. Buitenhuis, P. Ciais, T. Conway, N. Gillet, R. Houghton and G. Marland, USA: Proc. Natl. Acad. Sci, 2007.
2. G. W. P. Adhyaksa, "Status dan Tantangan kedepan dari Dye Sensitized Solar Cell," 5 Januari 2010. [Online]. Available: https://www.kompasiana.com/debalitech/status-dan-tantangan-kedepan-dari-dye-sensitized-solar-cell_54ff4efea333112b4a50fe25.

3. R. Purwanto and G. Prajitno. Variasi Kecepatan dan Waktu Pemutaran Spin Coating dalam Pelapisan TiO₂ untuk Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana*) sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* , p. 2, 2013.



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

VISUALISASI KONTRAS SPEKEL MENGGUNAKAN PROGRAM SCIKIT *IMAGE* DAN PULSA DETAK JANTUNG BERBASIS ARDUINO UNO PADA TIKUS PUTIH YANG DIINDUKSIKAN ALOKSAN

Nur Melati^{1*}, Zulkarnain²

^{1,2}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: nurmelati989@gmail.com

ABSTRACT

Speckle contrast visualization and heart rate pulses on rats induced with alloxan were successfully carried out. This research aims to visualize speckle contrast measurements using the Scikitimage program and analyze the relationship between speckle contrast on rats to blood sugar levels and also to determine the effect of alloxan induced on heart rate frequency in rats. This study obtained speckle pattern image data from rats induced by alloxan with variations in concentrations of 35%, 55% and without alloxan for 12 days of treatment. The sample used were 3 to 5 months old. The method conducted in speckle contrast visualization was using blob detection with Laplacian of Gaussian algorithm to obtain speckle contrast values while the visualization of heart rate pulse based on Arduino Uno was done using the Integrated Development Environment (IDE) program. The results obtained from image processing using the Scikitimage program show that the contrast value could achieved decreasing with increasing blood sugar levels and the results obtained for detection of heart rate was the greater the blood sugar level the greater the heart rate (beat per minute) measured.

Keywords: Blob detection, Heartbeat, Alloxan, Rat

ABSTRAK

Visualisasi kontras spekel dan pulsa detak jantung pada tikus putih yang diinduksikan dengan aloksan telah berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk memvisualkan kontras spekel dengan menggunakan program Scikit image dan menganalisis hubungan kontras spekel pada tikus putih terhadap kadar gula darah serta mengetahui pengaruh pemberian aloksan terhadap frekuensi detak jantung pada tikus putih. Penelitian ini memperoleh data citra pola spekel dari tikus putih yang diinduksikan aloksan dengan variasi konsentrasi 35%, 55% serta tanpa aloksan selama 12 hari perlakuan. Sampel yang digunakan berumur 3 hingga 5 bulan. Metode yang digunakan pada visualisasi kontras spekel adalah metode blob detection dengan menggunakan algoritma Laplacian of Gaussian untuk mendapatkan nilai kontras spekel sedangkan pada visualisasi pulsa detak jantung berbasis Arduino Uno dilakukan dengan menggunakan program Integrated Development Environment (IDE). Hasil yang diperoleh dari pengolahan citra menggunakan program Scikit image menunjukkan bahwa nilai kontras semakin kecil seiring kenaikan kadar gula darah dan hasil yang diperoleh dari deteksi detak jantung adalah semakin besar kadar gula darah semakin besar detak jantung (beat per minute) yang terukur.

Kata kunci: Deteksi blob, Detak jantung, Aloksan, Tikus putih

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia medis saat ini sangat mendukung terhadap peningkatan kualitas kesehatan dan daya hidup manusia. Semakin banyak penemuan-penemuan baru mengenai cara pengobatan maupun pencegahan berbagai penyakit ditemukan. Salah satu penyakit yang terkenal adalah diabetes mellitus. Diabetes

mellitus adalah sindroma gangguan metabolisme yang timbul pada seseorang karena adanya peningkatan kadar glukosa darah diatas nilai normal akibat kekurangan insulin baik secara absolut maupun relatif [1].

Penelitian terkait pengukuran kadar gula darah secara *non invasive* dan *non destructive* dapat menggunakan metode pencitraan laser

spekel[2]. Pencitraan laser spekel menampilkan pola spekel yang berupa bintang-bintang atau bulir terang gelap yang terbentuk dari interferensi cahaya secara acak akibat penyinaran laser koheren yang mengenai permukaan objek seperti pada kulit manusia[3]. Setiap pola spekel yang terbentuk memberikan informasi mengenai objek atau organisme hidup yang disinarnya, misalnya informasi tentang pergerakan sel darah merah [4]. Pencitraan laser spekel baru dikembangkan pada berbagai bidang terutama di bidang medis untuk melakukan pendeteksian berbagai penyakit termasuk penyakit pada gula darah karena mampu mendeteksi sinyal optik dari jaringan hidup[5]. Penggunaan metode pencitraan laser spekel pada jaringan hidup banyak dilakukan saat ini seperti menentukan pemetaan dinamika aliran darah pada serebrum tikus putih dengan menggunakan pencitraan laser spekel berdasarkan analisis kontras spekel[6] dan investigasi penggunaan metode *Laser Speckle Imaging* (LSI) untuk pengukuran kadar gula darah [7].

Metode *blob detection* atau deteksi titik merupakan suatu metode untuk mendeteksi kumpulan titik-titik atau *blob* pada citra yang berbeda sifatnya seperti kecerahan atau warna[8]. Metode deteksi *blob* ini merupakan salah satu metode yang ada pada *toolkit* Scikit *image* dimana metode ini menggunakan algoritma *Laplacian of Gaussian* untuk memvisualkan citra dengan penghitungan nilai kontras. Penentuan kadar gula darah berdasarkan nilai kontras dapat menggunakan metode *blob detection*.

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam bentuk *mobile* atau *portable* yang dapat dibawa kemana saja sehingga memudahkan pengguna dalam mendeteksi kadar gula darah dan melihat pola spekel serta memberikan informasi yang lebih rinci mengenai konsentrasi kadar gula darah. Selain hubungan kontras spekel terhadap kadar gula darah, detak jantung tikus putih juga perlu dianalisis. Individu dengan detak jantung yang lebih cepat memiliki 59% peningkatan resiko diabetes dibandingkan dengan individu yang

denyut jantungnya lebih lambat[9], oleh karena itu dalam penelitian ini detak jantung tikus putih juga dianalisis sehingga dapat mengetahui hubungan terhadap pengaruh konsentrasi aloksan yang diinduksikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode komputasi yang menggunakan data primer dari metode *Laser Speckle Imaging* dengan menggunakan tikus putih sebanyak 15 ekor sebagai sampel penelitian. Proses pengambilan data primer terhadap tikus putih dilakukan pada hari ke 8 hingga hari ke 12 setelah penginduksian aloksan dengan konsentrasi aloksan 35%, 55% serta tanpa induksi aloksan. Data citra pola spekel tersebut direkam oleh kamera CMOS monokrom.

Data primer tersebut diolah dengan program yang dirancang dengan menggunakan Scikit *image* sedangkan detak jantung tikus putih divisualkan menggunakan Arduino Uno. Data citra pola spekel dan detak jantung tikus putih tersebut dianalisa dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

- 1) Merancang dan membuat program pengolah citra pola spekel dengan menggunakan Scikit *image*. Pembuatan program diawali dengan pembuatan bagan alir program agar dalam pengolahan data dapat dilakukan secara sistematis. Bagan alir program dapat dilihat pada gambar 1. Program pengolah citra dirancang dengan menggunakan metode *blob detection* dimana metode ini mengaplikasikan operator *Laplacian of Gaussian* sebagai pendekatan untuk memperoleh standar deviasi. *Laplacian of Gaussian* merupakan kombinasi dari filter *Gaussian* dan deteksi tepi *Laplacian*. Adapun persamaan *Laplacian* memiliki bentuk:

$$L(x, y) = \nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (1)$$

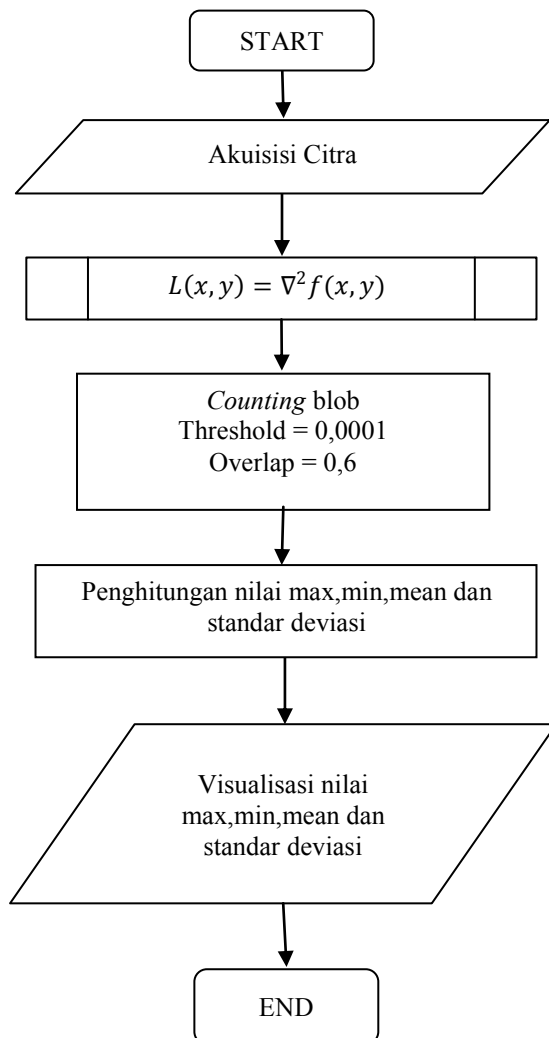
Persamaan fungsi *Gaussian* dua dimensi sebagai berikut :

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Sehingga untuk persamaan akhir yang ingin didapatkan yaitu *Laplacian of Gaussian* dapat diperoleh formulasi akhir sebagai berikut :

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

dimana x adalah jarak asal sumbu horizontal, y adalah jarak dari sumbu vertikal, dan σ adalah standar deviasi dari distribusi Gaussian[10].



Gambar 1. Bagan alir visualisasi kontras spekel

- 2) Data citra pola spekel diperoleh dari tikus putih yang diinduksikan kadar aloksan sebanyak 35%, 55% serta tanpa aloksan dan direkam oleh kamera CMOS monokrom dimana citra yang direkam akan ditampilkan oleh laptop dengan *software*

free webcam recorder lalu divisualisasikan dengan program yang dirancang sehingga mendapatkan nilai max, mean, min dan standar deviasi. Nilai yang didapatkan akan digunakan untuk menghitung nilai kontras dari citra pola spekel tersebut serta menampilkan plot atau histogram. Nilai kontras dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3 yaitu :

$$K = \frac{\sigma}{I} = \frac{\sqrt{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}}{\langle I \rangle} \quad (4)$$

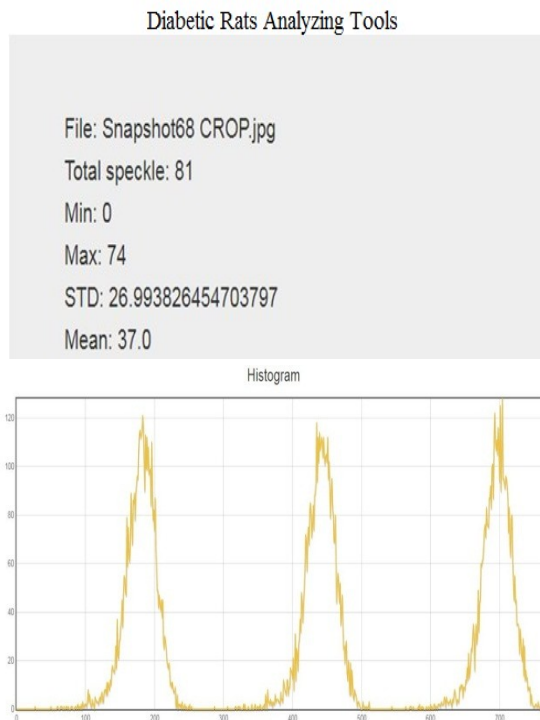
Kontras spekel didefinisikan pada persamaan 3, dimana σ merupakan standar deviasi dari intensitas I dan $\langle I \rangle$ merupakan intensitas rata-rata[4].

- 3) Pulsa detak jantung tikus putih direkam menggunakan *pulse sensor* yang terintegrasi dengan Arduino Uno. Sensor ini dapat mendeteksi detak jantung pada telinga tikus putih dengan cara menggabungkan data detak jantung dari sensor dengan program di mikrokontroler lalu didapatkan nilai bpm yaitu detak jantung per satuan waktu yang biasanya dinyatakan dalam *beats per minute* (bpm).

