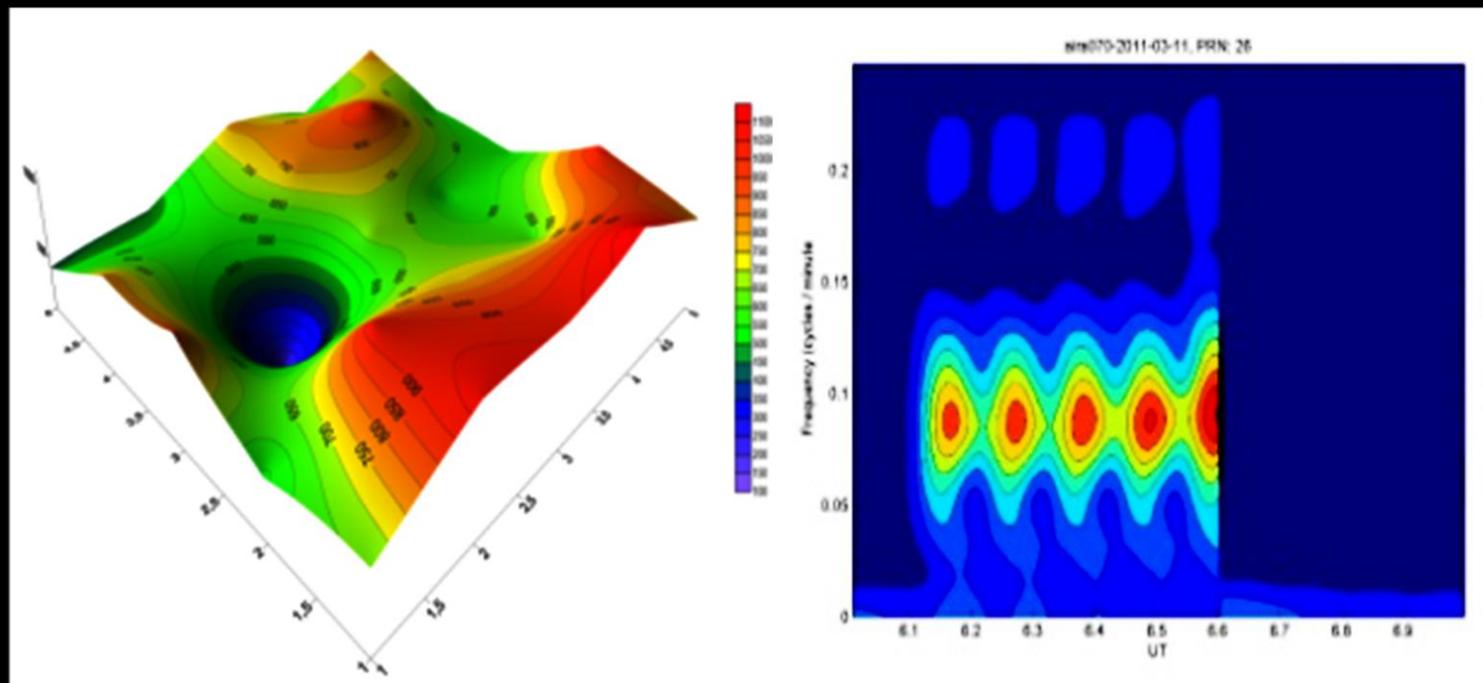


# Komunikasi Fisika Indonesia





**Susunan Dewan Redaksi Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)**

**Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau**

**Penanggungjawab** : Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

**Pimpinan Redaksi** : Drs. Usman Malik, M.Si

**Managing Editor:**

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

**Dewan Reviewer / Editorial Board:**

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

**Alamat Redaksi:**

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

## DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
DETEKSI EFEK GEMPA BUMI PADA IONOSFER MENGGUNAKAN DATA GNSS <i>Anwar Santoso, Buldan Muslim, Siti Inayah Fitriyani</i>	1-6
ANALISIS PENGARUH JARAK LAUT TERHADAP SUMUR GALI DESA JANGKANG KABUPATEN BENGKALIS <i>Nurul Izati, Riad Syech</i>	7-13
PENENTUAN SIFAT MAGNETIK DAN MORFOLOGI PARTIKEL MAGNETIK PASIR BESI PANTAI ARTA PARIAMAN SUMATERA BARAT <i>Ayu Wulandhari, Erwin</i>	14-18
KAJIAN SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR BESI PANTAI ARTA SEBAGAI FUNGSI JARAK DARI TEPI LAUT <i>Irma Novalia, Erwin</i>	19-23
PENGUKURAN NILAI INDUKTANSI PELAT ALUMINIUM BERDASARKAN VARIASI KAPASITANSI MENGGUNAKAN MODUL EVB LDC 1000 <i>Cinryani, Lazuardi Umar, Salomo, Maksu Ginting</i>	24-29
PENYERAPAN LOGAM BERAT Pb DAN Cu MENGGUNAKAN KARBON AKTIF BERBASIS MAHKOTA NANAS DENGAN VARIASI KONSENTRASI KALIUM HIDROKSIDA <i>Meylia Susiana Dewi Putri, Awitdrus, Rita Kartini Manullang</i>	30-34
PEMETAAN NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR PANTAI GANDORIAH PARIAMAN SUMATERA BARAT <i>Putri Puspita, Erwin</i>	35-40
PERBANDINGAN NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE QUINCKE DI PANTAI SUMATERA BAGIAN TENGAH <i>Muhammad Zul Ilmi Rangkuti, Salomo</i>	41-45
ANALISA POTENSI AKUIFER DI KECAMATAN RUMBAI PESISIR KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK ATURAN SCHLUMBERGER <i>Riad Syech, Miftakhudin Listianto</i>	46-49
ANALISIS EFEK GERHANA MATAHARI TOTAL 9 MARET 2016 TERHADAP KANDUNGAN TOTAL ELEKTRON IONOSFER <i>Afrita Ariani Usman Malik Asnawi Husin</i>	50-54

## DETEKSI EFEK GEMPA BUMI PADA IONOSFER MENGGUNAKAN DATA GNSS (DETECTION OF THE EARTHQUAKE EFFECT ON THE IONOSFER USING GNSS DATA)

Anwar Santoso<sup>1\*</sup>, Buldan Muslim<sup>1</sup>, Siti Inayah Fitriyani<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Pusat Sains Antariksa, Kedeputan Bidang Sains Antariksa dan Atmosfer – LAPAN  
Jalan Dr. Djundjuran 133 Bandung, 40173

<sup>2</sup> Mahasiswi S1 Jurusan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)  
Jalan Ganesha 10 Bandung

\*E-mail korespondensi: [anwar.santoso@lapan.go.id](mailto:anwar.santoso@lapan.go.id); [sifmjs@gmail.com](mailto:sifmjs@gmail.com)

### ABSTRACT

*Seismic activities such as earthquakes can cause atmospheric and infrared gravitational waves. If the earthquake happens to be strong enough ( $M > 6$  SR), these waves can spread to the ionosphere altitude so that ionospheric fluctuations in the order of atmospheric and infrasonic gravitational waves can appear in the ionosphere. The ionospheric wave monitoring system associated with earthquakes from GNSS data has been developed from a network of GNSS observation stations in Indonesia and beyond. By using the sliding Fast Fourier Transform (SFFT) program on GNSS data, the disturbed ionospheric TEC position and TEC will be carried out. The results of previous studies, differential TEC showed irregular fluctuations in the order of several tens of seconds to several tens of minutes in the ionosphere with average amplitude varying in order of less than 0.01 TECU. At certain times the ionospheric fluctuations become more regular with an amplitude reaching greater than 0.01 TECU. As a case study, in this paper a methodological examination will be conducted on the events of Aceh earthquake on December 26, 2004 ( $M = 9.2$  SR), Tohoku March 11, 2011 ( $M = 9$  SR) and Yogyakarta May 27, 2006 ( $M = 6.2$  SR).*

**Keywords:** GNSS, Ionosphere TEC, Earthquakes, Gravity wave, Infrasonic wave

### ABSTRAK

*Kegiatan seismik seperti gempa bumi dapat menyebabkan gelombang gravitasi atmosfer dan inframerah. Jika gempa bumi terjadi cukup kuat ( $M > 6$  SR), gelombang ini dapat menyebar ke ketinggian ionosfer sehingga fluktuasi ionosfer dalam urutan gelombang gravitasi atmosfer dan infrasonik dapat muncul di ionosfer. Sistem pemantauan gelombang ionosfer yang terkait dengan gempa bumi dari data GNSS telah dikembangkan dari jaringan stasiun pengamatan GNSS di Indonesia dan sekitarnya. Dengan menggunakan program geser Fast Fourier Transform (SFFT) pada data GNSS, posisi TEC ionosfer yang terganggu dan TEC akan dilakukan. Hasil penelitian sebelumnya, TEC diferensial menunjukkan fluktuasi tidak beraturan dalam urutan puluhan detik hingga beberapa puluh menit di ionosfer dengan amplitudo rata-rata bervariasi dalam urutan kurang dari 0,01 TECU. Pada waktu-waktu tertentu fluktuasi ionosfer menjadi lebih teratur dengan amplitudo mencapai lebih besar dari 0,01 TECU. Sebagai studi kasus, dalam makalah ini akan dilakukan pemeriksaan metodologis tentang peristiwa gempa Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 ( $M = 9,2$  SR), Tohoku 11 Maret 2011 ( $M = 9$  SR) dan Yogyakarta 27 Mei 2006 ( $M = 6.2$  SR).*

**Kata kunci:** GNSS, TEC ionosfer, Gempa bumi, Gelombang gravitasi, Gelombang infrasonik

Diterima 27-08-2019 | Disetujui 15-01-2020 | Dipublikasi 31-03-2020

### PENDAHULUAN

Secara umum, Indonesia terletak di

perbatasan tiga lempeng tektonik utama yaitu lempeng Indo-Australia, Pasifik dan Eurasia. Indonesia cukup sering menerima gempa bumi

yang disebabkan oleh pergerakan tiga lempeng tektonik tersebut. Karena itu, studi untuk mengetahui dampak gempa bumi sangat penting. Salah satunya dengan memanfaatkan teknologi GNSS. Ada 2 metode untuk menganalisis efek gempa bumi pada ionosfer menggunakan data GNSS, yaitu *Pre-seismic Ionospheric Disturbance* (PID) dan *Co-seismic Ionospheric Disturbance* (CID). PID anomali dapat bertahan selama 1-2 minggu sebelum gempa terjadi. Sedangkan anomali CID hanya berlangsung 15 menit hingga 1 jam setelah gempa. CID dapat digunakan untuk sistem peringatan dini tsunami dengan episentrum yang cukup jauh dari pantai [1].

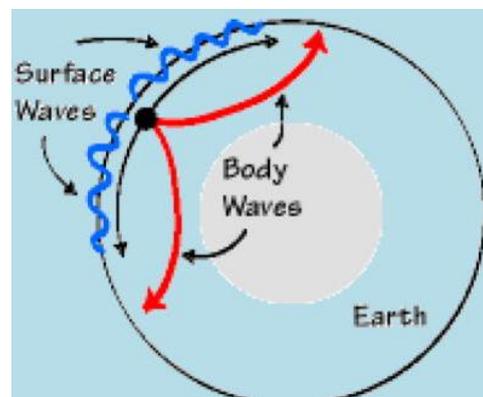
Studi terbaru menunjukkan bahwa efek gempa bumi dan tsunami di ionosfer melalui gravitasi atmosfer dan gelombang akustik telah ditemukan dalam kasus gempa besar seperti Gempa Bumi Aceh, 26 Desember 2004 ( $M = 8,9$  SR) dan gempa bumi Tohoku, 11 Maret 2011 ( $M = 9$  SR). Pengaruh gempa bumi pada ionosfer terjadi melalui Coupling Litosphere-Atmosphere-Ionosphere (LAI) [2]. Amplitudo terbesar dari gelombang seismik di gelombang permukaan bumi adalah gelombang permukaan, salah satunya adalah gelombang Rayleigh. Gelombang seismik merambat di sepanjang permukaan bumi melalui kerak dan matle atas dengan kecepatan antara 3-4 km/s. Gelombang ini dapat menghasilkan gelombang atmosfer yang merambat ke atas dengan periode lebih besar dari 10 detik. Gelombang infrasonik menyebar di atmosfer dan mereka mencapai ionosfer, energi gelombang mereka ditransfer ke ionosfer melalui tabrakan antara ion dan elektron dan sehingga membawa gelombang infrasonik ke dalam ionosfir. Sehingga, gelombang infrasonik dapat dideteksi menggunakan beberapa peralatan pengamatan ionosfer seperti GNSS [2; 3].

Makalah ini membahas tentang deteksi efek gempa pada ionosfer menggunakan data GNSS. Studi kasus digunakan gempa bumi Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 ( $M = 9,2$  SR), Tohoku 11 Maret 2011 ( $M = 9$  SR) dan Yogyakarta 27 Mei 2006 ( $M = 6,2$  SR).

Penelitian awal ini akan berguna dalam upaya sistem peringatan dini Tsunami hanya untuk episentrum jauh dari tepi pantai.

## TINJAUAN PUSTAKA

Seismologi adalah studi tentang gempa bumi dan seismik. Gelombang seismik dapat didefinisikan sebagai, "gelombang energi yang disebabkan oleh pecahnya batu secara tiba-tiba di dalam bumi atau ledakan" [4]. Dua jenis gelombang utama adalah gelombang tubuh dan gelombang permukaan. Gelombang tubuh dapat melakukan perjalanan melalui lapisan dalam bumi, tetapi gelombang permukaan hanya bisa bergerak di sepanjang permukaan seperti riak di air. Gempa bumi memancarkan energi seismik baik sebagai gelombang tubuh maupun permukaan (Gambar 1).

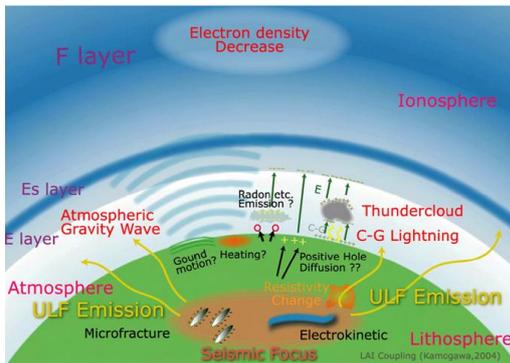


**Gambar1.** Gelombang "body" dan permukaan [4].

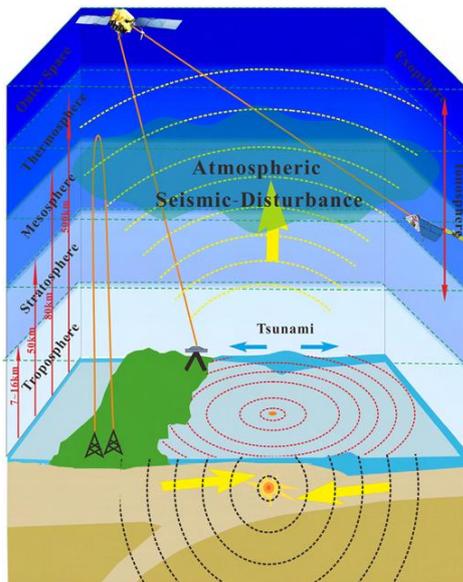
Kamogawa [5] mengusulkan mekanisme yang mungkin untuk transportasi energi dari litosfer ke atmosfer-ionosfer pada Gambar 2. Umumnya medan listrik atmosfer yang dihasilkan pada atau dekat permukaan tanah selama periode seismik diasumsikan menyebabkan anomali ionosfer. Namun, apakah gangguan ionosfer pra-seismik ini terkait dengan gempa bumi atau tidak masih

kontroversial. Sulit untuk mengekstraksi variasi latar belakang TEC yang jelas. Hingga kini tidak ada definisi eksplisit untuk gangguan ionosfer preseismik. Salah satu efeknya adalah metode penyaringan atau *de-*

trended, terutama untuk mempertimbangkan amplitudo gangguan.