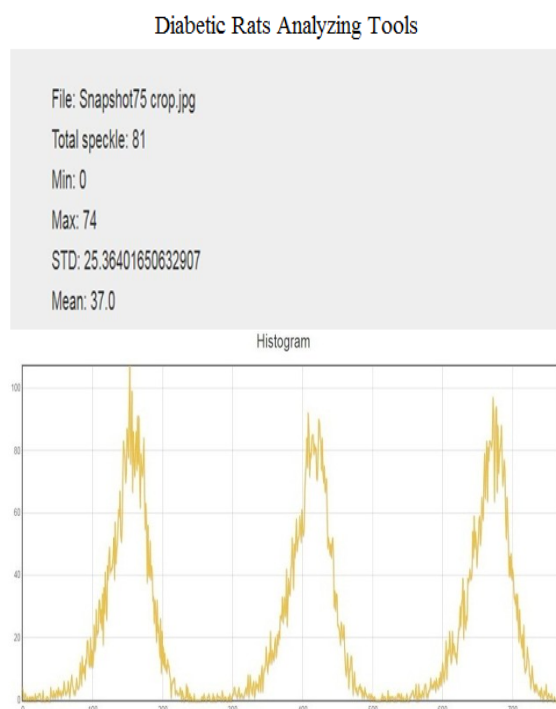
HASIL DAN PEMBAHASAN

Visualisasi Kontras Spekel

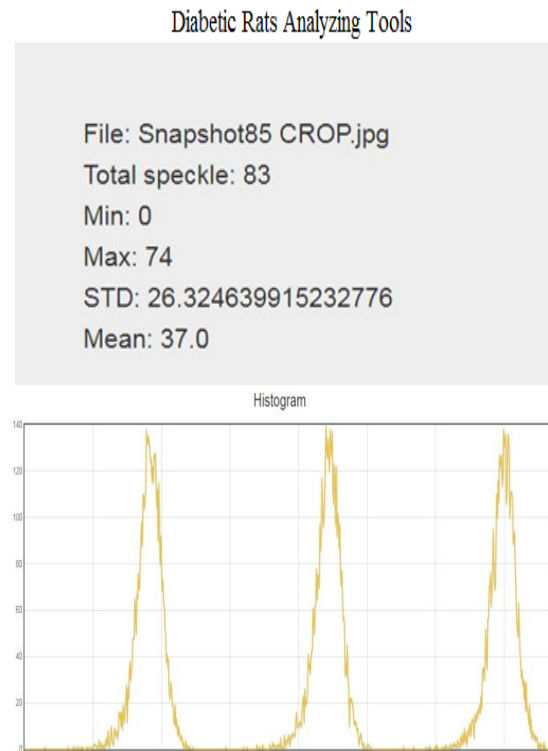
Hasil dari pengolahan data disajikan dalam bentuk histogram dan plot *scatter* untuk menampilkan visualisasi kontras dan detak jantung pada tikus putih serta hubungan nilai kontras dengan gula darah. Hasil dari visualisasi kontras spekel dengan program *scikit image* berupa histogram dapat dilihat pada gambar 2. Histogram yang diperoleh merupakan kurva pola distribusi *Gaussian* dengan menggunakan persamaan *Laplacian of Gaussian*. Kurva pada histogram citra pola spekel membentuk distribusi yang simetris.



Gambar 2. Histogram dan pengukuran kontras dari citra pola spekel pada konsentrasi 35% pada hari ke 8.



Gambar 3. Histogram dan pengukuran kontras dari citra pola spekel pada konsentrasi 55% pada hari ke 8.



Gambar 4. Histogram dan pengukuran kontras dari citra pola spekel pada konsentrasi 0% (tanpa aloksan) pada hari ke 8.

Gambar 2 merupakan gambar histogram citra dari kelompok konsentrasi aloksan 35% pada hari ke-8. Grafik menunjukkan bahwa puncak histogram lebih tinggi disebelah kanan, oleh karena itu citra ini dapat dikatakan pola spekelnya lebih cenderung terang. Gambar 3 merupakan gambar histogram citra dari kelompok konsentrasi aloksan 55% pada hari ke-8, puncak histogram lebih tinggi disebelah kiri, oleh karena itu citra ini memiliki pola spekel yang cenderung lebih gelap. Gambar 4 merupakan histogram citra dari kelompok konsentrasi aloksan 0% atau tanpa aloksan pada hari ke-8. Histogram tersebut menunjukkan bahwa histogramnya tersebar merata karena mengisi daerah keabuan secara penuh dengan distribusi yang merata pada setiap nilai intensitas piksel dan meningkatkan persebaran nilai *grayscale* sehingga citra terkesan lebih terang dan detailnya lebih terlihat. Nilai intensitas (mean), min, max, jumlah spekel dan standar deviasi diperoleh dari program pengolah citra *Diabetic Rats Analyzing Tools*. Nilai intensitas lebih besar

dari nilai standar deviasi. Nilai kontras yang diperoleh pada konsentrasi 35% sebesar 0,72956 a.u dengan konsentrasi gula darah 92 mg/dL, pada konsentrasi 55% nilai kontras sebesar 0,68551 a.u dengan kadar gula darah 551 mg/dL sedangkan pada saat tanpa induksi aloksan nilai kontras yang diperoleh sebesar 0,71147 a.u dengan kadar gula darah 119 mg/dL.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap histogram yang diperoleh, dapat diamati bahwa nilai standar deviasi semakin besar pada setiap kenaikan nilai kontras. Naiknya nilai kontras tersebut berimbas pada bertambahnya nilai kontras yang dihasilkan oleh masing-masing berkas sinar yang mengenai permukaan sampel. Puncak yang berada disebelah kanan dikarenakan citra pola spekel nya cenderung lebih terang dibandingkan citra pola spekel yang puncaknya berada disebelah kiri. Penyebab terjadinya perbedaan pola berasal dari pemantulan dan penyebaran sinar yang semakin tak teratur sehingga mengurangi jumlah sinar yang terpantul kembali ke kamera.

Kontras dapat diartikan selisih perbedaan terang gelap yang muncul pada fenomena citra pola spekel ini, dimana kontras tinggi menyatakan semakin fokusnya pantulan cahaya kembali setelah melewati suatu permukaan. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa semakin homogen suatu permukaan akan mempengaruhi tingkat kontras suatu pancaran sinar yang mengenai permukaan[11]. Nilai kontras dihasilkan dari peristiwa interferensi yang terjadi pada sinar laser yang mengenai permukaan sampel.

Hubungan Kontras Spekel Terhadap Kadar Gula Darah

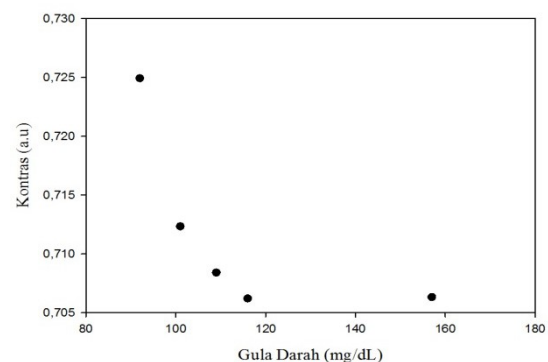
Setiap citra dihitung menggunakan program pengolah citra yang dibuat dengan *software* Scikit *image*. Citra pola spekel yang didapatkan adalah hasil dari citra yang direkam pada bagian kepala tikus putih yang diambil

sebanyak 10 kali lalu dirata-ratakan nilai kontrasnya.

Tabel 1. Nilai rata-rata kontras spekel dan kadar gula darah pada konsentrasi 35%

Hari	Gula Darah (mg/dL)	Kontras rata-rata (a.u)
8	92	0,72494
9	157	0,70633
10	116	0,70622
11	101	0,71234
12	109	0,70842

Nilai rata-rata kontras tertinggi adalah pada hari ke 8 yaitu sebesar 0,72494 a.u dan kontras rata-rata terendah pada hari ke 10 yaitu sebesar 0,70622 a.u. Nilai kontras semakin menurun seiring meningkatnya kadar gula darah akibat pengaruh aloksan.

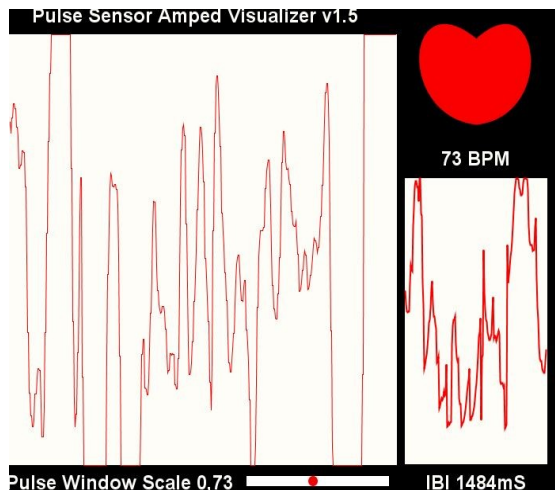


Gambar 5. Grafik Hubungan Kontras Terhadap Kadar Gula Darah

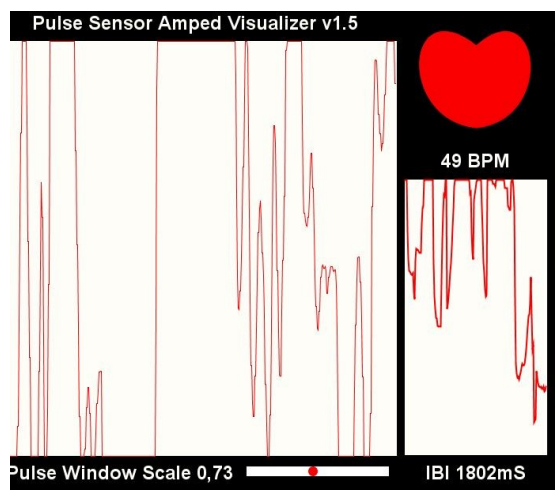
Gambar 5 merupakan grafik hubungan kontras spekel terhadap kadar gula darah selama pengambilan data pada hari ke 8 hingga hari ke 12 dengan konsentrasi 35%. Nilai kontras spekel menurun ketika kadar gula darah yang diukur menggunakan alat GCU semakin naik. Meningkatnya kadar gula darah setelah diinduksikan aloksan dapat disebabkan oleh dua proses yaitu terbentuknya radikal bebas dan kerusakan permeabilitas membran sel sehingga terjadi kerusakan sel beta pankreas yang berfungsi menghasilkan insulin[12].

Visualisasi Detak Jantung Tikus Putih

Detak jantung dideteksi menggunakan *pulse* sensor yang terintegrasi pada Arduino Uno sehingga diperoleh visualisasi detak jantung tikus putih seperti pada gambar 4.



Gambar 6. Visualisasi Detak Jantung Untuk Konsentrasi 35%



Gambar 7. Visualisasi Detak Jantung Tanpa Konsentrasi Aloksan

Gambar 4 dan 5 merupakan visualisasi detak jantung tikus dengan konsentrasi 35% dan tanpa aloksan. Faktor yang membuat pulsa detak jantung bervariasi adalah tingginya kadar gula darah yang menyebabkan detak jantung dipacu lebih cepat dibandingkan sampel dengan kadar gula yang rendah. Salah satu komplikasi yang akan dialami bagi penderita diabetes adalah meningkatnya detak jantung. Faktor yang kedua adalah

dikarenakan perubahan emosi yang dialami oleh sampel seperti tikus mengalami stress sehingga akan mengakibatkan perubahan pulsa detak jantung[13].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa visualisasi data mengenai pengukuran kontras dan pulsa detak jantung, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Program pengolah citra *Diabetic Rats Analyzing Tools* berhasil dibangun dengan *software* *scikit image* untuk memvisualkan kontras spektral dan histogram sehingga diperoleh nilai kontras.
2. Histogram dari visualisasi jumlah spektral menunjukkan bahwa puncak tertinggi disebelah kanan terjadi pada kontras yang tinggi dan puncak yang lebih tinggi disebelah kiri terjadi pada kontras yang rendah.
3. Nilai kontras dipengaruhi oleh kadar gula darah akibat induksi aloksan pada tikus putih. Semakin tinggi kadar gula darah semakin rendah nilai kontras. Nilai kontras tertinggi sebesar 0,72494 a.u pada hari ke 8 dan nilai kontras terendah pada hari ke 10 sebesar 0,70622 a.u.
4. Visualisasi detak jantung tikus putih berhasil ditampilkan pulsa dan nilai bpm tikus putih. Pulsa detak jantung tikus putih dan nilai *beats per minute* (bpm) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti meningkatnya kadargula darah dan perubahan emosi. Nilai maksimum detak jantung sebesar 73 bpm pada konsentrasi 35% dan tanpa aloksan sebesar 49 bpm serta konsentrasi 55% sebesar 90 bpm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rendy, M. Clevo. 2012. Asuhan Keperawatan Medikal Bedah dan Penyakit Dalam. Yogyakarta : Nuha Medika.

2. Timoshina, P. A., Bucharskaya, A. B., Alexandrov, D. A. & Tuchin, V. V. 2017. Study of Blood Microcirculation of Pancreas in Rats With Alloxan Diabetes by Laser Speckle Contrast Imaging. *Biomedical Photonics & Eng.* 3(2).
3. Ragel, Sigal. 2015. Static Laser Speckle Contrast Analysis for Noninvasive Burn Diagnosis Using a Camera Phone-Imager. *Journal of Biomedical Optics*. Vol. 20. No. 8.
4. Briers, D., Duncan, D.D., Hirst, E., Kirkpatrick, S.J., Larsson, M., Steenbergen, W., Stromberg, T., Thompson, O.B. 2013. Laser speckle contrast imaging : theoretical and practical limitations. *Journal of Biomedical Optics*. 18 : 066018.
5. Rabal, H. J. and Braga R. A. 2009. Dynamic Laser Speckle and Applications Optical Science and Engineering : 139. Taylor & Francis Group. LLC.
6. Zakharov, P., A. C. Volker, M. T. Wyss, F. Haiss, N. Calcinaghi, C. Zunzunegui, A. Buck, F. Scheffold, and B. Weber. 2009. Dynamic Laser Speckle Imaging of Cerebral Blood Flow. *Optics Express*. Vol. 17. No. 16.
7. Zulkarnain, S., Minarni. 2018. Investigasi Penggunaan Metode *Laser Speckle Imaging* (LSI) Untuk Pengukuran Kadar Gula Darah. *Jurnal Fisika UNNES*. 8(2): 60-67.
8. Kaspers, A. 2011. Blob Detection Biomedical Image Sciences. Image Sciences Institute. UMC Utrecht.
9. Wang , L., Liufu, C., Yanxue, W., Anand, V., Shuohua, C., Caifeng, Z., Ying, Z., Dongqing, Li., Frank, B., Shouling, Wu., and Xiang, Gao. 2015. Resting heart rate and the risk of developing impaired fasting glucose and diabetes : the Kailuan prospective study. *International Journal of Epidemiology*. Vol. 44. No. 2.
10. Wang, Ruye. 2016. Laplacian of Gaussian(LoG).<http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lectures/gradient/node9.html>. Diakses pada tanggal 13 Maret 2018.
11. Mirdyanto, B., dan Hikmah, I. 2015. Pengukuran Standard Deviasi dan Analisis Pengaruh Polarisasi dengan Citra *Speckle*. Laporan Resmi Laboratorium Optik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
12. Yuriska, A.F,. 2009. Efek Aloksan Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar. *Artikel Ilmiah*. Fakultas Kedokteran. Iniversitas Diponegoro.
13. Departemen Kesehatan RI. 2005. *Pharmaceutical Care* Untuk Penyakit Diabetes Mellitus. Bina Kefarmasian dan Alat Kesehatan.