**Gambar 2.** Kopling Litosfer-Atmosfer-Ionosfer [5].



**Gambar 3.** Gangguan seismo-ionosferik dari pengamatan GNSS [9].

Setelah mendapatkan data GNSS, kami menggunakan pemfilteran 3-10 menit jendela untuk menghilangkan kebisingan frekuensi tinggi dan tren latar belakang TEC yang disebabkan oleh variasi temporal dan spasial pada *ionosphere pierce point* (IPP). Di sini kita menetapkan panjang jendela sebagai 3-10 menit untuk gangguan campuran (termasuk sinyal yang terkait dengan mode yang berbeda), yaitu 1,7–5,6 mHZ, hanya mencakup frekuensi dominan mode resonansi akustik antara permukaan tanah dan termosfer yang lebih rendah [6; 7]. Biasanya, *Four order zero-phase Butterworth filter* digunakan karena besarnya rata-rata yang maksimal. Metode

*moving average* juga dapat digunakan untuk menghapus variasi TEC latar belakang [8]. Dengan menggunakan seri residu TEC, anomali seismo-ionosfer dapat dideteksi selama gempa bumi (Gambar 3) [9].

## METODE PENELITIAN

Data GNSS diperoleh dari Badan Infoemasi dan Geospasial (BIG). Data GNSS juga dapat dengan mudah diturunkan menggunakan Persamaan (1) dan (2) dengan pengamatan GNSS yang bagus. Di sini bias instrumen tidak dipertimbangkan, karena konstan dalam waktu singkat yang tidak memiliki pengaruh pada variasi data GNSS setelah penyaringan. Menggunakan seri residu GNSS, anomali seismo-ionosfer dapat dideteksi selama gempa bumi [9].

$$L'_{1j} = \rho^i_{\alpha j} - d^l_{ion1j} + d^l_{tropj} + \quad (1)$$

$$c(\tau^i - \tau_j) - \lambda(b'_{1j} + N'_{1j}) + \varepsilon^i_{l,1j}$$

$$P' = \rho^i_{\sigma j} + d^l_{ion1j} + d^l_{tropj} + c(\tau^i - \tau_j) + d^i_1 + d_{1j} + \varepsilon^i_{p,1j} \quad (2)$$

$$P' = \rho^i_{\sigma j} + d^l_{ion2j} + d^l_{tropj} + c(\tau^i - \tau_j) + d^i_2 + d_{2j} + \varepsilon^i_{p,2j}$$

dimana:

L = Pengukuran fase pembawa

P = Pengukuran kode

$\rho$  = Jarak sebenarnya antara satelit dan penerima GNSS

$d_{ion}$  = Penundaan ionosfer

$d_{trop}$  = Penundaan troposfer

c = Kecepatan cahaya dalam vakum

$\tau$  = Kesalahan jam satelit dan penerima

b = Fase muka bias instrumen

d = Penundaan kode bias instrumen

N = Ambiguitas fase pembawa

$\varepsilon$  = Residu dalam pengukuran GNSS

Penundaan ionospheric dapat diperoleh dari perbedaan fase GNSS frekuensi ganda dan pengamatan kode. Setelah menggabungkan pengamatan pseudorange dan fase pembawa dari GNSS frekuensi ganda, TEC miring dapat dinyatakan sebagai persamaan berikut [9; 10; 11].

$$\begin{aligned}
 STEC &= \frac{f_1^2 f_2^2}{40.28(f_1^2 - f_2^2)} (L_1 - L_2 + \\
 &\quad \lambda_1(N_1 - b_1) - \lambda_2(N_2 - b_2) + \varepsilon_l) \\
 &= \frac{f_1^2 f_2^2}{40.28(f_1^2 - f_2^2)} (P_1 - P_2 \\
 &\quad (d_1 - d_1) + \varepsilon_p) \quad (3)
 \end{aligned}$$

Biasanya, diasumsikan bahwa semua elektron di ionosfer terkonsentrasi dalam cangkang tipis yang disebut lapisan ionosfer pusat pada ketinggian 300-600 km di mana kerapatan elektron maksimum. Fungsi pemetaan kosinus digunakan untuk mengonversi STEC ke TEC vertikal (VTEC) [12].

$$vTEC = STEC * \left( \arcsin \left( \frac{R \sin z}{R + H} \right) \right) \quad (4)$$

di mana R adalah jari-jari Bumi, H adalah tinggi cangkang tipis dari ionosfer dan z adalah sudut puncak satelit. Tinggi cangkang dipilih oleh 300 km sesuai dengan kerapatan elektron maksimum.

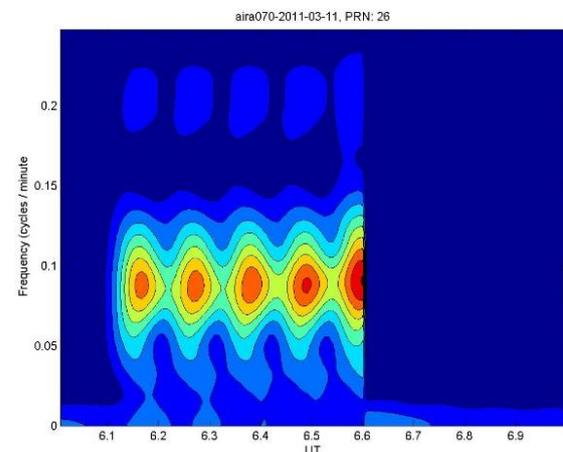
Analisis spektrum gelombang ionosfer dilakukan pada menit data GNSS selama satu jam, kemudian perhitungan FFT dilakukan setiap menit data GNSS dan bergerak setiap menit disingkat dengan Sliding Fast Fourier Transform (SFFT). Hasil analisis spektrum mencakup informasi periodisitas variasi TEC dari urutan detik hingga sekitar 500 detik (dari data TEC 1 Hz, dengan balok setiap menit) dan informasi gelombang ionosfer dengan periode beberapa menit hingga puluhan menit (dari data GNSS setiap 30 detik dalam balok setiap satu jam) [13].

Selain itu, data yang digunakan adalah data lapangan geomagnetik, yaitu indeks Dst [14]. Data indeks Dst digunakan untuk memastikan apakah anomali ionosfer yang telah diperoleh

disebabkan oleh gempa bumi atau karena efek cuaca badai geomagnetik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gempa bumi Tohoku terjadi pada hari Jumat tanggal 11 Maret tahun 2011 pukul 14:46 JST ((05:46) UTC) selama 5 menit terjadi di lepas pantai Pasifik Tōhoku berkekuatan 9,0–9,1 (Mw) dengan pusat gempa sekitar 70 kilometer (43 mil) timur Semenanjung Oshika Tōhoku dan pusat hiposentrum di kedalaman bawah laut sekitar 24,4 km (15,2 mi). Gempa utama didahului oleh serangkaian gempa awal dengan kekuatan 7,2 Mw pada 9 Maret yang terletak 40 kilometer (25 mi) dari zona gempa 11 Maret, dan diikuti oleh tiga gempa lainnya pada hari yang sama di atas 6 Mw. Satu menit sebelum gempa [15]. Gempa susulan sebesar 7,0 terjadi pukul 15:06 waktu setempat, M7,4 pukul 15:15 waktu setempat dan M7,2 pukul 15:26 waktu setempat. Lebih dari seratus gempa susulan berkekuatan 4,5 atau lebih besar terjadi sejak gempa pertama [16]. Adanya jejak gempa sebelum gempa bumi utama pukul 05.46 UT terdeteksi dari pengamatan TEC ionosfer dengan periode sekitar 4 menit seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

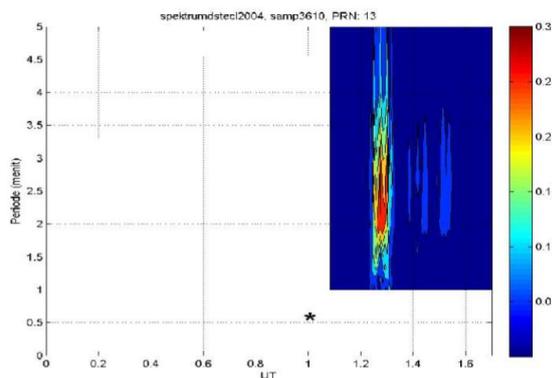


**Gambar 4.** Hasil olah data TEC pada hari kejadian gempa bumi Tohoku, Jepang tanggal 11 Maret 2011. Gelombang ionosfer infrasonik muncul sekitar 24 menit setelah gempa bumi.

Dari Gambar 4 di atas, tampak bahwa terdeteksi gelombang akibat gempa bumi

sebelum gempa utama Tohoku, Jepang tanggal 11 Maret 2011 pukul 05.46 UT (episentrum 38°19'19" N; 142°22'08" E). Gelombang ionosfer infrasonik muncul sekitar 15 menit setelah gempa bumi, yang dapat dideteksi menggunakan data TEC dari stasiun Aira (29° 49' N; 136° 06' E atau sekitar 1000 km dari episentrum gempabumi) seperti dapat dilihat pada Gambar 4 tersebut. Gempa bumi ini juga memicu gelombang tsunami.

Gempa Bumi Yogyakarta Mei 2006 adalah peristiwa gempa Bumi tektonik kuat yang mengguncang Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah pada Sabtu pagi, 27 Mei 2006 kurang lebih pukul 05:55:03 WIB selama 57 detik. Gempa Bumi tersebut berkekuatan 5,9 pada skala Richter. BMKG menentukan pusat gempa berada di 8.03 LS dan 110,32 pada kedalaman 11,3 Km dan kekuatan 5.9 SR Mb (Magnitude Body) atau setara 6.3 SR Mw (Magnitude Moment). Walaupun pusat gempa terjadi di laut, namun tidak menimbulkan tsunami. Sayangnya kejadian gempabumi Yogyakarta tidak terdeteksi melalui data TEC karena tidak ditemukannya data bisa diolah dan diduga amplitude gempanya relatif kecil.



**Gambar 5.** Gelombang ionosfer infrasonik muncul sekitar 13 menit setelah gempa bumi Aceh, 26 Desember 2004 pukul 00:59 UT.

Gempa bumi Samudra Hindia 2004 terjadi pada pukul 08:58:53 UTC tanggal 26 Desember; episentrumnya terletak di lepas pantai barat Sumatra, Indonesia. Guncangan gempa tersebut berskala 9,1–9,3 [15]. Gempa ini memicu gelombang tsunami. Efek gempa

ke ionosfer berupa gelombang ionosfer infrasonik terdeteksi muncul 13 menit setelahnya menggunakan data TEC.

## KESIMPULAN

Efek gempa bumi pada ionosfer telah dapat terdeteksi dengan menggunakan data GNSS. Efek tersebut teramati melalui gelombang ionosfer infrasonik yang muncul sekitar 13 menit - 15 menit setelah gempa bumi. Gempa bumi dengan amplitude besar, berpotensi besar memicu gelombang tsunami.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Dr. Buldan Muslim, M.Si sebagai ketua Insinas 2019 untuk akomodasi untuk mengambil bagian dalam SNF UNRI 2019 dan Kepala Pusat Sains Antariksa-LAPAN, yang telah memberikan izin untuk menghadiri seminar ini. Terima kasih juga kepada BIG dan Kyushu University karena telah mengizinkan untuk menggunakan data TEC

## REFERENSI

1. Saputra, F. A. & Cahyadi, M. N. (2017). Analisis Perubahan Ionosfer Akibat Gempa Bumi Sumatera Barat Tanggal 2 Maret 2016. *Jurnal Teknik ITS*, **6**(2), F318-F323.
2. Lognonne, P., Artru, J., Garcia, R., Crespon, F., Ducic, V., Jeansou, E., Occhipinti, G., Helbert, J., Moreaux, G., & Godet, P. E. (2006). Ground based GPS imaging of ionospheric post-seismic signal. *Planetary and Space Science*, **54**, 528-540.
3. Sunardi, B., Muslim, B., Sakya, A. E., Rohadi, S., Sulastri, & Murjaya, J. (2018). Ionospheric earthquake effects detection based on Total Electron Content (TEC) GPS correlation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* (2018) 012014, doi: 10.1088/1755-1315/132/1/012014.

4. Kamogawa, M. (2006). Preseismic lithosphere atmosphere ionosphere coupling. *EOS Trans. Am. Geophys Union*, **87**(40), 417-242.
5. Matsumara, M., Saito, A., Iyemori, T., Shinagawa, H., Tsugawa, T., Otsuka, Y., Nishioka, M., & Chen, C. H. (2011). Numerical simulations of atmospheric wave excited by the 2011 of the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth Planets Space*, **63**(7), 885-889.
6. Lognonne, P., Clevede, E., & Kanamori, H. (1998). Computation of seismograms and atmospheric oscillations by normal-mode summation for a spherical earth model with realistic atmosphere. *Geophys J. Int.*, **135**(2), 338-406.
7. Tsugawa, T., Saito, A., Otsuka, Y., Nishioka, M., Maruyama, T., Kato, H., Nagatsuma, T., & Murata, K. T. (2011). Ionospheric disturbances detected by GPS total electron content observation after the 2011 of the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth Planets Space*, **63**(7), 875-879.
8. Jin, S., Occhipinti, G., & Jin, R. (2015). GNSS ionospheric seismology: Recent observation evidences and characteristics. *Earth-Science Reviews*, **147**, 54-64.
9. Brunini, C. & Azpilicueta, F. J. (2009). Accuracy assessment of the GPS-based slant total electron content. *J. Geodesy*, **83**(8), 773-785.
10. Muslim, B., Sunardi, B., Aldrian, E., & Prayogo, A. S. (2014). *Pengembangan Sistem Monitoring Gelombang Ionosfer Terkait Gempa Bumi Menggunakan Data GPS (GPSIonquake)*. Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa – LAPAN, Bandung, 25 November 2014.
11. Jin, R., Jin, S. G., & Feng, G. P. (2012). *M-DCB: Matlab code for estimating GNSS satellite and receiver differential code biases*. *GPS Solutions*, **16**(4), 541-548.
12. UpSEIS. (2006). *What Is Seismology?* Diakses pada 20 Juli 2019 URL: <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html>.
13. WDC geomagnetic. (2019). *Geomagnetic data service*. WDC Kyoto University, Kyoto-Japan. Diakses pada 19 Februari 2019, URL: <http://wdc.kugi.kyotou.ac.jp/wdc/Sec3.html>.