VISUALISASI KONTRAS SPEKEL MENGGUNAKAN PROGRAM SCIKIT *IMAGE* DAN PULSA DETAK JANTUNG BERBASIS ARDUINO UNO PADA TIKUS PUTIH YANG DIINDUKSIKAN ALOKSAN

Zulkarnain¹, Nur Melati^{2*}

^{1,2}Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: nurmelati989@gmail.com

ABSTRACT

Speckle contrast visualization and heart rate pulses on rats induced with alloxan were successfully carried out. This research aims to visualize speckle contrast measurements using the Scikitimage program and analyze the relationship between speckle contrast on rats to blood sugar levels and also to determine the effect of alloxan induced on heart rate frequency in rats. This study obtained speckle pattern image data from rats induced by alloxan with variations in concentrations of 35%, 55% and without alloxan for 12 days of treatment. The sample used were 3 to 5 months old. The method conducted in speckle contrast visualization was using blob detection with Laplacian of Gaussian algorithm to obtain speckle contrast values while the visualization of heart rate pulse based on Arduino Uno was done using the Integrated Development Environment (IDE) program. The results obtained from image processing using the Scikitimage program show that the contrast value could achieved decreasing with increasing blood sugar levels and the results obtained for detection of heart rate was the greater the blood sugar level the greater the heart rate (beat per minute) measured.

Keywords: Blob detection, Heartbeat, Alloxan, Rat

ABSTRAK

Visualisasi kontras spekel dan pulsa detak jantung pada tikus putih yang diinduksikan dengan aloksan telah berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk memvisualkan kontras spekel dengan menggunakan program Scikit image dan menganalisis hubungan kontras spekel pada tikus putih terhadap kadar gula darah serta mengetahui pengaruh pemberian aloksan terhadap frekuensi detak jantung pada tikus putih. Penelitian ini memperoleh data citra pola spekel dari tikus putih yang diinduksikan aloksan dengan variasi konsentrasi 35%, 55% serta tanpa aloksan selama 12 hari perlakuan. Sampel yang digunakan berumur 3 hingga 5 bulan. Metode yang digunakan pada visualisasi kontras spekel adalah metode blob detection dengan menggunakan algoritma Laplacian of Gaussian untuk mendapatkan nilai kontras spekel sedangkan pada visualisasi pulsa detak jantung berbasis Arduino Uno dilakukan dengan menggunakan program Integrated Development Environment (IDE). Hasil yang diperoleh dari pengolahan citra menggunakan program Scikit image menunjukkan bahwa nilai kontras semakin kecil seiring kenaikan kadar gula darah dan hasil yang diperoleh dari deteksi detak jantung adalah semakin besar kadar gula darah semakin besar detak jantung (beat per minute) yang terukur.

Kata kunci: Deteksi blob, Detak jantung, Aloksan, Tikus putih

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia medis saat ini sangat mendukung terhadap peningkatan kualitas kesehatan dan daya hidup manusia. Semakin banyak penemuan-penemuan baru mengenai cara pengobatan maupun pencegahan berbagai penyakit ditemukan. Salah satu penyakit yang terkenal adalah diabetes mellitus. Diabetes

mellitus adalah sindroma gangguan metabolisme yang timbul pada seseorang karena adanya peningkatan kadar glukosa darah diatas nilai normal akibat kekurangan insulin baik secara absolut maupun relatif [1].

Penelitian terkait pengukuran kadar gula darah secara *non invasive* dan *non destructive* dapat menggunakan metode pencitraan laser

spekel[2]. Pencitraan laser spekel menampilkan pola spekel yang berupa bintang-bintang atau bulir terang gelap yang terbentuk dari interferensi cahaya secara acak akibat penyinaran laser koheren yang mengenai permukaan objek seperti pada kulit manusia[3]. Setiap pola spekel yang terbentuk memberikan informasi mengenai objek atau organisme hidup yang disinarnya, misalnya informasi tentang pergerakan sel darah merah [4]. Pencitraan laser spekel baru dikembangkan pada berbagai bidang terutama di bidang medis untuk melakukan pendeteksian berbagai penyakit termasuk penyakit pada gula darah karena mampu mendeteksi sinyal optik dari jaringan hidup[5]. Penggunaan metode pencitraan laser spekel pada jaringan hidup banyak dilakukan saat ini seperti menentukan pemetaan dinamika aliran darah pada serebrum tikus putih dengan menggunakan pencitraan laser spekel berdasarkan analisis kontras spekel[6] dan investigasi penggunaan metode *Laser Speckle Imaging* (LSI) untuk pengukuran kadar gula darah [7].

Metode *blob detection* atau deteksi titik merupakan suatu metode untuk mendeteksi kumpulan titik-titik atau *blob* pada citra yang berbeda sifatnya seperti kecerahan atau warna[8]. Metode deteksi *blob* ini merupakan salah satu metode yang ada pada *toolkit* Scikit *image* dimana metode ini menggunakan algoritma *Laplacian of Gaussian* untuk memvisualkan citra dengan penghitungan nilai kontras. Penentuan kadar gula darah berdasarkan nilai kontras dapat menggunakan metode *blob detection*.

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam bentuk *mobile* atau *portable* yang dapat dibawa kemana saja sehingga memudahkan pengguna dalam mendeteksi kadar gula darah dan melihat pola spekel serta memberikan informasi yang lebih rinci mengenai konsentrasi kadar gula darah. Selain hubungan kontras spekel terhadap kadar gula darah, detak jantung tikus putih juga perlu dianalisis. Individu dengan detak jantung yang lebih cepat memiliki 59% peningkatan resiko diabetes dibandingkan dengan individu yang

denyut jantungnya lebih lambat[9], oleh karena itu dalam penelitian ini detak jantung tikus putih juga dianalisis sehingga dapat mengetahui hubungan terhadap pengaruh konsentrasi aloksan yang diinduksikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode komputasi yang menggunakan data primer dari metode *Laser Speckle Imaging* dengan menggunakan tikus putih sebanyak 15 ekor sebagai sampel penelitian. Proses pengambilan data primer terhadap tikus putih dilakukan pada hari ke 8 hingga hari ke 12 setelah penginduksian aloksan dengan konsentrasi aloksan 35%, 55% serta tanpa induksi aloksan. Data citra pola spekel tersebut direkam oleh kamera CMOS monokrom.

Data primer tersebut diolah dengan program yang dirancang dengan menggunakan Scikit *image* sedangkan detak jantung tikus putih divisualkan menggunakan Arduino Uno. Data citra pola spekel dan detak jantung tikus putih tersebut dianalisa dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

- 1) Merancang dan membuat program pengolah citra pola spekel dengan menggunakan Scikit *image*. Pembuatan program diawali dengan pembuatan bagan alir program agar dalam pengolahan data dapat dilakukan secara sistematis. Bagan alir program dapat dilihat pada gambar 1. Program pengolah citra dirancang dengan menggunakan metode *blob detection* dimana metode ini mengaplikasikan operator *Laplacian of Gaussian* sebagai pendekatan untuk memperoleh standar deviasi. *Laplacian of Gaussian* merupakan kombinasi dari filter *Gaussian* dan deteksi tepi *Laplacian*. Adapun persamaan *Laplacian* memiliki bentuk:

$$L(x, y) = \nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (1)$$

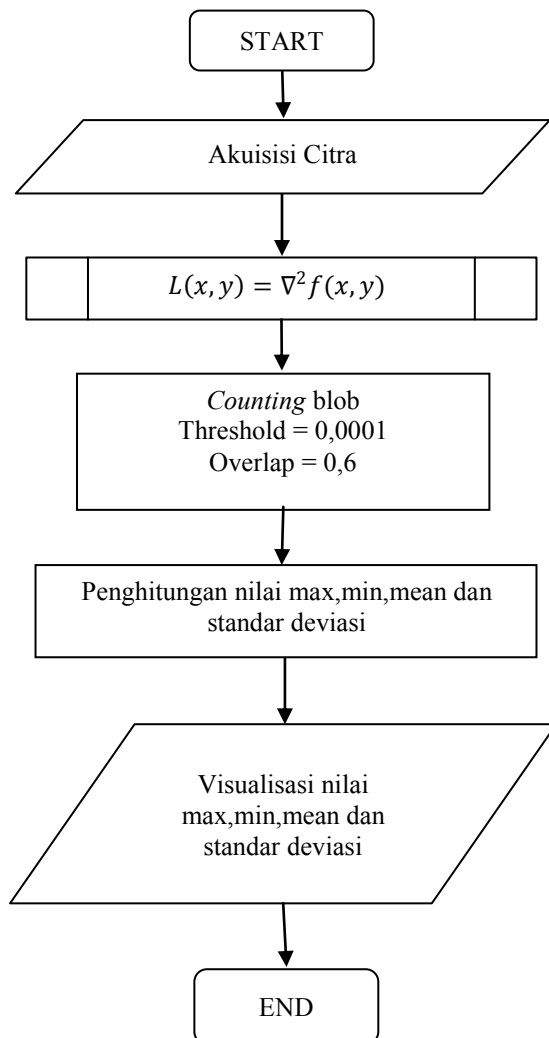
Persamaan fungsi *Gaussian* dua dimensi sebagai berikut :

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Sehingga untuk persamaan akhir yang ingin didapatkan yaitu *Laplacian of Gaussian* dapat diperoleh formulasi akhir sebagai berikut :

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

dimana x adalah jarak asal sumbu horizontal, y adalah jarak dari sumbu vertikal, dan σ adalah standar deviasi dari distribusi Gaussian[10].



Gambar 1.Bagan alir visualisasi kontras spekel

2) Data citra pola spekel diperoleh dari tikus putih yang diinduksikan kadar aloksan sebanyak 35%, 55% serta tanpa aloksan dan direkam oleh kamera CMOS monokrom dimana citra yang direkam akan ditampilkan oleh laptop dengan *software*

free webcam recorder lalu divisualisasikan dengan program yang dirancang sehingga mendapatkan nilai max,mean,min dan standar deviasi. Nilai yang didapatkan akan digunakan untuk menghitung nilai kontras dari citra pola spekel tersebut serta menampilkan plot atau histogram. Nilai kontras dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3 yaitu :

$$K = \frac{\sigma}{I} = \frac{\sqrt{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}}{\langle I \rangle} \quad (4)$$

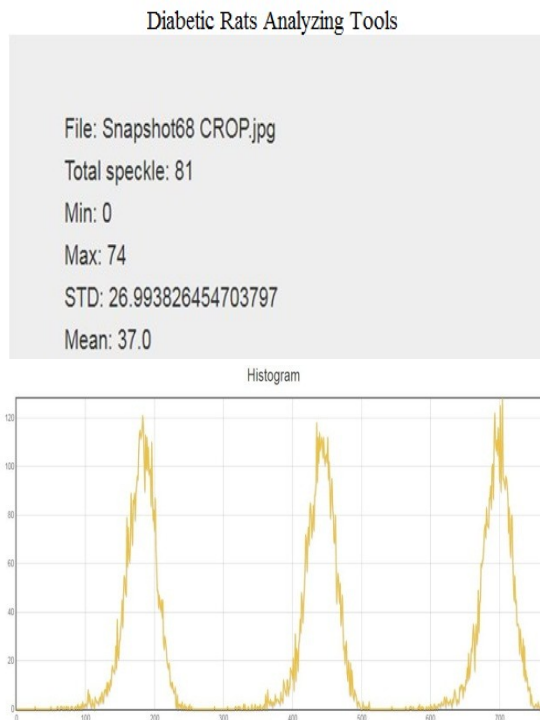
Kontras spekel didefinisikan pada persamaan 3, dimana σ merupakan standar deviasi dari intensitas I dan $\langle I \rangle$ merupakan intensitas rata-rata[4].

3) Pulsa detak jantung tikus putih direkam menggunakan *pulse sensor* yang terintegrasi dengan Arduino Uno. Sensor ini dapat mendeteksi detak jantung pada telinga tikus putih dengan cara menggabungkan data detak jantung dari sensor dengan program di mikrokontroler lalu didapatkan nilai bpm yaitu detak jantung per satuan waktu yang biasanya dinyatakan dalam *beats per minute* (bpm).

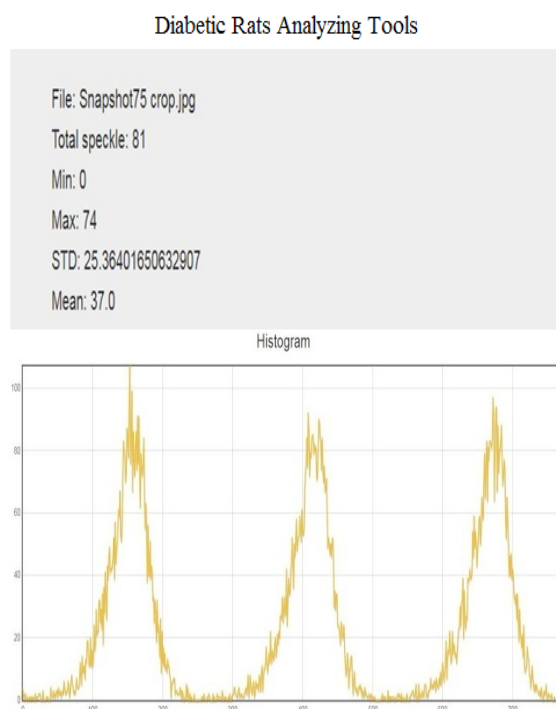
HASIL DAN PEMBAHASAN

Visualisasi Kontras Spekel

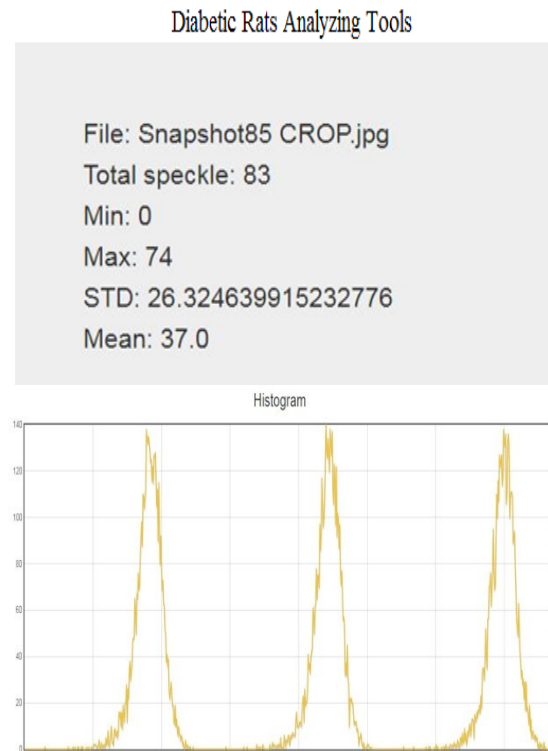
Hasil dari pengolahan data disajikan dalam bentuk histogram dan plot *scatter* untuk menampilkan visualisasi kontras dan detak jantung pada tikus putih serta hubungan nilai kontras dengan gula darah. Hasil dari visualisasi kontras spekel dengan program *scikit image* berupa histogram dapat dilihat pada gambar 2. Histogram yang diperoleh merupakan kurva pola distribusi *Gaussian* dengan menggunakan persamaan *Laplacian of Gaussian*. Kurva pada histogram citra pola spekel membentuk distribusi yang simetris.