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

## ANALISIS PENGARUH JARAK LAUT TERHADAP SUMUR GALI DESA JANGKANG KABUPATEN BENGKALIS

Nurul Izati\*, Riad Syech

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [nurulizati2112@gmail.com](mailto:nurulizati2112@gmail.com)

### ABSTRACT

*This study aims to determine how much the pollution level of wells digging to the distance of wells from the coast by analyzing the values of conductivity, salinity, pH and heavy metals such as Lead(Pb), Iron(Fe) and Manganese(Mn). The method used was purposive sampling with number of sample are 10 sample points with variation distance  $\pm 100$ m. Conductivity measurements were carried out in two ways, namely using a conductivity meter and Wheatstone bridge. The measurement results using a conductivity meter indicate that the average conductivity value of a well water sample is 125.50-80.04  $\mu$ S/cm while the comparison using the Wheatstone bridge method has an error percentage value of 6.2%. Measurement of salinity values ranged from 0.112 - 0.093 ‰ which is classified as fresh water. The measurement of pH values shows indications of pollution, due to water classified as acid with a pH value ranging from 3.1 - 4.1. The measurement of the value of Lead(Pb), Iron(Fe) and Manganese(Mn) does not indicate water pollution due to heavy metals with an average concentration of Lead(Pb) -0.0125 mg/l, Iron(Fe) 0.3697 mg/l and Manganese(Mn) 0.0391 mg/l. Comparison of the salinity and conductivity values to the well distance from the coast does not show relation that correlates with seawater intrusion in Mekar Indah Hamlet.*

**Keywords:** Seawater intrusion, Conductivity, Salinity, Heavy metals, Wheatstone bridge

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran air sumur gali dengan menganalisis nilai konduktivitas, salinitas, pH dan logam berat Timbal(Pb), Besi(Fe) dan Mangan(Mn). Metode yang digunakan adalah purposive sampling dengan jumlah sampel sebanyak 10 titik sampel serta variasi jarak  $\pm 100$  m. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan alat konduktivimeter dan jembatan Wheatstone. Hasil penelitian menggunakan konduktivimeter menunjukkan bahwa nilai rata-rata konduktivitas sampel air sumur dalam rentang 125,50-80,04  $\mu$ S/cm sedangkan perbandingan menggunakan metode jembatan Wheatstone memiliki nilai persentase kesalahannya sebesar 6,2%. Pengukuran nilai salinitas berkisar 0,112-0,093‰ sedangkan pengukuran nilai pH menunjukkan indikasi pencemaran, akibat air yang tergolong asam dengan nilai pH berkisar 3,1-4,1. Pengukuran nilai logam berat Timbal(Pb), Besi(Fe) dan Mangan(Mn) tidak menunjukkan adanya pencemaran air sumur dengan konsentrasi rata-rata setiap logam Timbal(Pb) -0,0125 mg/l, Besi(Fe) 0,3697 mg/l dan Mangan(Mn) 0,0391 mg/l. perbandingan nilai salinitas dan konduktivitas terhadap klasifikasi air tanah tidak menunjukkan intrusi air laut, karena setiap semua sampel air sumur tergolong air tawar.*

**Kata kunci:** Intrusi air laut, Konduktivitas, Salinitas, Logam berat, Jembatan Wheatstone

*Diterima 19-07-2019 | Disetujui 15-01-2020 | Dipublikasi 31-03-2020*

### PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama manusia dan makhluk hidup lainnya. Kebutuhan manusia akan air adalah sebagai kebutuhan memasak, mencuci, mandi, minum, perikanan,

perternakan, dan untuk transportasi baik sungai maupun laut. Jumlah penduduk yang meningkat mengakibatkan kebutuhan akan air bersih juga meningkat.

Daerah-daerah yang belum mendapatkan pelayanan air bersih, penduduk biasanya

menggunakan air sumur galian, air sungai yang kadang-kadang sering kali digunakan kurang memenuhi standar air minum yang sehat, bahkan untuk daerah yang sangat buruk kualitas air tanah maupun air sungainya, penduduk hanya menggunakan air hujan untuk memenuhi kebutuhan akan air minum. Terutama penduduk yang tinggal di lahan bergambut [1]. Lahan gambut terluas di Sumatra adalah Riau dengan luas 5,09 hektar. Kabupaten Bengkalis Kecamatan Bantan terutama Desa Jangkang merupakan salah satu wilayah lahan bergambut.

Gambut sendiri didefinisikan sebagai material organik yang terbentuk dari dekomposisi tidak sempurna dari tumbuhan daerah basah dan dalam kondisi sangat lembab serta kekurangan oksigen. Air gambut mempunyai komposisi Fe dan Mn yang cukup tinggi yang diindikasikan dengan warna air gambut yang merah dan kecokelatan [2].

Eksplorasi air tanah berlebihan mengarah ke intrusi air laut. Intrusi air laut merupakan permasalahan air tanah di daerah pantai, karena berakibat langsung pada mutu air tanah. Intrusi air laut dapat di ketahui dengan cara pengukur konduktivitas dan salinitas [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai analisis resapan air laut ke sumur gali Dusun Mekar Indah yang berada di pesisir pantai Desa Jangkang Kabupaten Bengkalis.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode Jembatan Wheatstone dan alat konduktivimeter untuk pengukuran konduktivitas. Hasil pengukuran menggunakan Jembatan Wheatstone akan di bandingkan dengan pengukuran menggunakan konduktivimeter. Parameter lain yang akan di ukur adalah salinitas, pH dan logam berat Timbal(Pb), Besi(Fe) dan Mangan(Mn) sebagai acuan dalam menentukan kelayakan suatu air yang dapat di gunakan untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat Dusun Mekar Indah.

## TINJAUAN PUSTAKA

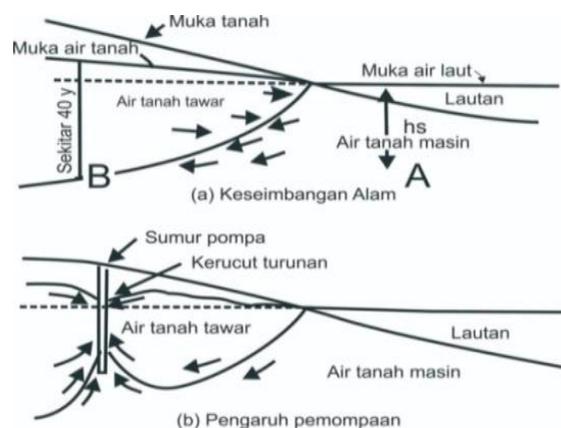
### Tanah Gambut

Gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan seperti kayu, daun dan ranting setengah membusuk. Pembentukan tanah gambut dari sisa tanaman purba yang berlapis-lapis hingga mencapai kedalaman >30 cm. proses penimbunan bahan sisa tanaman ini merupakan proses geogenik yang berlangsung dalam waktu yang sangat lama [4]. Air gambut adalah air permukaan yang banyak terdapat di daerah berawa maupun dataran rendah pada tanah gambut terutama di Sumatera dan Kalimantan, yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut [5]:

1. Intensitas warna yang tinggi (berwarna merah kecokelatan).
2. pH yang rendah.
3. Kandungan zat organik yang tinggi.
4. Kekeuhan dan kandungan partikel tersuspensi yang rendah.
5. Kandungan kation yang rendah.

### Intrusi Air Laut

Skema kejadian intrusi air perairan ditunjukkan oleh Gambar 1 di bawah ini :



**Gambar 1.** Keterkaitan air tanah serta laut pada dalam batas pesisir [7].

Intrusi atau pemasukan air perairan pada akuifer di lapisan tanah umumnya merupakan kejadian terjebaknya air permukaan bawah yang netral dari air perairan pada akuifer di tempat pesisir daratan. Jika kesetimbangan

hidrostatik yang terjadi pada air permukaan bawah netral dan garam di suatu pesisir daratan terusik, sehingga membuat terjadinya peroses dan timbullah intrusi air laut [6]. Faktor-faktor penting kejadian penerusan air laut seperti di bawah ini :

1. Akuifer berkaitan terhadap air perairan.
2. pengurangan batasan air relatif besar.

Zona akifer air tanah bebas terletak di dekat permukaan air laut, dimana air air tanah tawar terletak di bagian atas air laut. Berat jenis yang berbeda antara air tawar dengan air laut yaitu air laut dengan berat jenis  $1025 \text{ kg/m}^3$  mengalir ke darat dibagian bawah, sedangkan air tawar dengan rapat masa  $1000 \text{ kg/m}^3$  mengalir dari darat ke laut di bagian zona percampuran. Karena tinggi tekanan piezometrik air tanah lebih besar dari pada muka air laut, desakan tersebut dapat di netralisasi. Sehingga, terjadinya keseimbangan antara air laut dan air tanah [7].

### Salinitas

Salinitas merupakan kepadatan kandungan jumlah ion garam berada pada perairan laut [8]. Pengelompokan air bawah permukaan menurut salinitas berkaitan terhadap intrusi air perairan seperti yang ditampilkan Tabel 1.

**Tabel 1.** Pengelompokan air permukaan bawah menurut salinitas [9].

No	Salinitas (%)	Jenis Air
1	< 0.5	Tawar
2	0.5 – 30	Payau
3	30 – 40	Asinn
4	>40	Sangat Asin

### Konduktivitas Listrik

**Tabel 2.** Nilai Konduktivitas Air [10].

Sifat Air	Konduktivitas ( $\mu\text{S/cm}$ )
Air tawar	<1.500
Air agak payau	1.500-5.000
Air payau	5.000-15.000
Air asin	15.000-50.000
Brine (connate)	>50.000

Konduktivitas listrik air adalah sifat menghantarkan listrik dalam air. Konduktivitas atau lebih di kenal dengan sebutan daya hantar listrik (DHL) adalah suatu besaran yang menunjukkan banyaknya ion-ion terlarut dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik.

### METODE

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan dan persiapan sampel. Persiapan sampel dilakukan dengan mengumuplan botol air mineral sebanyak 20 buah. Pengambilan sampel dilakukan pada jam 13.00 wib sampai dengan selesai. Satu titik sampel di ambil sebanyak dua botol, sampel dibawa ke dinas PU sebanyak 10 sampel untuk di lakukan uji kandungan logam berat dan konduktivitas menggunakan konduktivimeter. 10 sampel lainnya dibawa ke laboratorium Fisika Bumi dan Fisika dasar untuk uji pH, salinitas dan konduktivitas menggunakan metode jembatan Wheatstone.

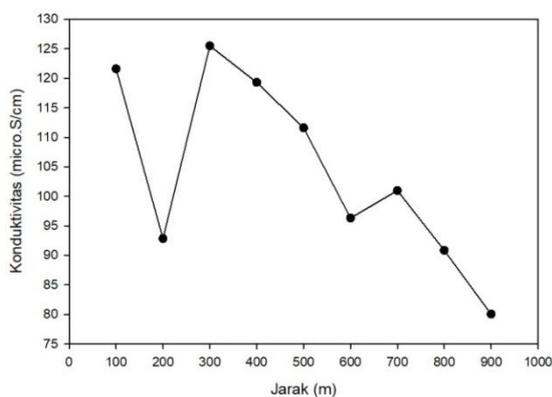
Penentuan tempat pemasangan contoh objek digunakan teknik *purposive sampling* dan pertimbangan lokasi perkiraan terdeteksi insutri air perairan. Dusun yang terpilih adalah Dusun Mekar Indah RT 09/ RW 05 Desa Jangkang. Jarak titik sampling dari bibir pantai adalah  $\pm 100 \text{ m}$  dan jarak antara sampel satu ke sampel yang lain adalah  $\pm 100 \text{ m}$ . Pengambilan sampel dilakukan saat air laut sedang pasang. Jumlah titik sampling sebanyak 10 titik yaitu 9 sampel air sumur gali dan 1 sampel air laut. Pola pengambilan sampel secara vertikal.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran konduktiviti, salinitas, pH dan logam berat untuk menentukan tingkat pencemaran air sumur gali Dusun Mekar Indah Desa Jangkang dilihat dalam bentuk tabel dan grafik. Nilai konduktivitas, pH dan salinitas akan di klasifikasikan berdasarkan sifat air tersebut, kemudian data tersebut dibuat dalam grafik yang hubungan terhadap jarak.

## Pengukuran Konduktivitas Menggunakan Konduktivimeter

Gambar 2 menunjukkan nilai konduktivitas air sumur terhadap jarak sumur. Nilai konduktivitas yang berada di dekat laut pada jarak 100 m berangsur turun sampai ke jarak 900 m. Kenaikan nilai konduktivitas terdapat di beberapa titik sampel yang jauh dari laut yaitu pada jarak 300 m dan 700 m. Nilai konduktivitas terhadap jarak tidak berlaku di Dusun Mekar Indah. Faktor jarak dari tepi laut tidak mempunyai kaitan dengan korelasi pada kejadian intrusi air perairan.



**Gambar 2.** Grafik nilai konduktivitas listrik terhadap jarak.

Perbedaan nilai konduktivitas sampel air bisa diakibatkan dari tipe bentuk lapisan tanah yang ada. Bentuk lapisan tanah sejenis belum pasti mempunyai tahanan jenis yang sama. Tahanan jenis yang berbeda menghasilkan nilai konduktivitas bervariasi terhadap jarak dari tepi laut. Beberapa faktor lain yang mempengaruhi nilai konduktivitas adalah kandungan litologi, keadaan batuan, kandungan mineral, komposisi objek cair dan sebab eksternal sebagainya [11].

## Pengukuran Nilai Konduktivitas Menggunakan Konduktivimeter.

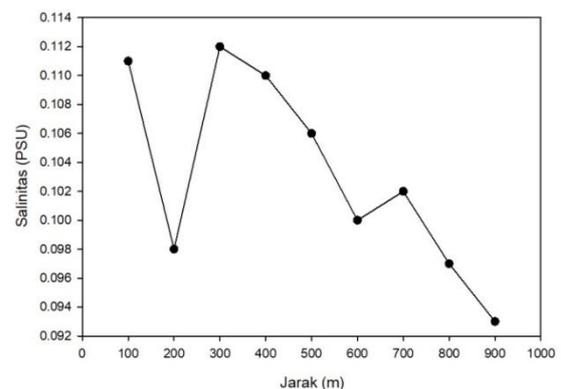
Metode jembatan Wheatstone dapat menentukan nilai konduktivitas suatu sampel air dengan memodifikasi rangkaian. Hasil perhitungan nilai konduktivitas menggunakan jembatan Wheatstone.

Nilai konduktivitas dari pengukuran menggunakan jembatan Wheatstone tertinggi terletak pada sampel AS 3 sebesar 116,28  $\mu\text{S/cm}$  memiliki selisih nilai 9,22  $\mu\text{S/cm}$  dengan nilai konduktivitas menggunakan konduktivimeter. Nilai yang sangat rendah terletak pada sampel AS 9 sebesar 75,13  $\mu\text{S/cm}$  dengan selisih 4,91  $\mu\text{S/cm}$ . Rata-rata nilai persentase kesalahan adalah 6,2% yang tergolong kecil dari batas maksimum yaitu 10%. Metode ini dapat digunakan untuk pengukuran nilai konduktivitas dengan tingkat ketelitian yang tinggi,

**Tabel 3.** Hasil pengukuran nilai konduktivitas menggunakan metode Jembatan Wheatstone.

Sampel	Konduktivitas		Persentase Kesalahan(%)
	Konduktivimeter ( $\mu\text{S/cm}$ )	Jembatan Wheatstone ( $\mu\text{S/cm}$ )	
AS 1	121,60	113,32	6,80
AS 2	92,85	90,15	2,90
AS 3	125,50	116,28	7,34
AS 4	119,30	111,58	6,47
AS 5	111,60	117,70	5,46
AS 6	96,32	86,78	9,90
AS 7	101,00	104,58	3,54
AS 8	90,85	84,88	6,57
AS 9	80,04	75,13	6,13

## Salinitas



**Gambar 3.** Grafik nilai salinitas terhadap jarak

Gambar 3 menunjukkan pengaruh intrusi air laut terhadap jarak sumur menurut harga salinitas sampel yang diambil. Pola grafik harga konduktivitas serta salinitas menunjukkan trend yang sama, dimana sampel AS 2 pada

jarak 200m mengalami penurunan nilai salinitas. Nilai AS 3 naik lebih tinggi dari pada AS 1 dan terus turun sampai ke AS 6. Sampel AS 7 mengalami kenaikan nilai salinitas menjadi 0,102‰ dan turun pada AS8 sampai AS 9.

Nilai salinitas air sumur tidak hanya di pengaruhi oleh jarak maka dari itu ada beberapa titik sampel yang mengalami kenaikan nilai salinitas. Faktor lain yang mempengaruhi nilai salinitas adalah kedalaman sumur, semakin dalam penggalian sumur maka pengaruh intrusi semakin besar. Kedalaman sumur gali tergantung lapisan tanah dan ketinggian dari permukaan air laut.

### Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH menggunakan pH meter bertujuan untuk menunjukkan kemampuan air mengikat atau melepaskan ion hidrogen. Tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen akan menunjukkan sifat dari air tersebut.

**Tabel 4.** Hasil pengukuran nilai pH air laut dan air sumur.

Sampel	pH	Sifat Air
AL	7,3	Basa
AS 1	3,7	Asam
AS 2	3,9	Asam
AS 3	3,5	Asam
AS 4	3,3	Asam
AS 5	3,2	Asam
AS 6	3,3	Asam
AS 7	3,1	Asam
AS 8	4,1	Asam
AS 9	3,4	Asam

Hasil pengukuran nilai pH pada Tabel 2 di Dusun Mekar Indah menunjukkan pH air sumur bersifat asam. Struktur tanah Dusun Mekar Indah yang gambut mengandung banyak zat organik seperti daun, ranting atau kayu membentuk asam humus. pH air dari tanah gambut berkisar 3,0- 4,5 menunjukkan data hasil penelitian sesuai dengan teori yang ada. Air tanah gambut cenderung memiliki

nilai kemasaman yang tinggi jika gambut semakin tebal [4].

Faktor yang secara tidak langsung dapat mempengaruhi pH seperti suhu, salinitas, curah hujan, perubahan musim, kondisi gas-gas dalam air seperti CO<sub>2</sub> dan dekomposisi bahan organik di dasar perairan [12].

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air, batas baku mutu pH yang diizinkan adalah 6,5-8,5. Air sumur Dusun Mekar Indah Desa Jangkang dikategorikan tidak layak untuk di konsumsi secara langsung.

### Logam berat Timbal (Pb), Besi (Fe) dan Mangan(Mn)

Pengukuran kandungan logam berat menggunakan spektrofotometer serapan atom (ASS) bertujuan untuk mengetahui kandungan logam yang terdapat pada air. Hasil pengukuran akan di bandingkan dengan standar mutu air layak konsumsi.

**Tabel 5.** Hasil pengukuran logam berat air sumur dan air laut.

Sampel	Pb(mg/l)	Fe(mg/l)	Mn(mg/l)
AL	0,1501	0,3638	0,0253
AS 1	0,0125	0,0749	0,0175
AS 2	0,0250	0,1046	0,0271
AS 3	0,0438	0,1534	0,0205
AS 4	0,0625	0,0975	0,0175
AS 5	0,0750	0,0975	0,0259
AS 6	0,0876	0,3697	0,0391
AS7	0,1001	0,1367	0,0397
AS 8	0,1251	0,2520	0,0361
AS 9	0,1313	0,0856	0,0229
Rata-rata	0,0813	0,1736	0,0272

Nilai logam Timbal (Pb) pada sumur gali Dusun Mekar Indah menunjukkan tanda minus (-). Ardiansyah telah melakukan penelitian analisis kandungan logam berat pada air sungai batang kumu dan memperoleh hasil nilai Timbal (Pb) bertanda minus (-) yang berarti tidak adanya kandungan logam berat Timbal (Pb) pada air tersebut. Sampel air sumur yang

tidak tercemar Timbal (Pb) dikarenakan tidak adanya faktor pencemaran itu sendiri, seperti limbah pabrik atau limbah dari rumah tangga yang mengandung Timbal (Pb) [13].

Konsentrasi logam Besi (Fe) di dusun Mekar Indah menunjukkan nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan logam Timbal (Pb) dan Mangan (Mn). Kondisi ini dapat disebabkan oleh limbah domestik dari masyarakat itu sendiri. Penggunaan peralatan rumah tangga yang mengandung logam Besi (Fe). Namun, rata-rata nilai logam Besi (Fe) dusun Mekar Indah masih tidak melewati ambang batas mutu logam berat besi (Fe) yaitu sebesar 0,3 mg/l.

Konsentrasi logam Mangan (Mn) juga menunjukkan nilai yang sangat rendah, sehingga tidak melewati ambang baku mutu logam berat Mangan (Mn) sebesar 0,1 mg/l. Nilai konsentrasi logam Mangan (Mn) tertinggi terletak pada sampel AS 7 sebesar 0,0397 mg/l. Nilai konsentrasi logam Mangan (Mn) paling rendah terletak pada sampel AS 1 dan AS 4 sebesar 0,0175 mg/l.

Dusun mekar indah desa Jangkang yang tidak memiliki pabrik di dekat pemukiman warga menjadikan air di Dusun ini tidak tercemar oleh logam berat. Hasil penelitian kualitas air sumur galian yang menampilkan harga atau tingkat yang beragam dari tiap-tiap jarak. Pembuatan sumur yang bagus dan rentang yang tidak jauh dengan penghasil limbah bukan saja membuat sebab dipengaruhi tingkat logam pada air sumur gali, namun tipe tanah dengan porositas yang baik dapat menfilterisasi air terhadap berbagai kandungan logam [14].

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh jarak terhadap intrusi air laut yang ditunjukkan dengan nilai konduktivitas dan salinitas yang bervariasi setiap jarak. Nilai konduktivitas yang berkisar 125,50-80,04 $\mu$ s/cm dan nilai salinitas yang berkisar 0,112-0,093‰ menunjukkan sampel air sumur tergolong tawa

serta rata-rata nilai logam berat Timbal(Pb) - 0,0813mg/l, Besi(Fe) 0,1736mg/l dan Mangan(Mg) 0,0272mg/l dengan nilai dibawah standar baku mutu logam yang diperbolehkan maka tidak terjadi pencemaran air sumur di Dusun Mekar Indah. Pencemaran terindikasi pada parameter pH dengan nilai pH berkisar 3,1-4,1 yang tergolong asam kuat.

## REFERENSI

1. Yusnimar, A., Yelmida, Yenie, E., Edward, H. S., & Drastinawati. (2010). Pengolahan Air Gambut dengan Bentonit. *Jurnal Sains dan Teknologi*, **9**(2), 77-81.
2. Rustanti, E. I. & Wahyono, H. (2009). *Kajian Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih dengan Kombinasi Proses Upflow Anaerobic Filter dan Slow Sand Filter*. Tesis Program Magister Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Irham, M., Achmad, R. T., & Widodo, S. (2006). Pemetaan Sebaran Air Tanah Asin Pada Auifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah. *Berkala Fisika*, **9**, 137-143.
4. Noor, M. (2001). *Pertanian Lahan Gambut Potensi dan Kendala*. Yogyakarta: Kanisius.
5. Sondang, M. N. & Bagus, M. (2015). Pengelolaan Sumber Daya Air pada Lahan Gambut yang Berkelanjutan. *Annual Civil Engineering Seminar, Pusat Srudi Infrastruktur 21 November 2015, Pekanbaru, Riau*.
6. Hendrayana, H. (2002). *Intrusi Air Asin ke dalam Akuifer di Daratan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
7. Linsley & Ray, K. J. (1989). *Hidrologi untuk Insinyur Edisi ketiga*. Jakarta: Erlangga.
8. Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius
9. Bouwer, H. (2001). *Groundwater Hydrology, McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental*

- Engineering*. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha.
10. Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin Jakarta (PAHIAA-Jakarta). (1986). *Klasifikasi Keasinan Perairan*. Diakses pada 19 Oktober 2019, URL: [http://lingkungan.ft.unand.ac.id/images/fileTL/SNSTL\\_II/OP\\_027.pdf](http://lingkungan.ft.unand.ac.id/images/fileTL/SNSTL_II/OP_027.pdf).
  11. Nurrohim, A., Tjaturahono, B. S., & Setyaningsih. W. (2012). Kajian Intrusi Air Laut di Kawasan Pesisir Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang. *Geo Image*, **1**, 22-27.
  12. Suciaty, F. (2011). *Studi Siklus Karbon di Permukaan Laut Perairan Indonesia*, Tesis Magister Sains Kebumihan, Institut Teknologi Bandung.
  13. Ardiansyah, A. (2017). *Analisis Kandungan Logam Berat Pada Air Batang Kumu Disekitar Perumahan Penduduk dan Kawasan Pt. Hutahaean Rokan Hulu Berdasarkan Nilai Resistivitas*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau.
  14. Putra, B. (2010). *Analisis Kualitas Fisika, Bakteriologis dan Kimia Air Sumur Gali Serta Gambaran keadaan Konstruksi Sumur Gali di Desa Patumbak Kabupaten Deli Serdang*. Skripsi Jurusan Kesehatam Masyarakat FKM, Universitas Sumatra Utara.



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

## **PENENTUAN SIFAT MAGNETIK DAN MORFOLOGI PARTIKEL MAGNETIK PASIR BESI PANTAI ARTA PARIAMAN SUMATERA BARAT**

**Ayu Wulandhari\*, Erwin**

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [awulandhari80@gmail.com](mailto:awulandhari80@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*Magnetic properties and particle size of iron sand of Arta Beach Pariaman of West Sumatera have been studied. Magnetic and non-magnetic particles of iron sand were separated using the Iron Sand Separator (ISS) before advanced processed by Ball Milling which was based on variaties of time such as 30 hours, 60 hours, and 90 hours. Then Ball Milling process was continued for another 30 hours on the sample of 90 hours milled using smaller size of balls that was 0,6 cm in diameter. Magnetic and non- magnetic particles were separated using Neodymium Iron Boron (NdFeB) magnet. Magnetic properties such as magnetic susceptibility and mass susceptibility were determined using a PS-2162 Pasco Magnetic Probe based on a solenoid wind with 2000 turns, length of 10 cm, and diameter 3 cm. The composition of the iron sand was identified using X-Ray Fluoorescence (XRF). The shape and the size of magnetic particles were determined by Scanning Electron Microscope (SEM). The results of this research showed that the particles size obtained were 935 nm for 90 hours Ball Milling time and sizes in the range of 519 nm for Ball Milling time 120 hours / 90 hours + 30 hours. The iron sand particles have irregularized shape for each time a Ball Milling. The content of samples especially, magnetic particle (Fe) before and after being processed by Ball Milling for 120 hours are 6.118% and 67.746%. Mass susceptibility increased from  $27955,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  to  $31478,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  for milling time of 90 hours and 120 hours. These values are in the Ilminite mineral interval  $(46-80000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ .*

**Keywords:** Iron sand, Scanning Electron Microscope (SEM), Ball milling, Iron sand separator, X-ray fluorescence

### **ABSTRAK**

*Telah dilakukan penelitian tentang sifat magnetik dan ukuran partikel dari pasir besi pantai Arta Pariaman Sumatera Barat menggunakan metode Ball Milling. Sampel pasir besi dipisahkan menggunakan Iron Sand Separator (ISS) sebelum dilakukannya proses penghancuran menggunakan Ball Milling dengan variasi waktu 30 jam, 60 jam, dan 90 jam, kemudian dilakukan Ball Milling lanjutan selama 30 jam pada sampel hasil Ball Milling 90 jam dengan ukuran bola yang diperkecil sebesar 0,6 cm. Untuk pemisahan antara partikel magnetik dan non-magnetik pada hasil Ball Milling menggunakan magnet batang Niodinium Iron Boron (NdFeB). Sifat magnetik seperti suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa dapat diketahui dengan menggunakan sensor Pasco Magnetic Probe PS-2162 dengan kumparan solenoid 2000 lilitan, panjang 10 cm, dan diameter 3 cm, sedangkan komposisi dari pasir besi menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Ukuran dan bentuk partikel magnetik ditentukan dengan Scanning Electtron Microscope (SEM). Dari penelitian ini hasil ukuran partikel yang didapat sebesar 935 nm untuk waktu Ball Milling 90 jam dan ukuran dalam rentang sebesar 519 nm untuk waktu Ball Milling 120 jam/90 jam + 30 jam, Bentuk partikel pasir besi hampir bulat untuk masing-masing waktu Ball Milling. Kandungan pasir besi sebelum dan sesudah di Ball Milling selama 120 jam yaitu 6,118% dan 67,746%. Suseptibilitas massa meningkat dari  $27955,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  menjadi  $31478,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ . Nilai ini berada dalam interval mineral Ilminite  $(46-80000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ .*

**Kata kunci:** Pasir besi, Scanning Electron Microscope (SEM), Ball milling, Iron sand separator, X-ray fluorescence

Diterima 22-07-2019 | Disetujui 15-01-2019 | Dipublikasi 31-03-2020

## PENDAHULUAN

Besi merupakan logam kedua yang paling banyak di bumi dan terdapat dalam bentuk endapan. Endapan besi yang terdapat dalam batuan sedimen berupa pasir dikenal sebagai pasir besi. Pantai barat pulau Sumatera khususnya Pantai Pariaman (Pantai Arta) memiliki pasir besi yang jumlahnya melimpah yang menjadi daya tarik secara ekonomi untuk dikembangkan menjadi produk yang lebih bernilai dan berdaya guna [1]. Pasir besi yang telah dipisahkan dari material non magnetik banyak digunakan sebagai bahan dalam pabrik baja, bahan peleburan besi dan juga campuran semen. Pasir besi ini memiliki ciri-ciri warna kehitaman dan banyak ditemukan di berbagai pantai, sungai, dan pegunungan [2]. Pasir besi mengandung partikel magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), dan maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) yang mempunyai potensi besar dalam pengembangan industri [3].

Salah satu kajian dari pasir besi adalah sifat nanopartikel magnetik tentang karakteristik magnetiknya terhadap medan magnet luar. Nanopartikel magnetik merupakan kelas dari partikular material rekayasa yang ukurannya  $<100$  nm yang dapat dimanipulasi dibawah pengaruh medan magnet eksternal. Nanopartikel magnetik umumnya terdiri dari unsur-unsur magnetik, seperti besi, nikel, dan oksida [4]. Partikel pasir besi dalam ukuran nanometer memiliki sifat yang unik yang disebut superparamagnetik. Partikel superparamagnetik memiliki nilai koersivitas yang kecil dan memiliki nilai momen magnetik yang besar [5]. Sifat magnetik dari nanopartikel dapat di modifikasi yang aplikasinya sangat luas seperti media penyimpan data [6], sensor magnetik [7], bidang bioengineering yaitu untuk pengiriman obat ke sasaran terapi tumor [8], serta sebagai material penjernihan air [9].

Metode untuk mensintesis nanopartikel magnetik diantaranya yaitu ada metode kimia, fisika, dan biologi. Khususnya untuk metode fisika dilakukan dengan metode *ball milling*, dimana terjadinya tumbukan antara pasir besi

dan bola-bola di dalam *ball milling* sehingga menyebabkan pasir besi pecah menjadi bagian yang sangat kecil mencapai ukuran mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) hingga nanometer (nm). Penggilingan ini bertujuan untuk memperoleh partikel bahan magnet yang memiliki domain magnetik tunggal sebelum diolah lebih lanjut menjadi barang komoditi [10].

Penelitian ini akan mengidentifikasi sifat magnetik serta melihat ukuran dan bentuk partikel pasir besi yang berasal dari Pantai Arta, Pariaman, Sumatera Barat.

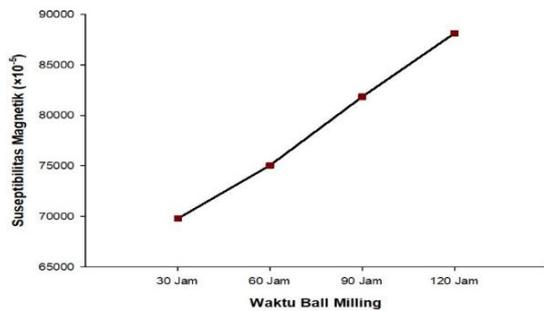
## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa karakterisasi terhadap pasir besi Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat yang sudah dipisahkan menggunakan Iron Sand Separator (ISS) dan melalui proses penghancuran menggunakan Ball Milling. Sampel pasir besi yang digunakan merupakan proses Ball Milling ada 2 tahap yaitu tahap 1 (konsentrat 1) dengan waktu penggilingan 30 jam, 60 jam, dan 90 jam dengan ukuran bola penumbuk 1,6 cm kemudian Ball Milling tahap 2 (konsentrat 2) yang dilakukan pada sampel 90 jam selama 30 jam dengan ukuran bola diperkecil menjadi 0,6 cm. Serbuk hasil penggilingan Ball Milling akan dikarakterisasi menggunakan alat Scanning Electron Microscope (SEM) untuk melihat bentuk dan ukuran pada pasir besi dan alat X-Ray Fluorescence (XRF) untuk mengetahui kandungan pada pasir besi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Suseptibilitas Magnetik

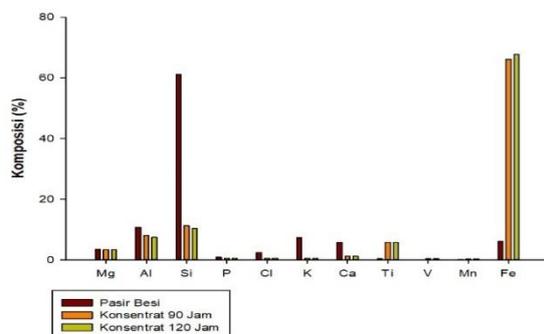
Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik untuk sampel yang telah melalui proses *Ball Milling* berada dalam interval sebesar  $69785,6 \times 10^{-5} - 88139,8 \times 10^{-5}$ . Nilai suseptibilitas dari konsentrat 1 dan konsentrat 2 secara keseluruhan termasuk *ilmenite* ( $\text{FeTiO}_3$ ; anti-ferromagnetik) dalam interval  $200-380.000 \times 10^{-5}$  [11].