Gambar 2. Histogram dan pengukuran kontras dari citra pola spekel pada konsentrasi 35% pada hari ke 8.



Gambar 3. Histogram dan pengukuran kontras dari citra pola spekel pada konsentrasi 55% pada hari ke 8.



Gambar 4. Histogram dan pengukuran kontras dari citra pola spekel pada konsentrasi 0% (tanpa aloksan) pada hari ke 8.

Gambar 2 merupakan gambar histogram citra dari kelompok konsentrasi aloksan 35% pada hari ke-8. Grafik menunjukkan bahwa puncak histogram lebih tinggi disebelah kanan, oleh karena itu citra ini dapat dikatakan pola spekelnya lebih cenderung terang. Gambar 3 merupakan gambar histogram citra dari kelompok konsentrasi aloksan 55% pada hari ke-8, puncak histogram lebih tinggi disebelah kiri, oleh karena itu citra ini memiliki pola spekel yang cenderung lebih gelap. Gambar 4 merupakan histogram citra dari kelompok konsentrasi aloksan 0% atau tanpa aloksan pada hari ke-8. Histogram tersebut menunjukkan bahwa histogramnya tersebar merata karena mengisi daerah keabuan secara penuh dengan distribusi yang merata pada setiap nilai intensitas piksel dan meningkatkan persebaran nilai *grayscale* sehingga citra terkesan lebih terang dan detailnya lebih terlihat. Nilai intensitas (mean), min, max, jumlah spekel dan standar deviasi diperoleh dari program pengolah citra *Diabetic Rats Analyzing Tools*. Nilai intensitas lebih besar

dari nilai standar deviasi. Nilai kontras yang diperoleh pada konsentrasi 35% sebesar 0,72956 a.u dengan konsentrasi gula darah 92 mg/dL, pada konsentrasi 55% nilai kontras sebesar 0,68551 a.u dengan kadar gula darah 551 mg/dL sedangkan pada saat tanpa induksi aloksan nilai kontras yang diperoleh sebesar 0,71147 a.u dengan kadar gula darah 119 mg/dL.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap histogram yang diperoleh, dapat diamati bahwa nilai standar deviasi semakin besar pada setiap kenaikan nilai kontras. Naiknya nilai kontras tersebut berimbas pada bertambahnya nilai kontras yang dihasilkan oleh masing-masing berkas sinar yang mengenai permukaan sampel. Puncak yang berada disebelah kanan dikarenakan citra pola spekel nya cenderung lebih terang dibandingkan citra pola spekel yang puncaknya berada disebelah kiri. Penyebab terjadinya perbedaan pola berasal dari pemantulan dan penyebaran sinar yang semakin tak teratur sehingga mengurangi jumlah sinar yang terpantul kembali ke kamera.

Kontras dapat diartikan selisih perbedaan terang gelap yang muncul pada fenomena citra pola spekel ini, dimana kontras tinggi menyatakan semakin fokusnya pantulan cahaya kembali setelah melewati suatu permukaan. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa semakin homogen suatu permukaan akan mempengaruhi tingkat kontras suatu pancaran sinar yang mengenai permukaan[11]. Nilai kontras dihasilkan dari peristiwa interferensi yang terjadi pada sinar laser yang mengenai permukaan sampel.

Hubungan Kontras Spekel Terhadap Kadar Gula Darah

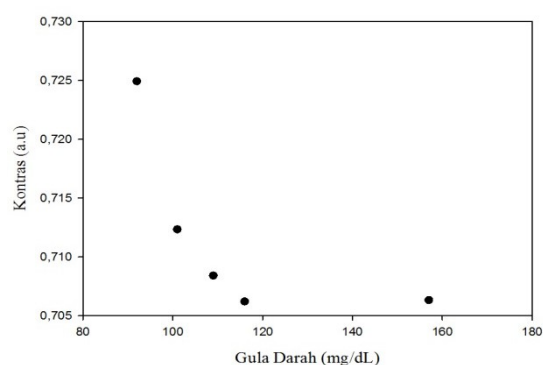
Setiap citra dihitung menggunakan program pengolah citra yang dibuat dengan *software* Scikit *image*. Citra pola spekel yang didapatkan adalah hasil dari citra yang direkam pada bagian kepala tikus putih yang diambil

sebanyak 10 kali lalu dirata-ratakan nilai kontrasnya.

Tabel 1. Nilai rata-rata kontras spekel dan kadar gula darah pada konsentrasi 35%

Hari	Gula Darah (mg/dL)	Kontras rata-rata (a.u)
8	92	0,72494
9	157	0,70633
10	116	0,70622
11	101	0,71234
12	109	0,70842

Nilai rata-rata kontras tertinggi adalah pada hari ke 8 yaitu sebesar 0,72494 a.u dan kontras rata-rata terendah pada hari ke 10 yaitu sebesar 0,70622 a.u. Nilai kontras semakin menurun seiring meningkatnya kadar gula darah akibat pengaruh aloksan.

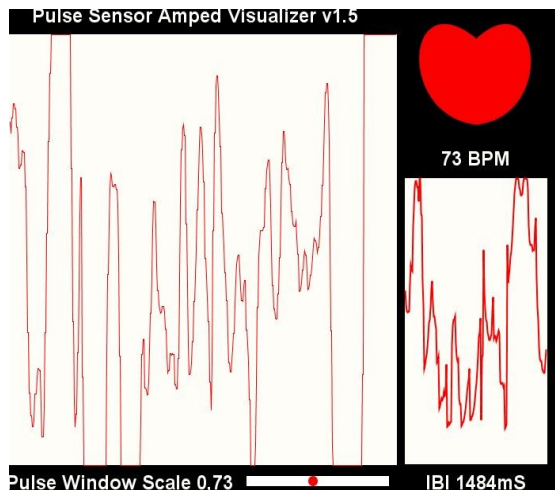


Gambar 5. Grafik Hubungan Kontras Terhadap Kadar Gula Darah

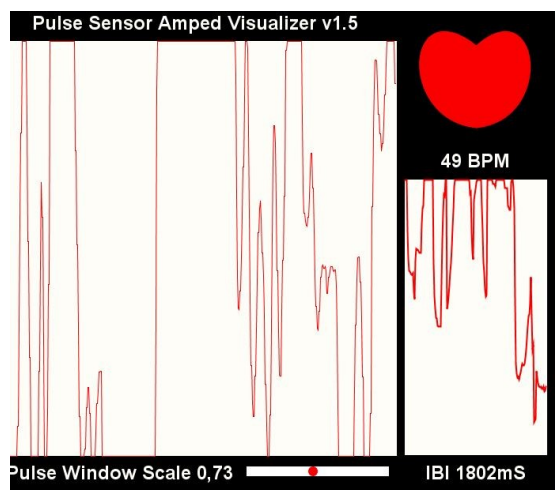
Gambar 5 merupakan grafik hubungan kontras spekel terhadap kadar gula darah selama pengambilan data pada hari ke 8 hingga hari ke 12 dengan konsentrasi 35%. Nilai kontras spekel menurun ketika kadar gula darah yang diukur menggunakan alat GCU semakin naik. Meningkatnya kadar gula darah setelah diinduksikan aloksan dapat disebabkan oleh dua proses yaitu terbentuknya radikal bebas dan kerusakan permeabilitas membran sel sehingga terjadi kerusakan sel beta pankreas yang berfungsi menghasilkan insulin[12].

Visualisasi Detak Jantung Tikus Putih

Detak jantung dideteksi menggunakan *pulse* sensor yang terintegrasi pada Arduino Uno sehingga diperoleh visualisasi detak jantung tikus putih seperti pada gambar 4.



Gambar 6. Visualisasi Detak Jantung Untuk Konsentrasi 35%



Gambar 7. Visualisasi Detak Jantung Tanpa Konsentrasi Aloksan

Gambar 4 dan 5 merupakan visualisasi detak jantung tikus dengan konsentrasi 35% dan tanpa aloksan. Faktor yang membuat pulsa detak jantung bervariasi adalah tingginya kadar gula darah yang menyebabkan detak jantung dipacu lebih cepat dibandingkan sampel dengan kadar gula yang rendah. Salah satu komplikasi yang akan dialami bagi penderita diabetes adalah meningkatnya detak jantung. Faktor yang kedua adalah

dikarenakan perubahan emosi yang dialami oleh sampel seperti tikus mengalami stress sehingga akan mengakibatkan perubahan pulsa detak jantung[13].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa visualisasi data mengenai pengukuran kontras dan pulsa detak jantung, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Program pengolah citra *Diabetic Rats Analyzing Tools* berhasil dibangun dengan *software* *scikit image* untuk memvisualkan kontras spekel dan histogram sehingga diperoleh nilai kontras.
2. Histogram dari visualisasi jumlah spekel menunjukkan bahwa puncak tertinggi disebelah kanan terjadi pada kontras yang tinggi dan puncak yang lebih tinggi disebelah kiri terjadi pada kontras yang rendah.
3. Nilai kontras dipengaruhi oleh kadar gula darah akibat induksi aloksan pada tikus putih. Semakin tinggi kadar gula darah semakin rendah nilai kontras. Nilai kontras tertinggi sebesar 0,72494 a.u pada hari ke 8 dan nilai kontras terendah pada hari ke 10 sebesar 0,70622 a.u.
4. Visualisasi detak jantung tikus putih berhasil ditampilkan pulsa dan nilai bpm tikus putih. Pulsa detak jantung tikus putih dan nilai *beats per minute* (bpm) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti meningkatnya kadargula darah dan perubahan emosi. Nilai maksimum detak jantung sebesar 73 bpm pada konsentrasi 35% dan tanpa aloksan sebesar 49 bpm serta konsentrasi 55% sebesar 90 bpm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rendy, M. Clevo. 2012. Asuhan Keperawatan Medikal Bedah dan Penyakit Dalam. Yogyakarta : Nuha Medika.

2. Timoshina, P. A., Bucharskaya, A. B., Alexandrov, D. A. & Tuchin, V. V. 2017. Study of Blood Microcirculation of Pancreas in Rats With Alloxan Diabetes by Laser Speckle Contrast Imaging. *Biomedical Photonics & Eng.* 3(2).
3. Ragel, Sigal. 2015. Static Laser Speckle Contrast Analysis for Noninvasive Burn Diagnosis Using a Camera Phone-Imager. *Journal of Biomedical Optics*. Vol. 20. No. 8.
4. Briers, D., Duncan, D.D., Hirst, E., Kirkpatrick, S.J., Larsson, M., Steenbergen, W., Stromberg, T., Thompson, O.B. 2013. Laser speckle contrast imaging : theoretical and practical limitations. *Journal of Biomedical Optics*. 18 : 066018.
5. Rabal, H. J. and Braga R. A. 2009. Dynamic Laser Speckle and Applications Optical Science and Engineering : 139. Taylor & Francis Group. LLC.
6. Zakharov, P., A. C. Volker, M. T. Wyss, F. Haiss, N. Calcinaghi, C. Zunzunegui, A. Buck, F. Scheffold, and B. Weber. 2009. Dynamic Laser Speckle Imaging of Cerebral Blood Flow. *Optics Express*. Vol. 17. No. 16.
7. Zulkarnain, S., Minarni. 2018. Investigasi Penggunaan Metode *Laser Speckle Imaging* (LSI) Untuk Pengukuran Kadar Gula Darah. *Jurnal Fisika UNNES*. 8(2): 60-67.
8. Kaspers, A. 2011. Blob Detection Biomedical Image Sciences. Image Sciences Institute. UMC Utrecht.
9. Wang , L., Liufu, C., Yanxue, W., Anand, V., Shuohua, C., Caifeng, Z., Ying, Z., Dongqing, Li., Frank, B., Shouling, Wu., and Xiang, Gao. 2015. Resting heart rate and the risk of developing impaired fasting glucose and diabetes : the Kailuan prospective study. *International Journal of Epidemiology*. Vol. 44. No. 2.
10. Wang, Ruye. 2016. Laplacian of Gaussian(LoG).<http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lectures/gradient/node9.html>. Diakses pada tanggal 13 Maret 2018.
11. Mirdyanto, B., dan Hikmah, I. 2015. Pengukuran Standard Deviasi dan Analisis Pengaruh Polarisasi dengan Citra *Speckle*. Laporan Resmi Laboratorium Optik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
12. Yuriska, A.F,. 2009. Efek Aloksan Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar. *Artikel Ilmiah*. Fakultas Kedokteran. Iniversitas Diponegoro.
13. Departemen Kesehatan RI. 2005. *Pharmaceutical Care* Untuk Penyakit Diabetes Mellitus. Bina Kefarmasian dan Alat Kesehatan.