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara nilai suseptibilitas magnetik setelah proses *Ball Milling* 8 A.

### Hasil Uji X-Ray Fluorescence (XRF)

Identifikasi komposisi dari pasir besi dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) hasil ini ditampilkan pada Gambar 2. Identifikasi ini bertujuan untuk menentukan elemen-elemen yang terkandung pada sampel dan konsentrat, berikut adalah hasil identifikasi dari *X-Ray Fluorescence* (XRF).



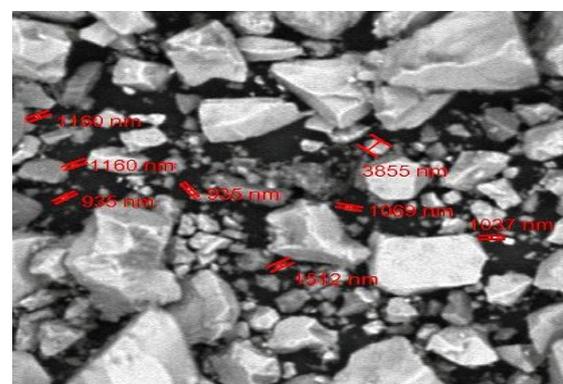
**Gambar 2.** Grafik elemen pada pasir Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat sebelum dan sesudah di *Ball Milling*.

Hasil pengukuran *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang terlihat pada Gambar 2 menunjukkan bahwa perbedaan komposisi sebelum dan sesudah dilakukan *Ball Milling* yaitu adanya penambahan dan pengurangan dari elemen-elemen tertentu. Elemen Si mengalami penurunan setelah di *Ball Milling* yaitu dari 61,182 % menjadi 10,415 % dan peningkatan pada elemen Fe yang sangat signifikan yaitu dari 6,118 % menjadi 67,746 %. Peningkatan komposisi juga terjadi pada elemen-elemen lain seperti Ti, V dan Mn, peningkatan komposisi pada elemen ini

menunjukkan bahwa bongkahan yang terdiri dari beberapa elemen magnetik dan non-magnetik yang tergabung sudah terpisah dan elemen yang mengandung unsur magnetik didalamnya akan tertarik oleh magnet Niodinium Iron Boron (NdFeB), sedangkan penurunan komposisi pada elemen lain disebabkan karena elemen tersebut merupakan pengotor yang sudah terpisah dari bongkahan yang terdiri dari unsur magnetik dan non-magnetik [12].

### Hasil Uji Scanning Electron Microscope (SEM)

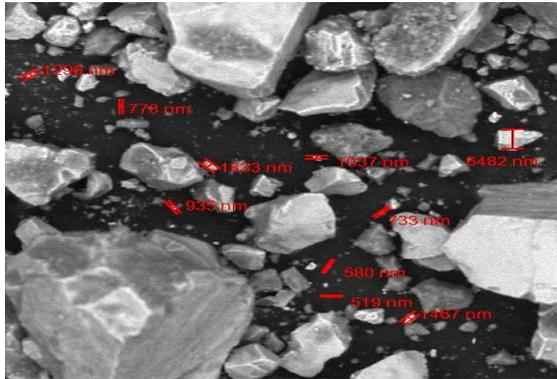
Bentuk dan ukuran butiran konsentrat pasir besi setelah dilakukan penghancuran menggunakan teknik *Ball Milling* ditentukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), dimana sampel pasir sebelum penghancuran berupa butiran-butiran kasar. Penghancuran ini bertujuan untuk memperoleh sampel yang lebih halus dan kandungan partikel magnetik yang lebih banyak. Hasil karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) sampel pasir besi yang telah dihancurkan menggunakan *Ball Milling* dengan variasi 90 jam, dan 120 jam dengan perbesaran 1000 kali ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 sebagai berikut.



**Gambar 3.** Bentuk citra foto ukuran partikel di *Ball Milling* selama 90 jam

Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan hasil ukuran dan morfologi dari partikel pasir besi Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat yang telah di *Ball Milling* selama 90 jam dan 120 jam menggunakan *Scanning Electron*

*Microscope* (SEM), dimana dari gambar tersebut jelas bahwa hasil pengamatan mikrosruktur untuk sampel pasir besi memiliki morfologi permukaan yang sudah cukup halus dan bentuk partikelnya hampir bulat.



**Gambar 4.** Bentuk citra foto ukuran partikel di *Ball Milling* selama 120 jam

Hasil dari karakterisasi menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada *Ball Milling* selama 90 jam memiliki ukuran terkecil hingga 935 nm dan untuk *Ball Milling* selama 120 jam memiliki ukuran terkecil hingga 519 nm. Ukuran partikel pasir besi hasil *Ball Milling* 90 jam dan 120 jam tidak mengalami banyak perubahan dalam ukuran karena bola-bola yang digunakan untuk *Ball Milling* lanjutan terlalu kecil maka bola-bola tersebut kehilangan energi sebelum saling bertumbukan karena terhambat oleh partikel pasir besi yang berada didalam tabung *Ball Milling* tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan hasil perhitungan data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. *Ball Milling* merupakan metode yang efektif untuk memisahkan sebagian besar partikel magnetik dan non-magnetik dari pasir besi pada waktu maksimum 120 jam. Hasil dari karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) memiliki ukuran partikel pasir besi dalam rentang sebesar 935 nm untuk waktu *Ball Milling* 90 jam dan ukuran dalam rentang sebesar 519 nm untuk waktu *Ball Milling* 120 jam. Sifat magnetik nilai suseptibilitas

magnetik dan suseptibilitas massa jauh lebih besar dibandingkan sampel pasir besi sebelum *Ball Milling* sehingga partikel ini berada pada interval mineral *ilmenite* ( $\text{FeTiO}_3$ ; anti-ferromagnetik) dalam rentang  $200-380.000 \times 10^{-5}$  untuk suseptibilitas magnetik dan  $(46-80000) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$  untuk suseptibilitas massa. Sampel yang telah melalui proses *Ball Milling* memiliki jumlah partikel besi (Fe) yang meningkat secara signifikan yaitu dari 6,118% menjadi 67,746% dilihat dari hasil uji *X-Ray Fluorescence* (XRF), Peningkatan ini sangat dipengaruhi oleh waktu lamanya penghancuran dan ukuran bola penumbuk pada proses *Ball Milling*.

## REFERENSI

1. Yulianto, A., Bijaksana, S., & Loeksmanto, W. (2002). Karakteristik Magnetik dari Pasir Besi Cilacap. *Jurnal Fisika Himpunan Mahasiswa Fisika Indonesia*, **5**, 1-4.
2. Siregar, S. & Arif, B. (2015). Penentuan Nilai Suseptibilitas Magnetk Mineral Magnetik Pasir Besi Sisa Pendulangan Emas di Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, **4**(4), 2302-8491.
3. Purwanto, S. (2008). Membangun Industri Komponen Bahan Magnetik Berbasis Sumber Daya Alam Lokal Melalui Sentuhan Nanoteknologi. *Jurnal Riset industri, Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir- BATAN*, **2**(2), 107-113.
4. Yang, Y. X., Liu, M. L., Zhu, H., Chen, Y. R., Mu, G. J., Liu, X. N., & Jia, Y. Q. (2008). Preparation, Characterization, Magnetic Property, and Mossbauer Spectra of the  $\beta\text{-FeOOH}$  Nanoparticles Modified by Nonionic Surfactant. *Journal Magn. Mater.*, **320**, 132-136.
5. Srivastava, M., Animesh, K., Ojha, S. C., Jay, S., Prashant, K. S., & Avinash, C. P. (2010). Investigation on Magnetic of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Nanoparticles Synthesized under Surfactant-Free Condition by

- Hydrothermal Process. *Journal of alloys and compounds*, **500**, 206.
6. Erwin & Prayitno, A. (2017). Magnetic Exchange Interaction in Cobalt Samarium Thin Films for High Density Magnetic. *Recording Media ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, **12**(12), 3832.
  7. Zeng, H., Jing, L., Liu, J. P., Zhong, L. W., & Shouheng, S. (2002). Exchange-Coupled Nanocomposite Magnets by Nanoparticle Self-Assembly. *Nature*, **490**, 395-398.
  8. Mahmoudi, M., Shilpa, S., Ben, W., Shopie, L., & Tapas, S. (2011). Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (Spions) : Development, Surface Modification and Applications in Chemotherapy. *Advanced drug delivery reviews*, **63**, 24-46.
  9. Al-Saad, K. A., Amr, M. A., Hadi, D. T., Arar, R. S., Al-Sulaiti, M. M., Abdulmalik, T. A., Alsahamary, N. M., & Kwak, J. C. (2012). Iron Oxide Nanoparticles : Applicability for Heavy Metal Removal from Contaminated Water. *Arab Journal of Nuclear Science and Applications*, **45**(2), 335-346.
  10. Ihsan, Y. (2006). *Rancangan Bangun dan Karakterisasi Ball Milling untuk Proses Penghancuran Serbuk Bahan Magnetik*. Skripsi Fisika Medan Elektromagnet, Universitas Negeri Semarang.
  11. Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., & Banerjee, S. K. (1995). *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*. Washington: American Geophysical Union.
  12. Silaban, D. M., Erwin, Yanuar, Malik, U. (2017). Sifat Magnetik dan Mikrostruktur Endapan Pasir Besi Pantai Kata Pariaman Sumatera Barat. *Prosiding Seminar Nasional Fisika ke-2*, Universitas Riau, Auditorium Hotel Ayola, Pekanbaru, 1 Oktober 2017, 142-145.



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

## KAJIAN SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR BESI PANTAI ARTA SEBAGAI FUNGSI JARAK DARI TEPI LAUT

Irma Novalia\*, Erwin

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [irmanovalia82@gmail.com](mailto:irmanovalia82@gmail.com)

### ABSTRACT

*Magnetic Susceptibility measurements and the identification of elements of iron sand from Arta beach of Pariaman West Sumatera have been done. The samples were dried first under the sun before the separation between magnetic particles of iron sand and non-magnetic particles using Iron Sand Separator. Identification elements of iron sand was done using X-Ray Fluorescence (XRF). The total value of magnetic induction was measured using a magnetic Pasco probe PS-2162 using a solenoid 2000 coils turns, dimensions of 3 cm in diameter and 10 cm in length. The solenoid was given an electric current with variations ranging from 2 A – 8 A. The distance between magnetic probe and one end of solenoid was kept constant that was 1 mm. The next experiment was to measurement the as a function of distance ranging from 1 – 5 mm with constant applied current of 8 A. When electric current increase then the total magnetic induction is also increase. Total magnetic induction value decrease as the distance increases. Magnetic susceptibility was calculated based on total magnetic induction and magnetic induction of core currents with constant current of 8 A and distance of 1 mm. The value of magnetic susceptibility obtained in the range  $(2164,71- 3159,99) \times 10^{-5}$  which consist of ilmenite mineral ( $FeTiO_3$ ; Antiferromagnetic).*

**Keywords:** Iron sand, Magnetic suseptibility, Solenoid, Magnetic induction, X-ray fluorescence

### ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian tentang penentuan nilai suseptibilitas magnetik dan identifikasi kandungan elemen dari pasir besi Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat. Sampel dikeringkan terlebih dahulu dibawah sinar matahari sebelum dilakukan pemisahan antara partikel magnetik pasir dengan partikel non magnetik menggunakan Iron Sand Separator. Identifikasi kandungan elemen yang terdapat dalam pasir besi dilakukan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Nilai induksi magnetik total diukur menggunakan sensor probe magnetic pasco PS-2162 melalui solenoida 2000 lilitan dengan panjang 10 cm dan diameter 3 cm. Solenoid ini dialiri arus listrik dengan variasi arus 2 A hingga 8 A yang jaraknya tetap 1 mm serta variasi jarak 1 mm hingga 5 mm dengan arus tetap 8 A di ujung solenoid. Ketika arus listrik dinaikkan maka nilai induksi magnetik total akan semakin besar, dan nilai induksi magnetik total berkurang apabila jarak diperbesar. Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) dihitung berdasarkan induksi magnetik total dan induksi magnetik solenoid tanpa inti dengan arus tertentu (8 A) dengan jarak 1 mm. Nilai suseptibilitas magnetik yang diperoleh terdapat pada interval  $(2164,71- 3159,99) \times 10^{-5}$ , yaitu termasuk dalam interval mineral Ilmenite ( $FeTiO_3$ ; Antiferromagnetik).*

**Kata kunci:** Pasir besi, Suseptibilitas magnetik, Solenoid, Induksi magnetik, X-ray fluorescence

Diterima 22-07-2019 | Disetujui 15-01-2020 | Dipublikasi 31-03-2020

### PENDAHULUAN

Pasir besi adalah sejenis mineral yang berpotensi memiliki nilai ekonomis tinggi karena mengandung unsur besi, titanium, dan unsur lainnya yang bisa dimanfaatkan sebagai

target dalam bahan industri [1]. Pasir besi sebagian besar terdapat di sepanjang pantai pulau-pulau besar di Indonesia seperti pantai Pulau Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya, dan pantai barat Pulau Sumatera [2].

Pasir besi mengandung 73% besi oksida seperti magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), limonite ( $2\text{FeO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) serta 16% titanium oksida seperti ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ) yang merupakan mineral magnetik. Magnetite adalah salah satu mineral yang paling dominan dalam pasir besi memiliki ciri berwarna hitam, hematite memiliki ciri berwarna merah, sedangkan maghemite memiliki ciri yang berwarna kecoklatan [3]. Partikel magnetik khusus  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dalam ukuran nanometer memiliki sifat yang unik yaitu sifat superparamagnetik, dimana partikel ini memiliki koersivitas yang kecil namun memiliki magnetik momen yang sangat tinggi [4].

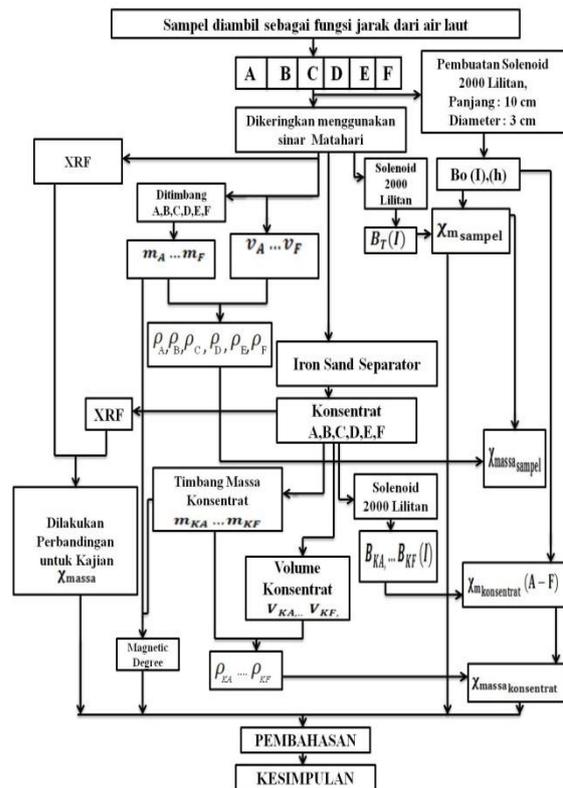
Keberadaan pasir besi disepanjang pantai Sumatera Barat memiliki potensi pengembangan pertambangan dengan kadar besi 2% sampai dengan 7% yang ketebalannya bervariasi antara 2 mm sampai dengan 10 mm [5], sementara itu pasir besi di pinggir pantai Sumatera Barat khususnya Pantai Arta Pariaman belum banyak dimanfaatkan.

Penelitian sebelumnya seperti penelitian oleh David (2017) dan Filza (2018) telah melakukan penentuan terhadap suseptibilitas magnetik pasir besi dengan menggunakan teknik kumparan (solenoid), memperoleh bahwa nilai suseptibilitas magnetik sampel dalam interval ilminite ( $\text{FeTiO}_3$ ) dengan tingkat kemagnetan berada pada interval (0,5 – 2). Partikel magnetik memiliki sifat magnetik yang dapat dikontrol apabila menggunakan medan magnet luar dan aplikasinya sangat luas seperti media penyimpanan data, sensor magnetik [6], partikel pembawa obat [7], biomedis[8], biosensor [9], dan sebagai partikel pembersih air dari polutan [10].

Metode untuk sintesis nanopartikel magnetik diantaranya terdiri dari metode fisika [10], metode kimia [11], dan biologi [12]. Ditinjau dari luasnya aplikasi partikel magnetik maka potensi pasir besi dari pantai Arta Pariaman perlu ditingkatkan dengan melakukan preparasi partikel magnetik untuk mengetahui sifat magnetik yang terdiri dari induksi magnetik, suseptibilitas magnetik,

suseptibilitas massa, tingkat kemagnetan serta kandungan komposisi mineral magnetik sehingga dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai tambah pada bidang ekonomi.

## METODE



Gambar 1. Skema prosedur penelitian.

Prosedur penelitian dilakukan 2 tahap yaitu pengambilan sampel dan proses laboratorium seperti pada Gambar 1 yaitu :

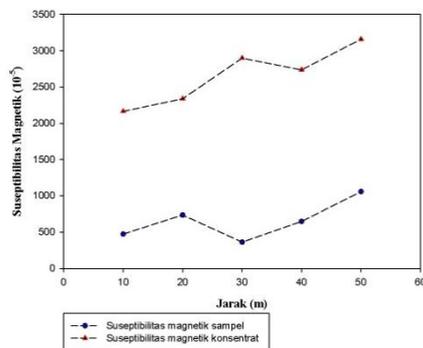
1. Sampel dalam penelitian ini diambil dari Pantai Arta Sumatera Barat
2. Proses laboratorium yaitu :
  - a) Solenoid yang digunakan adalah 2000 lilitan.
  - b) Sampel yang telah diambil dibawa ke Laboratorium Instrumentasi dan Magnetik Jurusan Fisika Universitas Riau untuk dikeringkan dibawah sinar matahari sampai keadaan kering selama 3 hari.
  - c) Sampel yang telah dikeringkan lalu dilakukan penimbangan agar mengetahui massa sebelum pemisahan antara sampel dengan partikel magnetiknya

- d) Sampel yang telah ditimbang selanjutnya diproses menggunakan Iron Sand Separator untuk memisahkan sampel dengan partikel magnetiknya.
- e) Sampel yang telah dipisahkan menggunakan Iron Sand Separator akan menghasilkan konsentrat partikel magnetik.
- f) Sampel sebelum pemisahan dan konsentrat setelah pemisahan tersebut akan diuji menggunakan XRF agar mengetahui komposisi atau kandungan elemen dari pasir besi tersebut.

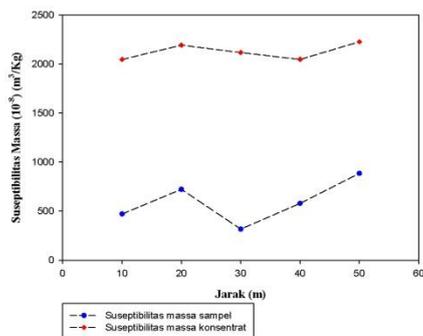
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dari penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

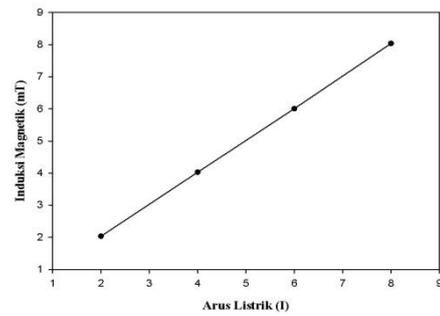
### Sifat Magnetik



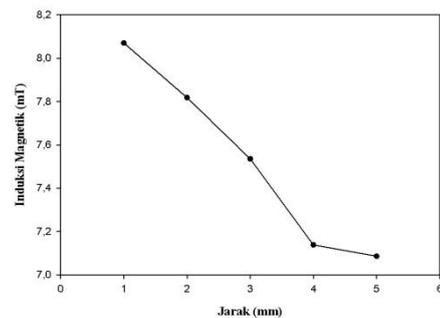
**Gambar 2.** Grafik perbandingan nilai suseptibilitas magnetik sampel sebelum pemisahan dan suseptibilitas magnetik konsentrat setelah pemisahan menggunakan *Iron Sand Separator*.



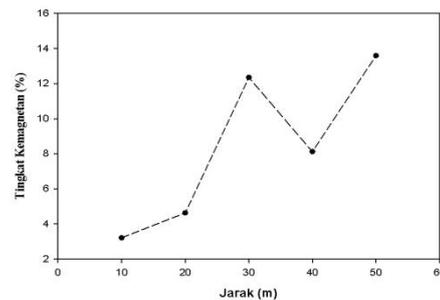
**Gambar 3.** Grafik perbandingan nilai suseptibilitas massa sampel dan suseptibilitas massa konsentrat.



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara induksi magnetik solenoid tanpa inti dengan fungsi arus (I) pada jarak tetap (1 mm) dari ujung solenoid.



**Gambar 5.** Grafik hubungan antara induksi magnetik solenoid tanpa inti untuk arus konstan (8 A) dengan jarak variasi.



**Gambar 6.** Grafik nilai tingkat kemagnetan masing-masing titik lokasi sampel.

### Uji X-Ray Fluorescence

Identifikasi komposisi pasir besi dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 yang menampilkan hasil identifikasi elemen sampel pasir besi pantai Arta Sumatera Barat sebelum dan sesudah diproses menggunakan *Iron Sand Separator*, dapat dilihat bahwa kandungan elemen Fe meningkat setelah pemisahan menggunakan *Iron Sand Separator* yaitu dari 6,118% menjadi 42,245% begitu juga terhadap Ti dan Mn. Peningkatan nilai kandungan elemen menunjukkan bahwa elemen-elemen

tersebut mengandung unsur magnetik. Sementara itu, terjadi penurunan konsentrasi terhadap Si, Mg, Al, P, K, Ca, dan V. Penurunan ini menunjukkan bahwa elemen tersebut tidak mengandung unsur magnetik.

**Tabel 1.** Hasil identifikasi pasir besi sebelum diproses *Iron Sand Separator*.

No	Elemen	Komposisi (%)
1	Mg	3,452
2	Al	10,706
3	Si	61,182
4	P	0,908
5	Cl	2,415
6	K	7,245
7	Ca	5,835
8	Ti	0,472
9	V	0,006
10	Mn	0,136
11	Fe	6,118
12	Elemen lain	1,519

**Tabel 2.** Hasil identifikasi pasir besi setelah di proses *Iron Sand Separator*.

No	Elemen	Komposisi (%)
1	Mg	3,376
2	Al	8,923
3	Si	33,021
4	P	0,652
5	Cl	2,645
6	K	1,355
7	Ca	2,135
8	Ti	3,658
9	V	0,326
10	Mn	0,137
11	Fe	42,245
12	Elemen lain	1,527

## KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Nilai suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa serta induksi magnetik semakin meningkat ketika jarak pengambilan sampel dari tepi laut semakin jauh, secara keseluruhan nilai

suseptibilitas magnetik berada dalam interval  $200 - 380.000 \times 10^{-5}$  dan nilai suseptibilitas massa sampel berada dalam interval  $46 - 80000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  yang merupakan interval mineral *Ilmenite* Berdasarkan uji XRF komposisi elemen Fe semakin meningkat disebabkan oleh kurangnya elemen non magnetik seperti Si, Mg, Al, Ca, dan elemen lainnya.

## REFERENSI

- Bates & Jackson. (1980). *Glossary of Geology*. American Geological Institute.
- Prasetyo, A. & Mahardika. (2008). *Kajian Magnetik ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) Hasil Penumbuhan dengan Metode Presipitasi Berbahan Dasar Pasir Besi*. Tesis Ilmu Kemagnetan, Institut Teknologi Bandung.
- Yulianto, A., Bijaksana, S., & Loeksmanto, W. (2002). Karakteristik Magnetik dari Pasir Besi Cilacap. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, **A5(0527)**, 1-4.
- Srivastava, A., Ojha, A., Chaubey, S., Singh, J., & Sharma, P. (2010). Investigation on Magnetic Properties of  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Nanoparticles Synthesized under Surfactant-Free Condition by Hydrothermal Process. *Journal Of Alloys and Compounds*, **500**, 206.
- Sektor Pertambangan Sumbarprov. (2014). Diakses pada 14 Maret 2018, URL: <http://www.sumbarprov.goi.id/details/news/2700>.
- Zeng, H., Li, J., Liu, J. P., Wang, Z. L., Sun, S. H. (2002). *Nature*, **420**, 395.
- Feng, B., Hong, R. Y., Wang, L. S., Guo, L., Li, H. Z., Ding, J., Zheng, Y., & Wei, D. G. (2008). *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, **328**, 52.
- Cao, X., Zhang, B., Zhao, F., & Feng, L. (2012). Synthesis and Properties of MPEG-Coated Super paramagnetic Magnetite Nanoparticles. *J. Nanomater.*, **2012**, 1-6.

9. Anbarasu, M., Anandan, M., Chinnasamy, E., Gopinath, V., & Balamurugan, K. (2015). Spectrochim. *ACTA Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, **135**, 536.
10. Mahmoudi, M., Sant, S., Wang, B., Laurent, S., & Sen, T. (2011). Superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs): development, surface modification and applications in chemotherapy. *Advanced Drug Delivery Reviews*, **63**(2011), 24-46.
11. Massart, R. & Cabuil, V. (1987). Effect of some parameters on the formation of colloidal magnetite in alkaline-medium-yield and particle-size control. *Journal of Chemical Physic*, **84**(1987), 967-973.
12. Indira, T. K. & Lakshmi, P. K. (2010). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology*, **3**, 1035-1042.



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

## PENGUKURAN NILAI INDUKTANSI PELAT ALUMINIUM BERDASARKAN VARIASI KAPASITANSI MENGGUNAKAN MODUL EVB LDC 1000

Cinryani\*, Lazuardi Umar, Salomo, Maksi Ginting

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [ncinryani@yahoo.com](mailto:ncinryani@yahoo.com)

### ABSTRACT

*The method that has been done in metal thickness measurement is a plate thickness measurement method using an eddy current based sensor. Eddy current sensors can measure the thickness of non-magnetic metal layers through an inductance relationship with variations in thickness where the thickness used for Cu is 0.4 mm, 0.9 mm, 1.5 mm, 2 mm, 4 mm, while Al is used ie 0.4 mm, 0.5 mm, 1 mm, 1.2 mm, 1.5 mm, 1.8 mm, 2 mm, 2.2 mm, 4 mm, 5 mm with a single frequency of 1 Hz with a capacitance value of  $C_0$  5 pF. The inductance vs. thickness curve for aluminum and copper has an exponential relationship. The distance between the sensor and non-magnetic material is kept constant at 2 mm. Variations in the value of capacitance  $C_0$  used in the measurements are then varied to 100 pF, 200 pF, and 300 pF to see the effect of inductance on the thickness of the plate as a function of the capacitor (C) oscillation.*

**Keywords:** Sensors, Flat Coils, Evaluation module of LDC 1000 board, Eddy current, Copper, Aluminum

### ABSTRAK

*Metode yang telah dilakukan dalam pengukuran ketebalan logam adalah metode pengukuran ketebalan pelat menggunakan modul EVB TI LDC 1000 dengan sensor berbasis eddy current. Sensor eddy current dapat mengukur ketebalan lapisan logam non magnetik melalui hubungan induktansi dengan variasi ketebalan dimana ketebalan yang digunakan untuk Cu yaitu 0,4 mm, 0,9 mm, 1,5 mm, 2 mm, 4 mm, sedangkan Al yang digunakan yaitu 0,4 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,2 mm, 1,5 mm, 1,8 mm, 2 mm, 2,2 mm, 4 mm, 5 mm dengan frekuensi tunggal sebesar 1 Hz dengan nilai kapasitansi  $C_0$  5 pF. Kurva induktansi vs ketebalan untuk aluminium dan tembaga memiliki hubungan eksponensial. Jarak antara sensor dengan material non magnetik dijaga konstan sebesar 2 mm. Variasi nilai kapasitansi  $C_0$  yang digunakan dalam pengukuran kemudian divariasikan menjadi 100 pF, 200 pF, dan 300 pF untuk melihat pengaruh induktansi terhadap ketebalan pelat sebagai fungsi dari kapasitor (C) osilasi.*

**Kata kunci:** Sensor, Koil datar, Modul evaluation LDC 1000, Eddy Current, Tembaga, Aluminium

Diterima 04-09-2019 | Disetujui 15-01-2020 | Dipublikasi 31-03-2020

### PENDAHULUAN

Pendahuluan Ilmu pengetahuan menjadi dasar bagi perkembangan teknologi yang semakin canggih. Penelitian dilakukan secara teoritis dan eksperimental bertujuan sebagai penunjang kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi [1]. Kebutuhan sensor dan sistem sensor tidak hanya pada bidang industri, tetapi juga merambah pada bidang lain, seperti;

bidang otomotif, teknologi pengolahan, bangunan, medis, komunikasi, teknologi informasi dan bidang lainnya. Proses otomatisasi industri menggunakan pengukuran yang sangat krusial dalam berbagai piranti elektromekanis dan mekatronik [3].

Sensor koil datar merupakan metode sederhana dengan biaya rendah dan

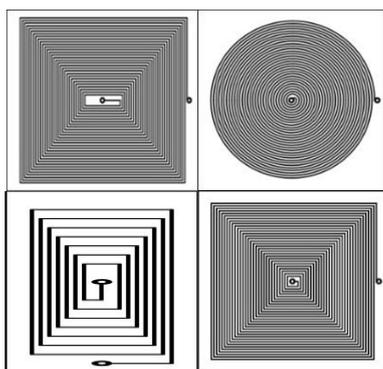
mempunyai daya tarik yang masih terinspirasi untuk mengembangkan sensor koil datar dengan daya handal, kasar, dan mudah untuk menanganinya. Arus Eddy merupakan prinsip fisis yang digunakan pada sensor koil datar [4]. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan arus Eddy untuk mengetahui ketebalan logam non magnetik seperti aluminium dan tembaga.

Pengukuran menggunakan metode *Eddy Current* dapat digunakan pada bahan magnetik maupun non magnetik. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan ketebalan pelat sampel (*thickness*, t) logam non magnetik dengan frekuensi (f) tunggal. Aplikasi teknologi seperti pengukuran ketebalan pelat logam, pemeriksaan mutu barang, penambahan dan perawatan permukaan pelat kerja menggunakan prinsip kerja metode *Eddy Current*. Sensor *Eddy Current* berfungsi sebagai sensor induktif yang dapat digunakan pada bidang otomotif serta bidang otomatisasi, baik untuk bidang industri atau untuk penggunaan sektor pribadi [2].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sensor Koil Datar

Sensor kumparan induksi disebut juga sensor koil. Sensor induktif dikenal memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan. Sensor ini digunakan sebagai detektor dengan memanfaatkan sifat *Eddy Current* pada objek ukur, terutama berkaitan dengan material non ferromagnetik.