IDENTIFIKASI KELAYAKAN JEMBATAN BATANGHARI II KOTA JAMBI MENGGUNAKAN MIKROTREMOR DENGAN METODE *HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO* (HVSr)

Okky Dwi Syaputra¹, Faizar Farid², Samsidar³, Linda Handayani⁴

^{1,3,4}Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

²Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

*E-mail korespondensi: okkysyaputra03@gmail.com

ABSTRACT

The feasibility study of Batanghari II Bridge with the value of natural frequency of Bridge using microtremor has been done. The purpose of this research is to know the bridge's natural frequency value using Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method and to know the relatif damage to Bridge. In this study Bridge as an object because, Bridge is an alternative way that connects one place with another place separated by a river or ditch which is often used by society for activity. To get the bridge's natural frequency value using Microtremor sensor which is directly placed bridged with geopsy software to process its data and using HVSr method. The result of this research is the natural bridge frequency value of 7.40441 Hz. To determine the feasibility of the bridge compared with the standard value of the bridge frequency of 7,675 Hz and stated the state of the Batanghari II bridge is still intact from the structural and the natural frequency value of the soil on the bridge buffer of 12.7489 Hz and 13.6343 Hz that the soil type is older soil. Can be said the foundation of the bridge last long.

Keywords: Bridge, frequency, microtremor, HVSr method

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian kelayakan Jembatan Batanghari II dengan nilai frekuensi alami Jembatan menggunakan mikrotremor. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai frekuensi alami jembatan menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) serta mengetahui kerusakan relatif atas Jembatan. Pada penelitian ini Jembatan sebagai objek karena, Jembatan merupakan jalan alternatif yang menghubungkan satu tempat dengan tempat lain yang dipisahkan oleh suatu sungai ataupun parit yang sering digunakan masyarakat untuk beraktifitas. Untuk mendapatkan nilai frekuensi alami jembatan menggunakan sensor Mikrotremor yang langsung diletakan di jembatan dengan software geopsy untuk mengolah datanya serta menggunakan metode HVSr. Hasil dari penelitian ini berupa nilai frekuensi alami jembatan sebesar 7.40441 Hz. Untuk menentukan kelayakan jembatan dibandingkan dengan nilai standar frekuensi jembatan sebesar 7.675 Hz dan dinyatakan keadaan jembatan Batanghari II masih utuh dari strukturalnya serta nilai frekuensi alami tanah pada penyangga jembatan sebesar 12.7489 Hz dan 13.6343 Hz bahwa jenis tanah tersebut merupakan tanah yang lebih tua. Dapat dikatakan pondasi jembatan tersebut bertahan lama.

Kata kunci: jembatan, frekuensi, mikrotremor, metode HVSr.

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan jalan alternatif yang menghubungkan satu tempat dengan tempat lain yang dipisahkan oleh suatu sungai ataupun parit. Dengan begitu perannya sangat menguntungkan bagi masyarakat karena tidak menyusahkan untuk berjalan jauh. Maka dari itu pembuatannya harus diperhatikan agar tidak mudah rusak, hancur, atau terjadi sesuatu yang tidak diinginkan.

Dalam pembuatan jembatan ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti lokasi dan lingkungannya. Setelah diketahui jenis tanah dengan jenis batuan dasar yang terletak dibawah permukaan, bahan-bahan yang digunakan harus lulus uji kekuatan ataupun ketahanan untuk membuat suatu jembatan tersebut layak digunakan. Bahan yang digunakan harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Selain faktor-faktor tersebut, jembatan yang layak juga harus lulus uji. Ada beberapa uji yang bisa dilakukan untuk mengetahui kekuatan jembatan,

salah satunya adalah uji getaran. Cara uji getar lebih ekonomis dan tidak merusak struktur, dibandingkan dengan cara uji pembebanan [1].

Metode HVSR merupakan metode yang digunakan sebagai indikator struktur bawah permukaan tanah yang memperlihatkan hubungan antara rasio spektrum fourier dari sinyal mikrotremor komponen horizontal terhadap komponen vertikalnya [2]. Beberapa penelitian sebelumnya mengenai mikrotremor menggunakan metode HVSR Yaitu: pertama, dengan memperhitungkan faktor amplifikasi tanah yang berada pada daerah yang memiliki potensi gempa dengan menggunakan metode HVSR begitu relevan untuk dilakukan, karena hasil yang didapatkan merupakan nilai frekuensi dominan yang akan dilihat dengan puncak-puncak frekuensi berupa grafik [3]. Mengolah data mikrotremor dengan HVSR menggunakan Matlab yaitu dengan memetakan nilai frekuensi dominan yang didapat [4]. Analisa mikrotremor dengan menggunakan metode HVSR untuk pemetaan Mikrozonasi suatu wilayah yang terdapat potensi gempa bumi dengan mengetahui kerentanan tanah tersebut [5]. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian menggunakan mikrotremor dengan metode HVSR untuk menentukan kelayakan Jembatan Batanghari II Kota Jambi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di kawasan Jembatan Batanghari II Kota Jambi, jalan Jembatan Batanghari II, Tj. Johor, Kecamatan Pelayangan, Kota Jambi, Jambi. Waktu penelitian ini dalam pengambilan data dilakukan selama 8 hari dari tanggal 3 – 10 Mei 2018.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: mikrotremor Untuk merekam getaran, seismograf MAE 6000, GPS, baterai 12 volt, kabel, laptop, pena, log *book*, dan kamera.

Survey Lokasi

Sebelum melakukan pengambilan data lapangan maka dilakukan survei dengan

melakukan kunjungan ke lokasi penelitian. Survei lokasi penelitian bertujuan untuk mengetahui kondisi daerah yang diteliti mulai dari morfologi, lingkungan dan kondisi jembatan.

Akuisi Data

Akuisisi data merupakan proses pengambilan data. Akuisisi data pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data gelombang. Dengan mendapatkan gelombang yang dihasilkan dari mikrotremor serta dengan alat pendukung lainnya.

Pengolahan Data

Prosedur pengolahan data dimulai dengan menginput nilai yang didapatkan dari lapangan kedalam *Microsoft Excel* dengan format *xlx*. Data dalam *Microsoft Excel* tersebut akan digunakan untuk analisis data dengan *software Geopsy* menggunakan metode HVSR dengan langkah ratio H/V.

Analisis Data

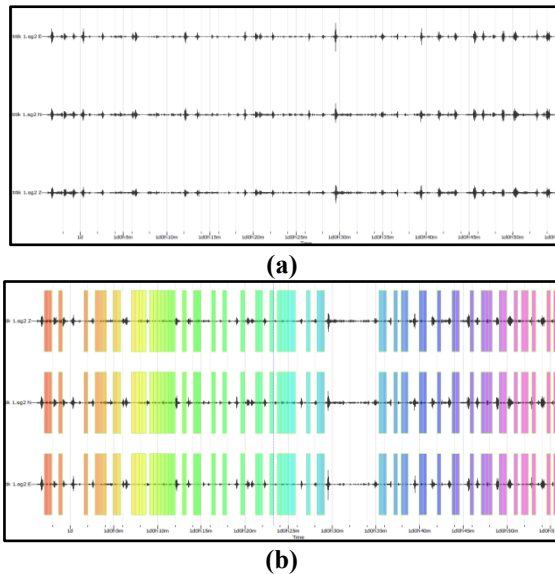
Tahap analisis data dapat dilakukan dengan melakukan *picking* data gelombang yang dihasilkan dari mikrotremor dengan mengambil gelombang yang stabil. Setelah tahap *picking* selesai maka dilanjutkan tahap hubungan antara horizontal (*east-west*), horizontal (*nort-south*), dan vertikal. Lalu dilanjutkan dengan menganalisis hasil grafik yang dihasilkan anatar hubungan horizontal vertikal dengan frekuensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Menentukan Nilai Frekuensi Alami

1. Melakukan *picking* (memilih) data gelombang.

Untuk melakukan *picking* peneliti harus teliti dengan hasil gelombang yang didapatkan agar hasil yang *picking* yang dilakukan berhasil. *Picking* yang dilakukuan yaitu dengan menentukan gelombang yang dihasilkan stabil atau konstan dan lebih mudahnya dengan melihat *log book* yang dibuat.

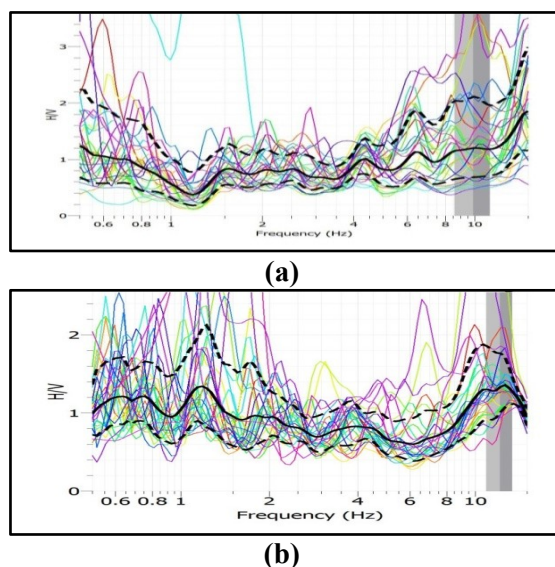


Gambar 1. Hasil *picking* data lapangan. (a) data lapangan, (b) hasil *picking* lapangan.

2. Melakukan *filtering*

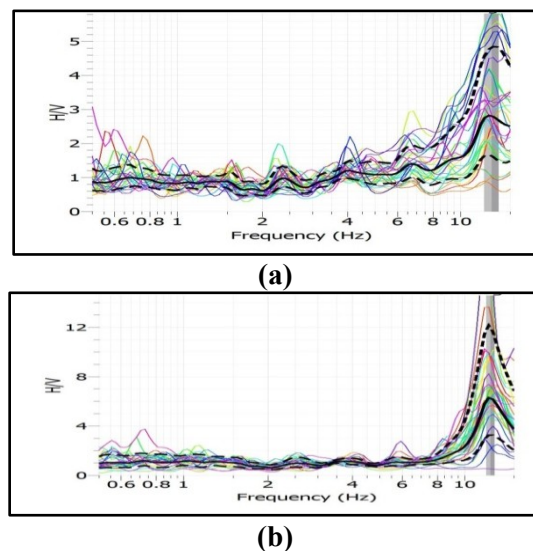
Filtering adalah upaya untuk memisahkan nilai frekuensi yang diinginkan dari gelombang seismik dan membuang yang tidak diinginkan. Filter tersebut dilakukan untuk melihat nilai frekuensi yang masih mendominasi nilai yang besar ataupun yang rendah dengan cara *filtering* dengan jenis-jenis yang diatas untuk meminimalisir nilai-nilai frekuensi yang didapatkan setelah dilakukan *picking*.

3. Melihat hasil grafik pada kurva H/V

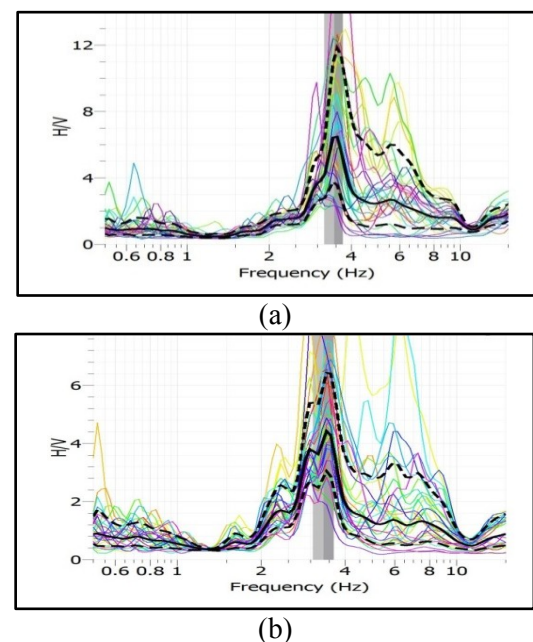


Gambar 2. Data frekuensi alami titik 1. (a) arah barat, (b) arah timur.

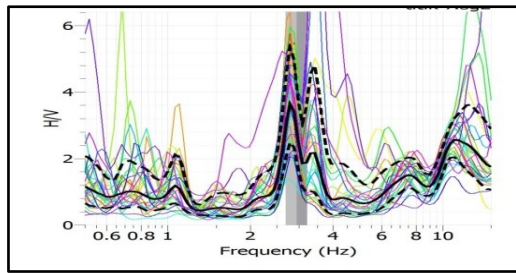
Grafik ini dapat dilihat setelah dilakukannya tahap *picking*, grafik ini belum dikatakan benar sebelum dilakukan *filtering*. Grafik ini dapat dikatakan benar atau salah dengan melihat nilai standart deviasi (garis putus-putus) yang terdapat pada grafik yang bagian atas dan bagian bawahnya mendekati atau menjauh dengan nilai rata-rata HVSR (garis lurus) yang berada di tengah-tengah nilai standar deviasi. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 2, 3, 4, 5, 6, 7.



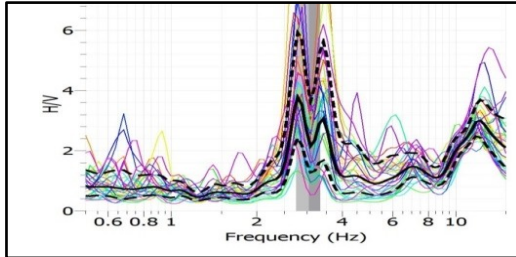
Gambar 3. Data frekuensi alami titik 2. (a) arah barat, (b) arah timur.



Gambar 4. Data frekuensi alami titik 3. (a) arah barat, (b) arah timur.

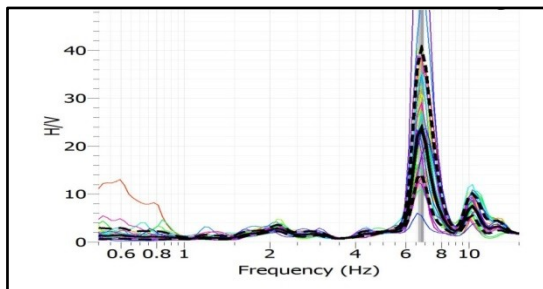


(a)

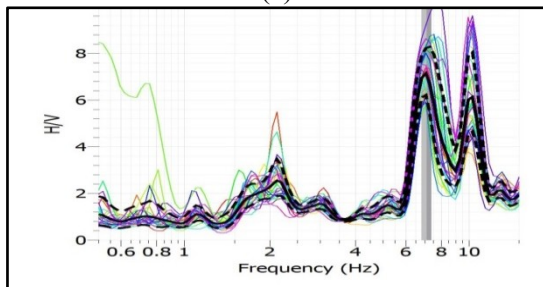


(b)

Gambar 5. Data frekuensi alami titik 4. (a) arah barat, (b)arah timur.