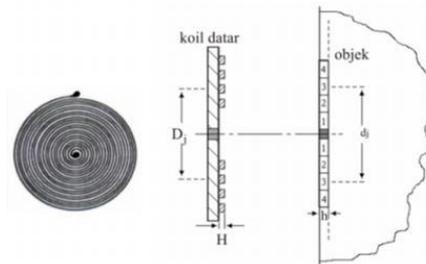
Gambar 1. Variasi geometri koil datar [7].

Variasi sensor koil datar dibedakan berdasarkan bentuk geometri yaitu berupa persegi panjang, lingkaran, persegi dan oktagon. Variasi Elemen koil datar dapat dilihat pada Gambar 1.

Metode pengukuran yang digunakan diantaranya metode sensor induktif. Metode ini digunakan untuk mendeteksi sifat material logam tanpa harus menyentuh (*contactless*) menggunakan arus induksi dan koil *inductor* dalam menghasilkan medan magnet yang memiliki frekuensi tinggi.

### Prinsip Kerja Sensor Koil Datar

Suatu material konduktif atau objek pengganggu didekatkan pada medan magnetik maka akan melakukan induksi sejumlah kecil arus dalam material dan menghasilkan medan magnetik yang berlawanan dengan medan dari sensor. Interaksi antara kedua medan magnetik akan berubah jika terdapat jarak antara sensor dengan material pengganggu (*target*).



Gambar 2. Elemen koil datar didepan suatu bahan konduktor.

### Induktansi Diri (Self Inductance)

Induktansi diri merupakan induksi magnetik suatu kumparan atau koil yang dialiri arus listrik (I) dan akan menimbulkan fluks magnetik  $\phi$  disekitarnya. Menurut hukum Faraday, tegangan v yang diinduksi dalam kumparan sebanding dengan jumlah kumparan dan laju perubahan fluks magnetiknya  $\phi$ . Besar gerak gaya listrik ( $\epsilon$ ) yang dihasilkan adalah:

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{d}{dt} BAC \cos \theta \quad (1)$$

### Induktansi Bersama (Mutual Inductance)

Arus mengalir pada sebuah induktor

menghasilkan induktansi diri yang dipengaruhi oleh adanya induksi magnetik luar sehingga menghasilkan induktansi bersama atau yang dikenal *Mutual Inductance*. Menurut Hukum Faraday, besar ggl yang diinduksi ke kumparan berbanding lurus dengan laju perubahan fluks yang melewatinya. Besar kedua mutual induksi ini sama sehingga dapat ditulis  $M_{12} = M_{21} = M$ .

Induktansi kedua induktor adalah :

$$L_1 = \frac{\mu_0 \mu_r N_1^2 A}{l} \text{ dan } L_2 = \frac{\mu_0 \mu_r N_2^2 A}{l} \quad (2)$$

### Rangkaian Elektronika untuk Evaluasi Sensor Induktif

Sensor induktif dikenal memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan. Salah satu prinsip yang digunakan adalah memanfaatkan sifat *Eddy Current* pada objek ukur, terutama berkaitan dengan material non-feromagnetik.

#### Rangkaian Osilator LC

Osilator LC menggunakan rangkaian resonansi sebagai pembangkit gelombang dan menggunakan penguat untuk mengatasi redaman oleh resistansi dalam induktor dan konduktansi kapasitor. Dari sudut fasa  $I_m Z = 0$  ditentukan frekuensi resonansi  $\omega_0$  menjadi:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) \quad (3)$$

### Jenis Bahan Material

#### Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat lainnya. Aluminium bersifat paramagnetik. Bahan paramagnetik adalah bahan yang resultan medan magnet atomis masing-masing atom tidak nol, tetapi resultan medan magnet atomis total seluruh atom dalam bahan nol [10]. Permeabilitas bahan paramagnetik adalah  $\mu > \mu_0$  dan susceptibilitas magnetik bahannya  $0 > m > \chi$ .

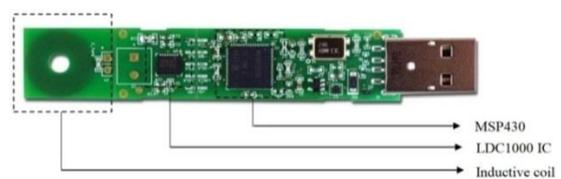
Aluminium umumnya dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, konstruksi, dan lain sebagainya.

#### Tembaga

Semua senyawa Tembaga (I) bersifat diamagnetik dan tidak berwarna (kecuali  $Cu_2O$  yang berwarna merah), sedangkan semua senyawa Tembaga (II) bersifat paramagnetik dan berwarna. Tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup. Tembaga (Cu) merupakan unsur yang jarang ditemukan di alam (*precious metal*). Logam Tembaga yang memiliki konduktivitas elektrik tinggi sering digunakan sebagai kawat penghantar listrik [5].

### Modul Evaluation Board LDC 1000

Modul *evaluation board* LDC 1000 merupakan salah satu teknologi sensor induktif yang dirancang untuk mendeteksi dan mengukur keberadaan, posisi, atau komposisi dari suatu material konduktif. Aplikasi dari penggunaan teknologi sensor induktif ini semakin berkembang di beberapa bidang, seperti automotif, industri, kesehatan, otomatisasi, komunikasi dan lainnya [8].



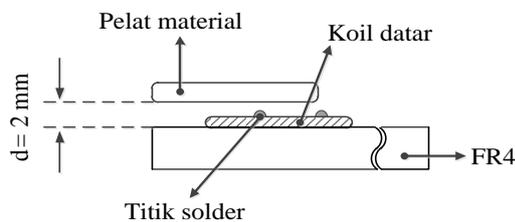
**Gambar 3.** Bagian-bagian sensor koil datar menggunakan modul *evaluation board* LDC 1000 [11].

### METODE PENELITIAN

Metode Eksperimen ini dilakukan di Laboratorium Fisika Terapan Bidang Minat Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau. Tahapan-tahapan pengukuran ketebalan pelat material non magnetik Al dan Cu menggunakan sensor koil

datar yang dievaluasi dengan modul *Evaluation Board LDC 1000* yaitu;  
**Set Up Eksperimen**

Pengukuran ketebalan pelat dimulai dari pembuatan prototipe pengukuran ketebalan pelat non magnetik dimulai dari karakterisasi sensor koil datar yang telah didesain dengan perangkat lunak Eagle. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan ketebalan pelat yang dinyatakan sebagai  $t$  (*thickness*). Variasi ketebalan pelat sampel ( $t$ ) antara 0,1 mm sampai 10mm dikalibrasi menggunakan *carbon fiber composites digital thickness gauge*, jarak antara sensor koil datar terhadap pelat ( $d$ ) dibuat konstan dengan ketebalan pelat yang berbeda-beda. Evaluasi pengukuran nilai  $L$  akibat ketebalan pelat non magnetik ( $t$ ) diolah dengan modul LDC 1000 EVM GUI yang selanjutnya diolah menggunakan program SigmaPlot.



**Gambar 4.** Desain jarak antara sensor koil datar dengan pelat.

### Karakterisasi Sensor Koil Datar

Sensor induktif berupa pelat koil datar yang dikembangkan menggunakan teknologi *Printed Circuit Board (PCB)* mampu mendeteksi jarak translasi yang sangat kecil bahkan kurang dari orde 0,5 mm. Pembuatan sensor koil datar *built in* dipesan di perusahaan Spectra Bandung yang mampu membuat PCB dengan resolusi minimum 10 mil (0.254 mm).

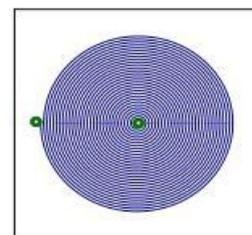
### Pengukuran Ketebalan Pelat dengan Sensor Eddy Current

Pengukuran ketebalan pelat dilakukan menggunakan sensor *eddy current* yang menghasilkan hubungan antara tegangan ( $U_0$ ) dan frekuensi ( $f$ ). Sensor *eddy current* dengan

material pengganggu dibuat dengan jarak konstan ( $d$ ) menggunakan rangkaian osilator LC sehingga akan memperoleh frekuensi keluaran.

### Variasi Jarak Koil dengan Pelat

Pengukuran dilakukan menggunakan dua pelat non magnetik yaitu aluminium (Al) dan tembaga (Cu). Variasi ketebalan dari masing-masing pelat yang berbeda dibuat jarak konstan yang bervariasi. Variasi jarak koil dengan pelat dilakukan pengukuran dengan menggunakan nilai kapasitansi sebesar 5 pF. Jarak koil dengan pelat yang konstan divariasikan yaitu 0,4 mm, 0,5 mm, 1,52 mm, 1,5 mm, 1,8 mm, 2 mm, 2,2 mm, 4 mm dan 5 mm. Pengukuran ketebalan dalam penelitian ini menggunakan koil berbentuk lingkaran yang telah dikarakterisasikan pada penelitian sebelumnya [9].



**Gambar 5.** Sensor koil datar berbentuk lingkaran.

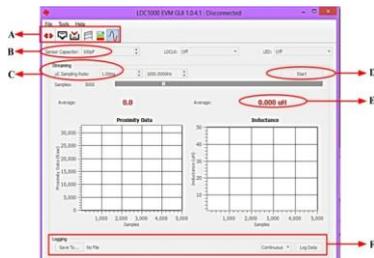
### Variasi Nilai Kapasitansi $C_0$

Koil datar masing-masing diuji menggunakan variasi nilai kapasitansi  $C_0$  pada keadaan suhu ruang 300K menggunakan perangkat lunak LDC 1000 EVM GUI. Nilai kapasitansi  $C_0$  divariasikan dari yang terkecil adalah sebesar 100pF, 200pF, dan 300pF. Nilai kapasitansi  $C_0$  yang digunakan terkecil sebesar 100pF karena nilai kapasitansi ini merupakan nilai umum bawaan dari modul EVB LDC 1000 [6].

### Pemodelan dan Pengolahan Data

Pengukuran dilakukan menggunakan modul EVB LDC 1000 menghasilkan nilai induktansi  $L$  kemudian diolah menggunakan SigmaPlot. Modul yang digunakan dilengkapi dengan perangkat lunak LDC 1000 EVM GUI yang

merupakan program untuk menggerakkan segala fungsi pengukuran sensor koil datar [8].



**Gambar 6.** Screenshoot tampilan dasar perangkat lunak LDC EVM 1000.

Keterangan:

- A. Icon toolbar
- B. Set kapasitansi  $C_0$
- C. Set waktu
- D. Perintah mulai dan berhenti
- E. Nilai induktansi L
- F. Penyimpanan data sampel

Modul *evaluation board* terhubung ke komputer dengan menggunakan *port* USB, sehingga data diperoleh dan diolah ke komputer. Tampilan perangkat lunak LDC 1000 EVM GUI dapat dilihat pada Gambar 6.

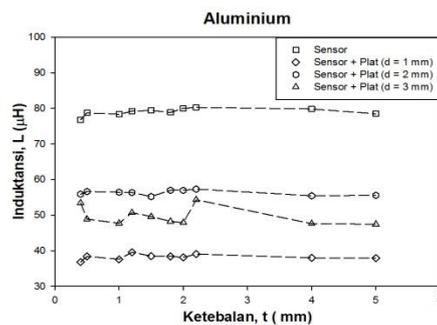
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi pengukuran ketebalan pelat non magnetik Cu dan Al dengan sensor koil datar menggunakan modul *evaluation board* LDC 1000 dilakukan dengan cara yaitu variasi nilai kapasitansi ( $C_0$ ). Hasil pengukuran pada penelitian ini ditampilkan dalam bentuk grafik yang menggambarkan hubungan antara induktansi dengan ketebalan masing-masing pelat.

Pengaruh ketebalan pelat yang semakin tebal menyebabkan efek kulit yang artinya kerapatan Arus Eddy menurun secara eksponensial dimana kemampuan arus eddy menurun pada logam yang memiliki ketebalan yang besar. Semakin tebal pelat Al dan Cu maka konduktivitasnya semakin kecil dan hambatan semakin besar. Konduktivitas listrik suatu material mempengaruhi pengukuran dimana material memiliki masing-masing konduktivitas listrik tembaga  $6 \times 10^7 (\Omega/m)^{-1}$  dan aluminium  $3,8 \times 10^7 (\Omega/m)^{-1}$  [10].

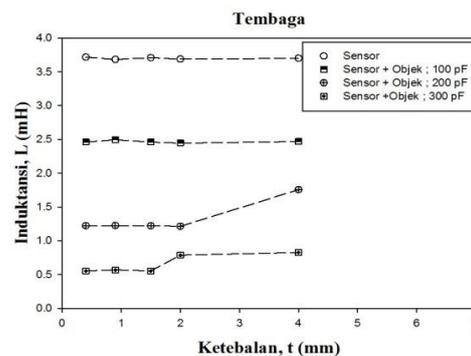
## Hasil Pengukuran dengan Variasi Nilai Kapasitansi $C_0$

Pengaruh nilai kapasitansi pada pengukuran ketebalan diuji dengan memvariasikan nilai kapasitansi  $C_0$ , yaitu sebesar 100 pF, 200 pF, dan 300 pF. Pengukuran dengan memvariasikan nilai kapasitansi dilakukan untuk memperoleh perbandingan nilai kapasitansi sehingga menghasilkan nilai induktansi yang nilai induktansi dari koil datar mengalami perubahan. Gambar 7 dan Gambar 8 menggambarkan hasil pengukuran dengan variasi nilai kapasitansi  $C_0$  [11].



**Gambar 7.** Hasil pengukuran ketebalan pelat aluminium dengan variasi nilai kapasitansi.

Gambar 7 menggambarkan bahwa semakin besar nilai kapasitansi  $C_0$  yang digunakan maka nilai induktansi sensor yang diperoleh semakin kecil. Nilai induktansi pada masing-masing ketebalan dengan kapasitansi sebesar 100 pF mengalami penurunan ketika nilai kapasitansinya berada pada 300 pF. Nilai kapasitansi yang kecil akan memperoleh nilai induktansi yang besar.



**Gambar 8.** Hasil pengukuran ketebalan pelat tembaga dengan variasi nilai kapasitansi.

Gambar 8 menggambarkan bahwa semakin besar nilai kapasitansi  $C_0$  yang digunakan maka nilai induktansi sensor yang diperoleh semakin kecil. Nilai induktansi pada masing-masing ketebalan dengan kapasitansi sebesar 100 pF mengalami saturasi ketika nilai kapasitansinya berada pada 300 pF. Ketebalan pada pengukuran untuk pelat tembaga Gambar 8 menjelaskan bahwa ketebalan tidak berpengaruh pada perubahan induktansi jika nilai kapasitansinya divariasikan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari pengukuran jarak aksial sensor koil datar menggunakan modul *evaluation board* LDC 1000 didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut. Hubungan antara nilai induktansi dengan jarak pelat ke sensor koil datar pada aluminium kurang mempengaruhi dinyatakan dalam bentuk grafik dimana jarak  $d$  konstan 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Nilai induktansi diperoleh dari pengukuran ketebalan pelat berdasarkan hubungan antara induktansi dengan ketebalan pelat dengan menggunakan variasi nilai kapasitansi. Hasil pengukuran ketebalan pelat dengan variasi kapasitansi menyimpulkan bahwa semakin besar nilai kapasitansi  $C_0$  yang digunakan dengan frekuensi sensor yang konstan sebesar 1 Hz, maka nilai induktansi dari sensor koil datar berbentuk lingkaran akan semakin kecil. Pengukuran ketebalan pelat menggunakan modul EVB LDC 1000 memberikan hasil pengukuran dengan presisi yang tinggi dan sensitivitas jarak pelat dengan koil untuk pelat tembaga dan aluminium.