(a)

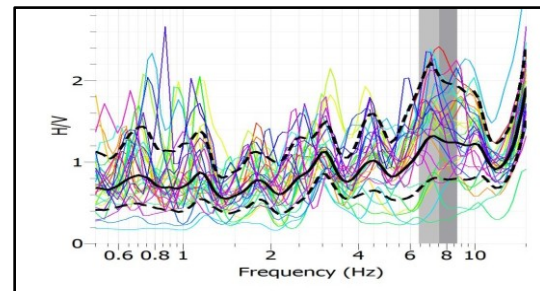


(b)

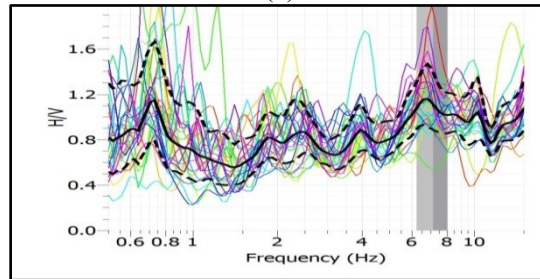
Gambar 6. Data frekuensi alami titik 5. (a) arah barat, (b)arah timur.

Berdasarkan Gambar 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 nilai frekuensi alami ditunjukkan pada bentuk bar berwarna abu-abu yang terdapat pada grafik HVSR. Bentuk grafik yang dihasilkan sesuai dengan keadaan di lapangan. Semakin sepi keadaan jalan maka grafik yang dihasilkan akan membentuk satu puncak yang tinggi dan tidak ada data frekuensi yang tidak beraturan.

Nilai frekuensi disebabkan dengan terjadinya besar getaran yang dihasilkan oleh jembatan. Nilai frekuensi yang terjadi di daerah tengah jembatan lebih kecil dibandingkan di pangkal dan di ujung jembatan karena formasi keadaan jembatan yang padat dan tidak renggang. Sedangkan bagian tengah memiliki keadaan yang renggang. Dan getaran yang dihasilkan pada keadaan jembatan bagian ujung dan pangkal tidak begitu besar dibandingkan dengan jembatan bagian tengah.



(a)



(b)

Gambar 7. Data frekuensi alami titik 6. (a) arah barat, (b)arah timur.

Tabel 1. Nilai frekuensi alami Jembatan batanghari II.

Lintasan	Titik	Frekuensi alami (Hz)
1	Barat	9.9111
	Timur	12.1329
2	Barat	12.8966
	Timur	12.5014
3	Barat	3.45748
	Timur	3.35074
4	Barat	2.95111
	Timur	3.04643
5	Barat	6.79248
	Timur	7.10636
6	Barat	7.56923
	Timur	7.13705
Frekuensi jembatan		7.40441

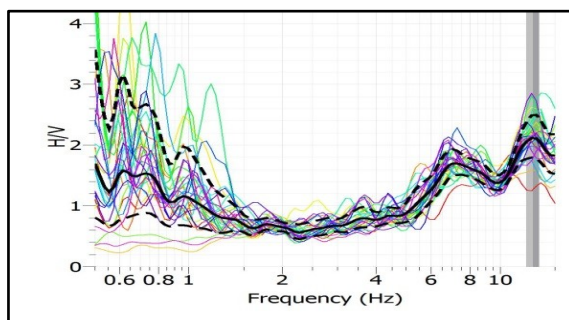
Kelayakan Jembatan

Tabel 2. Nilai kerusakan relatif.

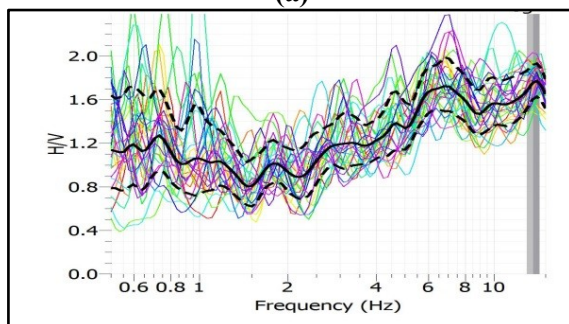
Lintasan	Titik	Frekuensi alami Jembatan (Hz)	Rata-rata frekuensi Jembatan (Hz)	Frekuensi teoritis (Hz)	Kerusakan relatif
1	Barat	9.9111	7.40441	7.654	3.53%
	Timur	12.1329			
2	Barat	12.8966			
	Timur	12.5014			
3	Barat	3.45748			
	Timur	3.35074			
4	Barat	2.95111			
	Timur	3.04643			
5	Barat	6.79248			
	Timur	7.10636			
6	Barat	7.56923			
	Timur	7.13705			

Berdasarkan Tabel 2 peneliti mengetahui keadaan Jembatan Batanghari II. Nilai kerusakan relatif Jembatan Batanghari II sebesar 3.53 %. Berdasarkan nilai tersebut dapat dinyatakan bahwa Jembatan Batanghari II dalam keadaan yang utuh/baik.

Jenis Tanah pada Jembatan



(a)



(b)

Gambar 8. Data frekuensi alami tanah, (a). dekat penyangga 1, (b) dekat penyangga 2.

Dalam penentuan pondasi untuk sebuah bangunan dapat dilihat dengan melihat jenis bawah permukaan tanah. untuk melihat nilai frekuensi tanah dapat dilihat pada Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 8 nilai frekuensi alami tanah disekitar jembatan Batangharai II pada penyangga 1 adalah 12.7489 Hz dan penyangga 2 adalah 13.6343 Hz. Dapat dikatakan secara literatur pada Tabel 1 jenis tanah pada Jembatan Batanghari II termasuk kedalam klasifikasi tanah jenis 1 yang kondisi tanahnya merupakan batuan tersier atau yang lebih tua terdiri dari batuan *hard sandy* dan *gravel*.

Selain dengan jenis tanah untuk menentukan kelayakan pondasi yang dibuat nilai frekuensi alami juga dapat menentukan kelayakan pondasi. Nilai frekuensi jembatan harus lebih kecil dibandingkan dari nilai frekuensi tanah agar jembatan tidak mengalami rusak berat maupun dapat mengalami jembatan runtuh.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut: Setelah dilakukan pengambilan data secara alami di Jembatan dengan menggunakan metode HVSR

dinyatakan nilai Jembatan Batanghari II sebesar 7.40441 Hz hasil dari rata-rata nilai frekuensi yang dilakukan dengan 6 lintasan yang memiliki 12 titik penelitian nilai frekuensinya sebesar: 9.9111 Hz, 12.1329 Hz, 12.8966 Hz, 12.5014 Hz, 3.45748 Hz, 3.35074 Hz, 2.95111 Hz, 3.04643 Hz, 6.79248 Hz, 7.10636 Hz, 7.56923 Hz, dan 7.13705 Hz. Setelah didapatkan nilai frekuensi Jembatan dapat diketahui kelayakan dengan melihat persentase nilai relatif. Nilai relatif Jembatan Batanghari II sebesar 3.53 % dan dinyatakan bahwa Jembatan dalam keadaan utuh strukturnya.

SARAN

Penelitian lebih lanjut disarankan mengecilkan jarak pengukuran agar data yang dihasilkan lebih bagus. Penelitian lebih lanjut lebih baik memilih tempat yang rawan bencana seperti: tanah lonsor, gempa bumi dan yang lain serta menggunakan metode yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Penilaian Kondisi Jembatan untuk Bangunan Bawah dengan Cara Uji Getar*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
2. Nakamura, Y. 1989. *A Method For Dynamic Characteristics Estimation Of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface*, Tokyo: Quatrely Reports of the Railway Technical Research Institute.
3. Partono. W, Masyur. I, Sri. P.R, Syamsul. M. 2013. Aplikasi Metode HVSR pada Perhiungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang, *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil*, vol. 19, No. 2.
4. Yuliawati, W. S. 2017. *Pengolahan Data Mikrotremor Berdasarkan Metode HVSR dengan Menggunakan Matlab*, Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.
5. Harahap, R. A. P, fatmawati, L. E, Soemitro, R. A. A, Satrya, T. R. 2013. Analisis Mikrotremor Dengan Metode HVSR (Horizontal to Vertical Ratio) Untuk pemetaan Mikrozonasi di Kelurahan Kejawan Putih Tambak Surabaya, *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, No.1.

KARAKTERISASI KAPASITOR BARIUM STRONTIUM TITANAT (BST) $Ba_{0,75}Sr_{0,25}TiO_3$ YANG DIBUAT MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL

Rahmi Dewi¹, Tiara Pertiwi², Krisman³

¹Mahasiswa Jurusan Fisika

²Bidang Fisika Instrumentasi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia

*E-mail korespondensi: drahmi2002@yahoo.com; tiarapertiwi2506@gmail.com

ABSTRACT

The thin film of Barium Strontium Titanate (BST) has been studied with composition of $B_{0.7}S_{0.2}T_{0.3}$ by using sol-gel method that annealed in temperature of 600°C and 650°C. The thin film of BST is characterized by using Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) and an impedance spectroscopy. The results of FESEM characterization for samples in temperature of 600°C and 650°C are 55.83 nm and 84.88 nm in thickness respectively. The result of impedance spectroscopy characterization given frequency values obtained by the impedance value of real and imaginary. The capacitance value at a frequency of 20 Hz from a thin film of BST in temperature of 600°C and 650°C are 69.36F and 138.70F. The dielectric constant of the thin film of BST in temperature of 600°C and 650°C are 22.17 dan 131.56 respectively.

Keywords: Barium Strontium Titanate, FESEM, Impedance Spectroscopy

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian film tipis Barium Strontium Titanat (BST) dengan komposisi $B_{0.7}S_{0.2}T_{0.3}$ menggunakan metode sol-gel dan di annealing pada suhu 600°C dan 650°C. Film tipis BST tersebut dikarakterisasi menggunakan Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) dan Spektroskopi Impedansi. Hasil dari karakterisasi FESEM untuk sampel pada suhu 600°C dan 650°C masing-masing ketebalannya sebesar 55.83 nm dan 84.88 nm. Hasil dari karakterisasi Spektroskopi Impedansi yang diberikan nilai frekuensi, diperoleh nilai impedansi real dan impedansi imajiner. Nilai kapasitansi pada frekuensi 20 Hz dari film tipis BST pada suhu 600°C dan 650°C masing-masing sebesar 69.36 F dan 138.70 F. Nilai konstanta dielektrik dari film tipis BST pada suhu 600°C dan 650°C masing-masing sebesar 22.17 dan 131.56.

Kata kunci: Barium Strontium Titanate, FESEM, Impedance Spectroscopy

PENDAHULUAN

Kebutuhan dunia akan energi menyebabkan penelitian pada bidang fisika material beberapa tahun terakhir ini semakin gencar dilakukan. Salah satu penelitian yang belakangan ini menarik perhatian yaitu penelitian terhadap material ferroelektrik karena material ini sangat menjanjikan terhadap perkembangan devais generasi baru sehubungan dengan sifat-sifat unik yang dimilikinya [1].

Ferroelektrik merupakan bahan dielektrik yang mempunyai polarisasi spontan serta mempunyai kemampuan mengubah polarisasi

internalnya dengan menggunakan medan listrik yang sesuai [2]. Barium Strontium Titanat dengan rumus kimia $BaSrTiO_3$ atau lebih dikenal dengan istilah BST adalah salah satu material keramik yang menarik untuk diteliti. BST merupakan material ferroelektrik yang termasuk ke dalam jenis perovskite. Bahan ini dibentuk dari Barium Titanat ($BaTiO_3$) yang didoping dengan Strontium (Sr) [3].

Kapasitor adalah komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik,

kapasitor ini terdiri dari dua plat konduktor yang ditempatkan berdekatan tapi tidak bersentuhan. Kemampuan dari dua sistem plat pada kapasitor untuk menyimpan muatan dinyatakan sebagai kapasitansi listrik. Nilai kapasitansi listrik suatu kapasitor bergantung pada ukuran, bentuk dan posisi relatif dari dua plat konduktor serta bahan penyekat antara dua konduktor tersebut yang dikenal dengan dielektrik [4].

Penelitian ini merupakan studi pembuatan film tipis kapasitor BST dari campuran barium karbonat, strontium karbonat, dan titanium isopropoksida dengan perbandingan Ba dan Sr 0,75 : 0,25 menjadi Barium Strontium Titanat ($\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$) yang pengukurannya akan dilakukan pada suhu 600°C dan 650°C .

Perbedaan suhu dengan komposisi yang sama akan dikarakterisasi dengan FESEM (*Field Emission Scanning Electron Microscopy*) untuk mendapatkan berapa ketebalan dari sampel dan spektroskopi impedansi untuk mendapatkan nilai impedansinya. Nilai impedansi yang diperoleh ini maka dapat dihitung berapa besar nilai kapasitansi dan kebocoran arus dalam film tipis kapasitor BST.

BAHAN DAN METODE

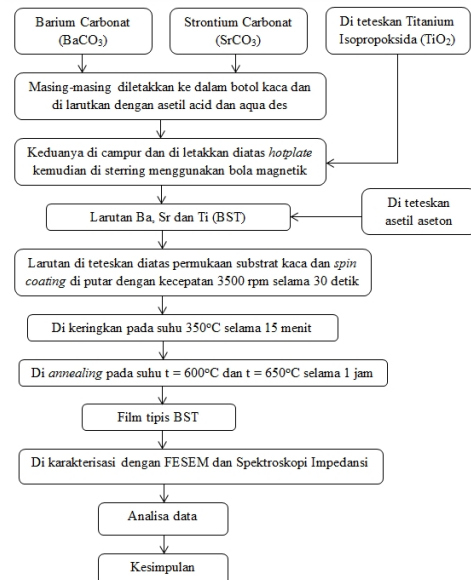
1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa timbangan digital, *hot plate stirrer*, bola magnetik, *spin coating*, *furnace*, *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FESEM), dan spektroskopi impedansi, larutan asetil acid, larutan asetil aseton, larutan HCl, bubuk barium karbonat, bubuk strontium karbonat, titanium isopropoksida, bubuk aluminium dan substrat kaca.

2. Prosedur Penelitian

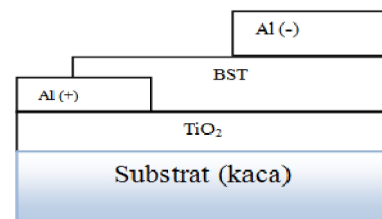
Pembuatan film tipis BST menggunakan metode sol-gel yang ditempatkan di atas substrat kaca dengan menggunakan *spin coating* diputar pada kecepatan 3500 rpm selama 30 detik untuk meratakan setiap lapisan dan di *annealing* pada suhu 600°C selama 1 jam untuk mendapatkan struktur kristalnya.

Sampel dikarakterisasi menggunakan alat karakterisasi FESEM untuk mendapatkan ketebalannya dan menggunakan alat karakterisasi spektroskopi impedansi untuk mendapatkan nilai impedansi, sehingga dapat dihitung berapa nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektriknya.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Gambar 1 merupakan skema pembuatan film tipis BST yang dibuat dengan struktur *device* seperti Gambar 2 dibawah ini.



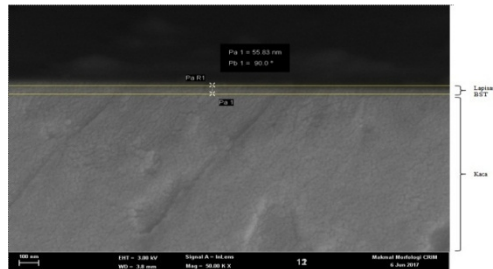
Gambar 2. Struktur device BST

Gambar 2 menunjukkan struktur *device* BST dimana aluminium pada lapisan pertama digunakan sebagai konduktornya.

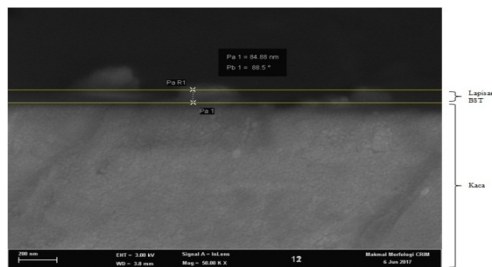
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pada penelitian ini menampilkan hasil foto FESEM yang menunjukkan ketebalan dari sampel. Data hasil spektroskopi impedansi menampilkan *Plot Nyquist* yang menyatakan hubungan antara impedansi real dan impedansi

imaginer serta dilengkapi dengan rangkaian ekivalen, serta *bode plot* yang menyatakan hubungan antara frekuensi dan kapasitansi atau frekuensi dan konstanta dielektrik dari sampel.



Gambar 3. Ketebalan dari lapisan film tipis pada suhu 600°C diatas substrat kaca.

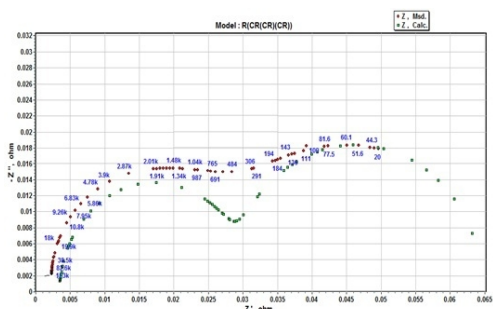


Gambar 4. Ketebalan dari lapisan film tipis pada suhu 650°C di atas substrat kaca.

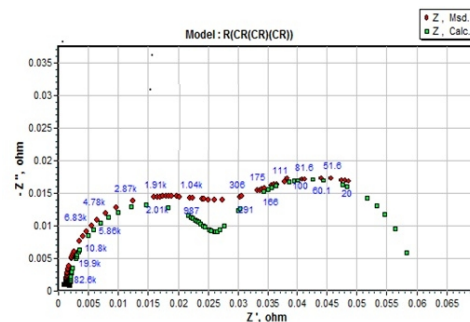
Gambar 3 menunjukkan ukuran ketebalan dari film tipis BST yaitu 55,83 nm, sampel ini ditumbuhkan di atas substrat kaca dengan komposisi massa barium karbonat 1,85 gram dan strontium karbonat 0,46 gram, serta di *annealing* pada suhu 600°C.

Gambar 4 menunjukkan ukuran ketebalan dari film tipis BST yaitu 84,88 nm, sampel ini ditumbuhkan di atas substrat kaca dengan komposisi massa barium karbonat 1,85 gram dan strontium karbonat 0,46 gram, serta di *annealing* pada suhu 650°C.

Perbedaan suhu *annealing* pada sampel menjadi penyebab ketebalan yang bervariasi.



Gambar 5. Grafik *Plot Nyquist* dari film tipis BST pada suhu 600°C.



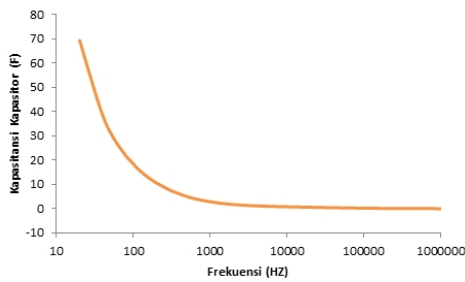
Gambar 6. Grafik *Plot Nyquist* dari film tipis BST pada suhu 650°C.

Gambar 5 menjelaskan spektrum impedansi untuk sampel $\text{Ba}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{TiO}_3$ pada suhu 600°C membentuk dua loop setengah lingkaran. Dimana lengkung I mewakili proses yang terjadi di antara muka elektroda dan substrat kaca pada frekuensi rendah <10 KHz, serta lengkung II merupakan proses yang berlaku pada perbatasan butiran.

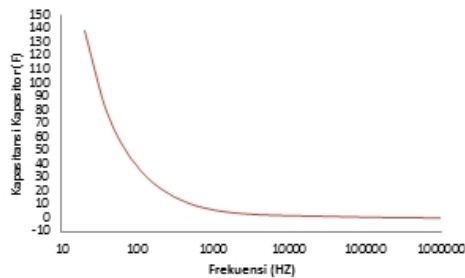
Gambar 6 menjelaskan spektrum impedansi untuk sampel $\text{Ba}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{TiO}_3$ pada suhu 650°C membentuk dua loop setengah lingkaran. Dimana lengkung I mewakili frekuensi 1-100 KHz yang mewakili proses pada perbatasan butir, serta lengkung II mewakili proses padatan sampel.

Daerah *interface* berada pada frekuensi rendah dan daerah *grain* berada pada frekuensi tinggi. Kedua grafik hubungan antara impedansi real dan impedansi imajiner pada sampel dalam penelitian ini menunjukkan nilai yang sama dimana ada dua loop setengah lingkaran yang didapatkan. Loop setengah lingkaran ini menunjukkan hubungan sifat listrik dan konstanta dielektrik daerah antara kontak dengan sampel (*Interface*).

Nilai impedansi real dan impedansi imajiner yang dihasilkan oleh spektroskopi impedansi dihitung berapa nilai impedansi kompleksnya sehingga nilai impedansi kompleks ini dapat digunakan untuk menghitung nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik dari masing-masing sampel.



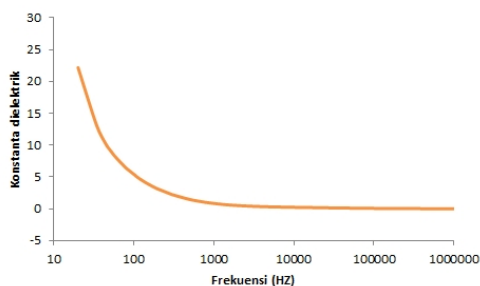
Gambar 7. Hubungan antara frekuensi dan nilai kapasitansi kompleks film tipis BST pada suhu 600°C.



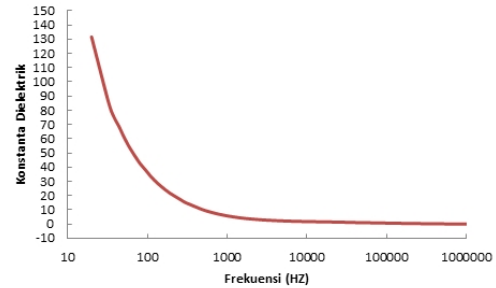
Gambar 8. Hubungan antara frekuensi dan nilai kapasitansi kompleks film tipis BST pada suhu 650°C.

Gambar 7 pada suhu *annealing* 600°C di peroleh frekuensi kecil sebesar 20 Hz, nilai kapasitansi kompleks mencapai nilai maksima yaitu sebesar 69,36 F. Sedangkan pada frekuensi tertinggi yaitu 1 MHz, nilai kapasitansi kompleks berada pada nilai minimum yaitu sebesar 0,028 F.

Gambar 8 pada suhu *annealing* 650°C di peroleh frekuensi kecil sebesar 20 Hz, nilai kapasitansi kompleks mencapai nilai maksimal yaitu sebesar 138,7 F. Sedangkan pada frekuensi tertinggi yaitu 1 MHz, nilai kapasitansi kompleks berada pada nilai minimum yaitu sebesar 0,057 F.



Gambar 9. Hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik film tipis BST pada suhu 600°C.



Gambar 10. Hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik film tipis BST pada suhu 650°C.

Gambar 9 menjelaskan bahwa hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik berbanding terbalik, pada frekuensi terendah 20Hz, nilai konstanta dielektriknya adalah 22,17. Sedangkan pada frekuensi 1 MHz, nilai konstanta dielektriknya adalah 0,007.

Gambar 10 menjelaskan bahwa hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik berbanding terbalik, pada frekuensi terendah 20Hz, nilai konstanta dielektriknya adalah 131,56. Sedangkan pada frekuensi 1 MHz, nilai konstanta dielektriknya adalah 0,010.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil karakterisasi FESEM, kedua suhu dari sampel BST menghasilkan ketebalan yang berbeda-beda. Pada suhu 600° C dan suhu 650° C dihasilkan ketebalan BST yaitu sebesar 55,83 nm dan 84,88 nm. Perbedaan suhu *annealing* pada sampel menjadi penyebab ketebalan yang bervariasi.
2. Nilai kapasitansi kompleks dari sampel film tipis $Ba_{0,75}Sr_{0,25}TiO_3$ dipengaruhi oleh frekuensi, semakin rendah frekuensi yang diberikan maka semakin besar nilai kapasitansi kompleksnya. Pada frekuensi terendah 20 Hz nilai kapasitansi kompleks dari bahan $Ba_{0,75}Sr_{0,25}TiO_3$ yang di *annealing* pada suhu 600°C dan 650°C adalah 69,36 F dan 138,70 F.
3. Nilai konstanta dielektrik dari sampel film tipis $B_{0,7}S_{0,2}T_3$ dipengaruhi oleh frekuensi, semakin rendah frekuensi yang diberikan maka semakin besar nilai

konstanta dielektriknya. Pada frekuensi terendah 20 Hz nilai konstanta dielektrik dari bahan $Ba_{0,7}Sr_{0,2}TiO_3$ yang di *annealing* pada suhu 600°C dan 650°C adalah 22,17 dan 131,56.

DAFTAR PUSTAKA

1. Irzaman, R. Erviansyah, H. Syafutra, A. Maddu., dan Siswadi. 2010. Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis $Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO_3$ yang Didadah Ferium Oksida (BFST) Metode *Chemical Solution Deposition*. *Jurnal Sainstek* ISSN : 1410 – 9662.
2. Detri, Y., Dewi, R., dan Krisman. 2015. Fabrikasi dan Karakterisasi Sifat Optik Dari $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ Menggunakan Spektrofotometer Ultraviolet Visible. Jurnal Skripsi, Universitas Riau, Pekanbaru.
3. Rositawati, D.N. 2008. Pengaruh Temperatur dan Waktu *Sintering* dan *Annealing* Terhadap Spektroskopi Impedansi $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$. Tesis FMIPA, Universitas Indonesia, Jakarta.
4. Komisah, S. 2001. Pembuatan Alat Uji Teknis Sifat Dielektrik Bahan Cair. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

SIMULASI POLA ALIRAN FLUIDA DALAM DAERAH DENGAN BATAS TIDAK TERATUR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Defrianto, Dwi Putri Cahya Safitri

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia

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

ABSTRACT

Research of ideal fluid flow on irregular domain by variation mesh has been done. Laplace equation was used to model velocity potential and the gradient was used to velocity. Boundary condition for inlet was chosen to be $15 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, while for outlet was $30 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ and Neumann boundary condition on lateral side. The developed model shows that uniform flow was happened on straight channel and free vortex on the curved one. The analytical and computational calculation has similar results, that is $23.7787 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ and $23.7792 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$. The percentage of the difference is 2.8×10^{-3} which is very small, therefore this method is accurate enough to model pattern of ideal fluid flow on irregular domain.

Keywords: Finite element method, irregular domain, ideal fluid, simulation

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pola aliran fluida ideal pada tidak teratur dengan variasi mesh. Persamaan Laplace digunakan untuk memodelkan potensial kecepatan yang kemudian selanjutnya ditentukan gradiennya untuk memodelkan kecepatan fluida. Kondisi batas inlet sebesar $15 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, bagian outlet $30 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ dan kondisi batas Neumann pada sisi lateral domain. Hasil pemodelan menunjukkan terjadi aliran seragam pada bagian saluran lurus dan vorteks bebas pada bagian kelengkungan. Hasil perhitungan analitis dan komputasi memiliki nilai yang hampir sama yaitu $23.7787 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ dan $23.7792 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$. Persentase sangat kecil yaitu 2.8×10^{-3} sehingga metode ini baik digunakan pada pemodelan fluida ideal domain tidak teratur.

Kata kunci: Metode elemen hingga, domain tidak teratur, aliran irrotasional, simulasi

PENDAHULUAN

Aliran fluida di alam biasanya memiliki pola aliran bervariasi yang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah bentuk saluran yang tidak teratur seperti pada sungai. Sungai dengan saluran lurus cenderung memiliki pola aliran seragam sementara pada bagian lengkung lebih kompleks.

Bentuk domain mempengaruhi distribusi kecepatan. Pada kasus yang lebih sederhana seperti aliran fluida yang mengalir pada pipa dengan luas penampang yang berubah, kecepatan berbanding terbalik terhadap luas penampang dan dinyatakan dalam persamaan kontinuitas. Sementara pada saluran melengkung, terjadi ketidakseragaman

distribusi kecepatan pada bagian lateral dimana kecepatan tertinggi terjadi pada bagian dalam lengkung sementara kecepatan terendah terjadi pada bagian luar lengkung [1].

Fluida memiliki sifat acak, sehingga perlu dilakukan beberapa penyederhanaan seperti mengabaikan tegangan viskositas dan menganggap aliran adalah irrotasional, tunak dan tak mampu mampat. Pendekatan ini masih relevan untuk fluida dengan viskositas rendah dan tak mampu-mampat seperti pada air.

Persamaan fluida ideal mengarah pada penyelesaian persamaan Laplace sebagai nilai potensial kecepatan. Jika potensial kecepatan telah ditetapkan, maka kecepatan pada titik-

titik tertentu dapat diketahui dengan menentukan gradien potensial [2].

Persamaan aliran fluida biasanya terdiri dari persamaan differensial parsial yang rumit sehingga tidak memiliki solusi eksak namun penggunaan metode komputasi dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan tersebut dengan lebih cepat dan akurat. Salah satu metode komputasi yang dapat digunakan adalah metode elemen hingga yaitu metode pemecahan persamaan differensial dengan membagi domain menjadi elemen yang lebih kecil [3] Bentuk dan ukuran dari *mesh* turut mempengaruhi hasil dari interpolasi seperti semakin kecil ukuran elemen semakin akurat taksiran yang didapat namun dengan konsekuensi dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk memprosesnya serta kekonvergenan. Ukuran *mesh* yang tepat diharapkan memberikan hasil yang optimum [4].

TINJAUAN PUSTAKA

Pola Aliran

Pola aliran fluida dapat didefinisikan sebagai suatu visualisasi bentuk kreatif aliran untuk menggambarkan kajian aliran secara kuantitatif maupun kualitatif [5]. Pola aliran adalah komponen penting dalam menganalisa gejala aliran fluida di alam seperti arah, kekuatan, dan variasi aliran berdasarkan waktu.

Persamaan Aliran Fluida Ideal

Persamaan aliran fluida ideal adalah penyederhanaan dari persamaan Euler. Persamaan Euler sendiri berasal dari ide persamaan Navier-Stokes. Persamaan Navier-Stokes dinyatakan secara ringkas dalam notasi vektor sebagai berikut:

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\nabla P + \mu \nabla^2 v \quad (1)$$

fluida adalah viskos tak-mampu mampat (*incompressible viscous*) persamaan menjadi,

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v = \mu \nabla^2 v \quad (2)$$

apabila nilai viskositas dianggap sangat kecil sekali persamaan berubah menjadi,

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v = 0 \quad (3)$$

aliran adalah tunak atau tidak bergantung pada waktu,

$$v \cdot \nabla v = 0 \quad (4)$$

hubungan potensial kecepatan dengan kecepatan adalah,

$$v = \nabla \phi \quad (5)$$

persamaan aliran fluida menjadi

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (6)$$

Persamaan 6 disebut juga sebagai persamaan Laplace.

Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi persamaan differensial, baik persamaan differensial biasa (*Ordinary Differential Equation*) maupun persamaan differensial biasa (*Partial Differential Equation*).

Inti dari metode ini adalah membagi problem yang kompleks (domain) menjadi bagian-bagian kecil atau elemen (diskretisasi) sehingga didapat solusi yang lebih sederhana oleh fungsi interpolasi. Keseluruhan solusi elemen tersebut akan menjadi solusi dari problem [3].

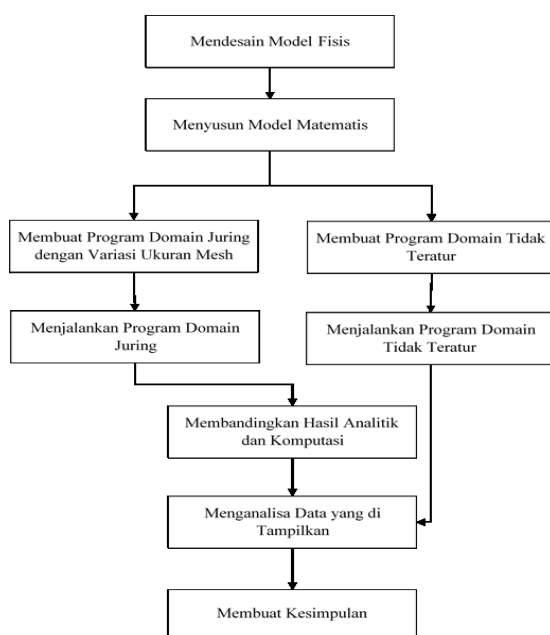
Pada prinsipnya metode elemen hingga terdiri dari tahap-tahap berikut:

1. Diskretisasi domain.
2. Memilih fungsi Interpolasi.
3. Menurunkan elemen matriks dan vektor.
4. Mencari sistem persamaan global.
5. Menyelesaikan persamaan global.

METODE PENELITIAN

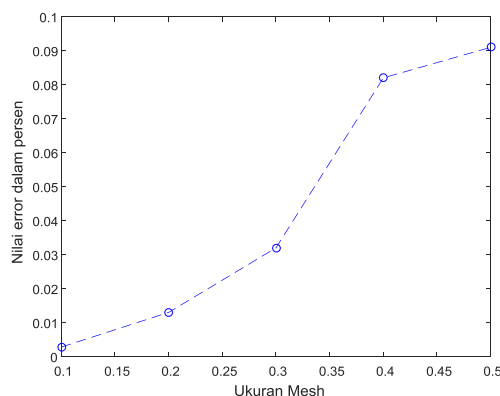
Penelitian ini terdiri dari 7 tahapan yang digambarkan dengan diagram alir penelitian pada Gambar 1. Tahap pertama yang dilakukan adalah mendesain model fisis domain seperti bentuk, ukuran dan kondisi batas domain. Selanjutnya adalah menyusun persamaan matematis yang digunakan.

Domain yang dibuat dalam penelitian ini adalah domain tidak teratur dan domain juring. Domain juring digunakan untuk menguji error dengan membandingkan hasil analitik dan komputasi. Apabila nilai error dapat diterima maka dilanjutkan dengan perbandingan pengaruh dari ukuran mesh untuk domain juring. Langkah selanjutnya adalah menjalankan program untuk domain tidak teratur. Model yang ditampilkan nantinya akan dianalisa dan ditarik kesimpulan dari hasil analisa.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

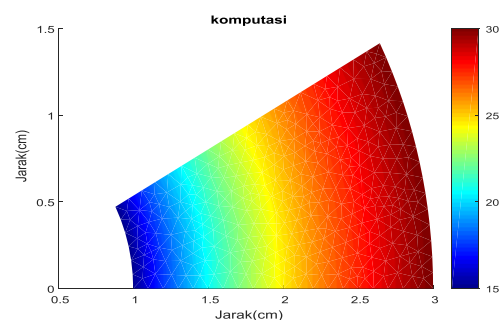
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Grafik ukuran *mesh* terhadap error.

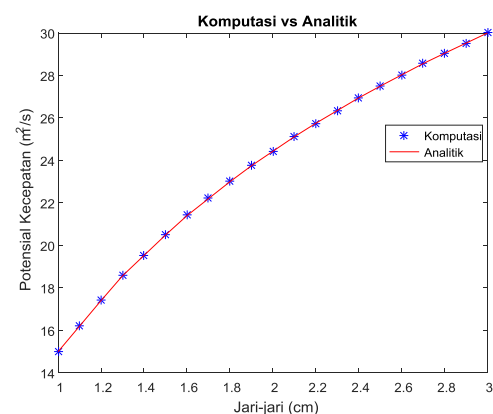
Ukuran *mesh* menentukan tingkat akurasi taksiran numerik dengan analitik dimana ukuran elemen yang lebih kecil memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan elemen yang lebih besar [4].

Nilai error terhadap variasi ukuran *mesh* ditunjukkan pada Gambar 2. grafik menunjukkan semakin kecil ukuran elemen semakin kecil pula nilai error yaitu mendekati 0 pada ukuran 0.1.



Gambar 3. Permodelan solusi potensial kecepatan dalam sumbu x-y.

Dari gambar 3 kita dapat menyimpulkan bahwa nilai solusi tidak berubah menurut sudut koordinat hanya bergantung pada nilai jari-jari saja. Artinya kecepatan yang muncul hanyalah kecepatan radial atau v_r sementara nilai kecepatan tangensial $v_\theta = 0$.



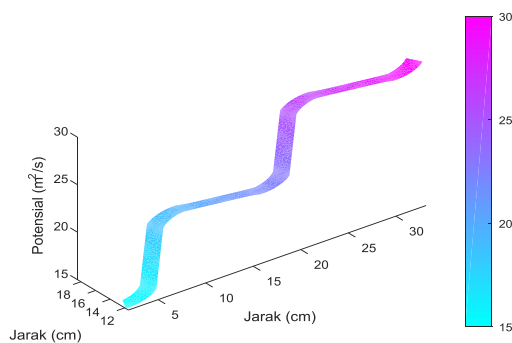
Gambar 4. Permodelan perhitungan analitik dan numerik

Perbandingan antara analitik dan numeric diatas diambil dari jarak $r = 1$ cm sampai $r = 3$ cm dengan sudut koordinatnya adalah sebesar 0° . Sudut koordinat ini tidak banyak

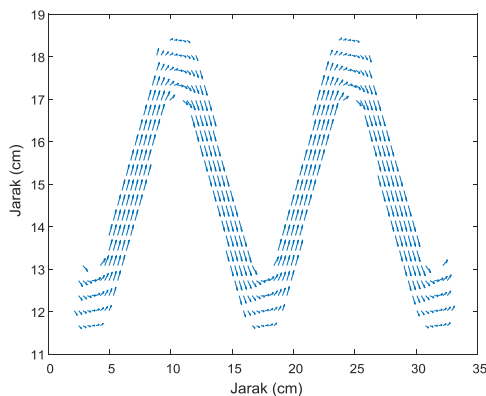
berpengaruh karena solusi yang didapat adalah tidak dipengaruhi oleh sudut atau radial murni. Nilai potensial bertambah secara logaritmik yang sesuai dengan solusi analitik pada persamaan 7.

$$\varphi(r, \theta) = \varphi_1 + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\ln \frac{b}{a}} \ln \frac{r}{a} \quad (7)$$

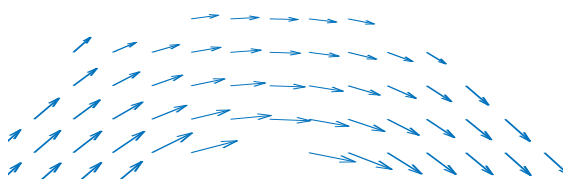
Nilai rata-rata dari simulasi adalah sebesar $23.7288 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ dan nilai rata-rata analitik adalah sebesar $23.7787 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$. Error yang didapat jika dinyatakan dalam persen adalah sekitar $2.9273 \times 10^{-4}\%$.



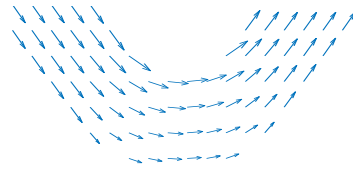
Gambar 5. Tampilan pemodelan potensial dari domain tidak teratur.



Gambar 6. Tampilan distribusi kecepatan

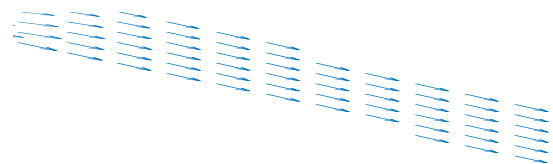


Gambar 7. Distribusi kecepatan pada lengkungan bagian atas.



Gambar 8. Distribusi kecepatan pada lengkungan bagian bawah.

Aliran kecepatan pada segmen bagian lengkung atas berotasi searah dengan jarum jam sementara pada bagian segmen bagian lengkungan bagian atas berotasi berlawanan arah jarum jam. Hal yang menarik adalah arah aliran hanya berubah secara melingkar atau mengikuti lintasan. Dapat diindikasikan kecepatan yang terjadi hanyalah kecepatan tangensial saja dan tidak terjadi kecepatan radial atau $v_r = 0$. Jika ditarik garis secara radial tampak bahwa besar kecepatan berbanding terbalik terhadap jari-jari. Artinya semakin jauh fluida dari pusat kelengkungan semakin rendah kecepatan yang dihasilkan. Fenomena ini menyerupai vorteks bebas.



Gambar 9 Pemodelan kecepatan pada segmen saluran lurus.

Dari gambar 9 terlihat bahwa aliran yang terjadi adalah aliran seragam yang mengarah ke sudut α sembarang pada bidang lurus menuju sumbu y positif.

KESIMPULAN

Ukuran *mesh* berpengaruh terhadap error. Semakin kecil ukuran *mesh* semakin akurat hasil simulasi. Pada daerah lengkungan aliran fluida ideal cenderung berupa vorteks bebas yang disebabkan oleh gaya sentripetal dari

lintasan melingkar sementara pada bidang lurus aliran cenderung berupa aliran seragam. Nilai selisih analitik dan komputasi untuk model domain tidak teratur adalah 0.001 dan error yang dihasilkan adalah $2.83 \times 10^{-3}\%$ sehingga baik untuk memodelkan aliran fluida ideal.

REFERENSI

1. Kuntjoro, H, D., Pudiastuti, & Saptarita. (2011). Studi literatur koreksi model matematis aliran di lengkung sungai. *Jurnal Aplikasi*, 1-14.
2. Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2003). *Mekanika Fluida*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
3. Kosasih, P. B. (2012). *Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
4. Dutt, A. (2015). Effect of mesh size on finite element analysis of beam. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*, 8-10.
5. Mustain, M. (2011). *Mekanika Fluida*. Surabaya: ITS Press.



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