## REFERENSI

1. Du, W. (2014). *Resistive, Capacitive, Inductive, and Magnetic Sensor*

*Technologies*. Boca Raton: CRC Press.

2. Horsky, P. (2005). LC Oscillator Driver for Safety Critical Applications. *Proc. of DATE 05 Conference*, Munich, Designers Forum, Germany, 5 Maret 2005, 34-38.
3. Decker, W. & Kostka, P. (1989). *Inductive and Eddy Current Sensors*. In: Gopel, W., Hesse, J. and Zemel, J. N. (Eds.), *Sensors: A Comprehensive Survey*. Weinheim: VCH.
4. Benson, H. (1991). *University Physics*. U.S. America: John Wiley & Sons.
5. Wilson, J. S. (2005). *Sensor Technology Handbook*. Newnes, Elsevier, USA.
6. Malik, U., Setiadi, Rahmondia, N., & Umar, L. (2015). Sensor Planar Induktif Berbasis Bahan PCB FR-4 Untuk Pengukuran Jarak Kecil. *Prosiding Seminar nasional Fisika Universitas Andalas (SNFU) 8 Oktober 2015, Padang, Sumatra Barat*.
7. Texas Instrumen. (2014). *LDC1000/LDC 1041/LDC1051 Evaluation Module*. Diakses pada 14 Maret 2019, URL: <http://www.ti.com/lit/pdf/snau150>.
8. Mohan, S. S., del Mar Hershenson, M., Boyd, S. P., & Lee, T. H. (1999). Simple Accurate Expressions for Planar Spiral Inductances. *IEEE Journal OF Solid-state Circuits*, **34**(10), 1419-1424.
9. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1989). *Fundamental of Physics*. Canada: John Wiley & Sons INC.
10. Jiles, D. (2015). *Introduction to magnetism and magnetic materials*. France: Taylor and Francis GroupCRC Press.
11. National Instruments. (2016). *USB Instrument Control Tutorial*. N.p., n.d. Web. Diakses pada 22 Maret 2019, URL: <http://www.ni.com/tutorial/4478/en/>.



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

## PENYERAPAN LOGAM BERAT Pb DAN Cu MENGGUNAKAN KARBON AKTIF BERBASIS MAHKOTA NANAS DENGAN VARIASI KONSENTRASI KALIUM HIDROKSIDA

Meylia Susiana Dewi Putri, Awitdrus\*, Rita Kartini Manullang  
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [awitdrus@lecturer.unri.ac.id](mailto:awitdrus@lecturer.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*This study aims to determine the influence of concentration of potassium hydroxide (KOH) on the adsorption of  $Pb^{2+}$  and  $Cu^{2+}$  metal ions in industrial used water. The activated carbon was prepared from pineapple crown waste. Pineapple crown was pre-carbonized at  $180^{\circ}C$  for 1 hours. Chemical activation was done using KOH with variations in concentrations of 2, 3, and 4 M. The samples were irradiated by using a microwave at 630 Watt of output power for 15 minutes. KOH activation and microwave irradiation power were influenced to the physical properties of the samples. Activated carbon obtained were characterized using SEM, EDX, FTIR and AAS. The results showed that highest adsorption were obtained from activated carbon that was activated by KOH 2 M. Adsorption efficiency for  $Pb^{2+}$  and  $Cu^{2+}$  metals were 81.15% and 49.71%, respectively. The carbon chain structure shows the functional groups C-H,  $C\equiv C$ , O-H, C=C at wavenumber  $2889.49\text{ cm}^{-1}$ ,  $2360.97\text{ cm}^{-1}$ ,  $2339.97\text{ cm}^{-1}$ .*

**Keywords:** Pineapple crown, Potassium hydroxide, Microwave irradiation, Activated carbon, Physical properties, Atomic adsorption

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi kalium hidroksida (KOH) terhadap penyerapan logam berat  $Pb^{2+}$  dan  $Cu^{2+}$  dalam limbah cair industri. Karbon aktif dibuat dari mahkota nanas. Mahkota nanas dipra-karbonisasi pada suhu  $180^{\circ}C$  selama 1 jam. Aktivasi kimia menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi 2, 3, dan 4 M. Sampel diiradiasi menggunakan gelombang mikro dengan daya 630 Watt selama 15 menit. Aktivasi KOH dan iradiasi gelombang mikro berpengaruh terhadap sifat fisis karbon aktif. Karbon aktif yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan SEM, EDX, FTIR, dan SSA. Hasil penelitian menunjukkan adsorpsi terbanyak didapatkan dari karbon aktif yang diaktivasi KOH 2 M. Efisiensi penyerapan untuk logam  $Pb^{2+}$  dan logam  $Cu^{2+}$  masing-masing sebesar 81.15% dan 49.71%. Struktur rantai karbon aktif memperlihatkan gugus fungsi C-H,  $C\equiv C$ , O-H, C=C pada bilangan gelombang  $2889.49\text{ cm}^{-1}$ ,  $2360.97\text{ cm}^{-1}$ ,  $2339.97\text{ cm}^{-1}$ .*

**Kata kunci:** Mahkota nanas, Kalium hidroksida, Iradiasi gelombang mikro, Karbon aktif, Sifat fisis, Penyerapan logam berat.

Diterima 09-02-2020 / Disetujui 29-02-2020 / Dipublikasi 31-03-2020

### PENDAHULUAN

Dampak yang ditimbulkan dari pencemaran lingkungan semakin meresahkan masyarakat. Salah satu contoh pencemaran lingkungan adalah pembuangan limbah cair industri ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair industri adalah limbah yang berbahaya karena mengandung bahan

pencemar termasuk bahan kimia yang berbahaya dan beracun seperti logam berat kadmium (Cd), timbal (Pb), tembaga (Cu), arsenik (As), raksa (Hg). Logam berat merupakan zat pencemar yang memiliki efek berbahaya karena sifatnya yang stabil dan tidak dapat diuraikan secara biologis [1]. Terdapatnya logam berat pada limbah cair industri dapat menyebabkan kerusakan

lingkungan dan masalah kesehatan bagi makhluk hidup.

Logam berat dalam limbah cair industri dapat dipisahkan dengan berbagai cara seperti pengendapan kimia, elektrodeposisi, ekstraksi pelarut, ultrafiltrasi, dan penukar ion [2]. Prinsip kerja tersebut mempunyai kekurangan, yaitu menghasilkan lumpur buangan berbahaya dan bisa menghambat kerja pengontrol dan pengeluarannya [3]. Kemudian, kejadian tersebut membutuhkan harga yang besar dan tidak cukup efektif untuk limbah dengan konsentrasi rendah [4].

Adsorpsi merupakan metode yang paling efektif dalam mengurangi logam berat pada limbah cair industri untuk konsentrasi yang rendah. Selain itu, adsorpsi memiliki konsep yang lebih sederhana dan memerlukan biaya yang ekonomis. Proses adsorpsi adalah proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben [1]. Salah satu material yang dapat dijadikan sebagai adsorben adalah karbon aktif.

Karbon aktif merupakan arang dengan pemrosesan dalam bentuk tertentu yang memiliki kemampuan serapan atau adsorpsi yang besar pada material yang berwujud larutan. Karbon aktif memiliki daya serap yang tinggi karena memiliki volume pori yang dapat menyerap gas maupun residu dalam larutan [5]. Karbon aktif dapat dibuat dengan limbah pertanian yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi seperti, kulit durian, kulit singkong, ampas tebu, cangkang buah coklat. Karbon aktif diproduksi melalui dua tahap yaitu, pra-karbonisasi dan diikuti dengan aktivasi. Pra-karbonisasi dilakukan untuk mengubah bahan baku menjadi arang yang memiliki pori-pori kecil dan masih tertutupi oleh hidrokarbon dan abu. Aktivasi terbagi atas dua jenis adalah aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika dilakukan dengan gas pengoksidasi seperti  $N_2$  dan  $CO_2$  pada suhu tinggi. Sedangkan, aktivasi kimia dilakukan menggunakan bahan kimia sebagai agen pengaktifan seperti kalium hidroksida (KOH), natrium klorida (NaCl), asam klorida (HCl), seng klorida ( $ZnCl_2$ ) [6].

Penelitian ini adalah salah satu cara alternatif untuk mengurangi logam berat yang terdapat pada limbah cair industri kertas dengan memanfaatkan limbah mahkota nanas yang selama ini belum dikelola dengan baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui konsentrasi aktivasi KOH yang terbaik pada pembuatan karbon aktif sebagai adsorben pada penyerapan logam berat  $Pb^{2+}$  dan  $Cu^{2+}$ .

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan Karbon Aktif

Bahan baku utama dalam pembuatan karbon aktif adalah mahkota nanas. Bahan baku diperoleh di Pasar Tradisional Pekanbaru. Mahkota nanas dicuci menggunakan air sebagai penghilang objek yang kotor dan pertikel-pertikel halus yang terletak pada permukaan mahkota nanas. Kemudian, sampel dijemur dibawah sinar matahari selama 2x12 jam untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada mahkota nanas. Sampel dipotong dengan ukuran  $\pm 5$  mm. Pra-karbonisasi dilakukan menggunakan oven listrik selama 1 jam pada suhu  $180^\circ C$ . Lalu, sampel tersebut dihancurkan menggunakan mortal dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Tujuan dari pengayakan ini untuk memperoleh ukuran partikel yang homogen. Aktivasi secara kimia menggunakan KOH dengan konsentrasi 2, 3, dan 4 M yang dicampur menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer*. Kemudian, karbon aktif diiradiasi dengan oven gelombang mikro selama 15 menit dalam 630 Watt. Setelah itu, karbon aktif dinetralkan menggunakan aquades hingga pH~7. Sampel kemudian dipanaskan menggunakan oven listrik dengan suhu  $105^\circ C$  selama 9 jam untuk mengeringkan.

### Karakterisasi Karbon Aktif dan Penyerapan Logam Berat

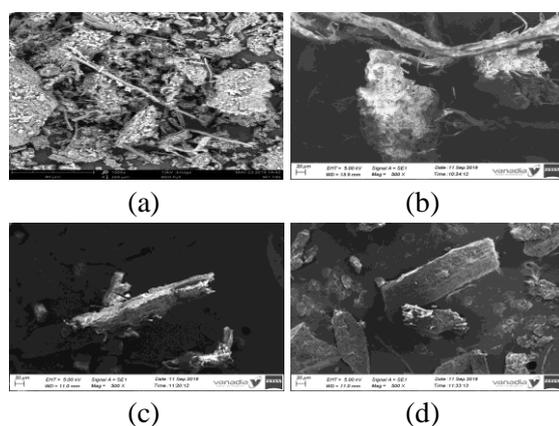
Setelah karbon aktif dihasilkan, kemudian karbon dan karbon aktif dikarakterisasi

menggunakan spektroskopi transformasi Fourier inframerah (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif. Sampel juga dikarakterisasi menggunakan mikroskop pemindaian oleh elektron (SEM) dan energi dispersive oleh sinar-X (EDX) untuk melihat morfologi permukaan dan mengetahui kandungan atom yang terdapat pada karbon aktif.

Pada proses penyerapan logam berat, limbah cair industri diperoleh dari salah satu pabrik industri kertas di Riau. Sebanyak 1 g karbon dan karbon aktif dicampur dengan larutan limbah cair industri 50 mL menggunakan hot plate dan magnetic stirrer selama 1 jam. Setelah itu, air disaring menggunakan kertas saring dan dianalisa menggunakan spektrometri serapan atom (SSA). Sampel diberi kode MN0M untuk karbon tanpa aktivasi dan MN2M, MN3M, dan MN4M untuk karbon yang telah diaktivasi dengan konsentrasi masing-masing 2 M, 3 M, dan 4 M.

## HASIL DAN DISKUSI

### Morfologi Permukaan Karbon Aktif



**Gambar 1.** Morfologi permukaan karbon aktif (a) MN0M, (b) MN2M, (c) MN3M, dan (d) MN4M.

Morfologi permukaan pada karbon aktif dapat dilihat dengan mikroskop pemindaian oleh elektron. Bentuk permukaan merupakan salah satu faktor yang berperan dalam kemampuan suatu adsorben untuk

mengadsorpsi adsorbat. SEM mikrograf ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 (a) memperlihatkan bentuk karbon tanpa aktivasi dimana pori-pori dari karbon masih berukuran kecil dan tertutupi oleh hidrokarbon dan abu. Hal ini menyebabkan daya serap dari karbon tanpa aktivasi masih rendah.

Pada gambar 1 (b), (c), (d) memperlihatkan bentuk karbon aktif setelah diaktivasi memiliki ukuran partikel yang berbeda-beda. Beberapa makropori terbentuk setelah proses aktivasi. Aktivasi yang terjadi terhadap karbon berguna untuk menghancurkan zat-zat pengotor yang terletak pada karbon dan memperbesar pori-pori karbon sehingga daya serap pada karbon aktif dapat meningkat.

### Komponen Karbon Aktif

Penggunaan energi dispersif oleh sinar-X agar dapat mengamati komponen-komponen yang terdapat pada karbon tanpa aktivasi dan karbon dengan aktivasi. Tabel 1 menunjukkan kandungan yang terdapat pada karbon aktif. Komponen utama pada karbon aktif adalah atom karbon (C) dan oksigen (O). Kandungan karbon yang tinggi menyebabkan oksigen yang terdapat pada karbon aktif menurun.

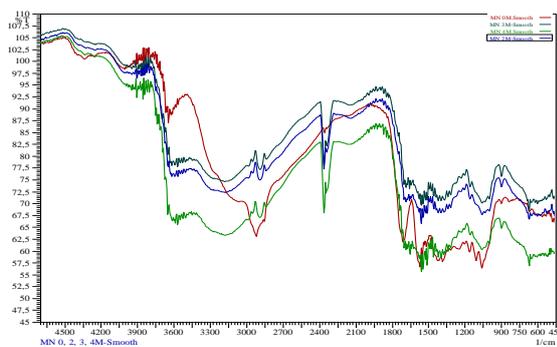
**Tabel 1.** Komponen karbon aktif.

Sampel	Persentase Kandungan (%)					
	C	O	K	Mg	Si	Sc
MN0M	65.37	32.11	1.97	0.55	-	-
MN2M	67.53	25.42	-	1.66	0.85	4.53
MN3M	81.83	12.82	-	0.41	-	2.41
MN4M	71.62	22.41	3.63	1.96	0.38	-

Kandungan karbon semakin meningkat setelah proses aktivasi. Hal ini disebabkan oleh terlepasnya zat-zat pengotor yang terdapat pada karbon pada saat proses aktivasi dengan KOH. Dengan meningkatnya kandungan karbon pada sampel dapat meningkatkan daya serap karbon aktif tersebut. Kandungan lain seperti K, Mg, Si, dan Sc merupakan kandungan yang terdapat pada bahan baku mahkota nanas.

## Gugus Fungsi Karbon Aktif

Karbon aktif yang terbuat dari mahkota nanas diuji menggunakan spektroskopi fourier transform inframerah (FTIR) guna mendapatkan gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif menurut puncak serapan yang diperoleh. Bentuk spektra yang diperoleh adalah perolehan serapan vibrasi pada semua konstituen yang terdapat pada sel. Hasil uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Spektra FTIR karbon aktif.

Gugus-gugus fungsi yang muncul pada spektra karbon tanpa aktivasi dan yang teraktivasi sama, hanya saja bilangan gelombangnya berbeda. Hal ini disebabkan kejadian aktivasi dan larutan KOH cukup besar berfungsi agar dapat menghilangkan kotoran yang terdapat pada rongga pori karbon aktif dan membuat pori-pori karbon aktif tersebut terdapat ruang kosong atau terbuka. Daerah serapan  $3600-3200\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H [8]. Gugus fungsi O-H mengalami pergeseran dan semakin tajam setelah proses aktivasi. Bilangan gelombang  $2889.49\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan terdapatnya vibrasi regangan C-H [9]. Sedangkan, pada bilangan gelombang  $2360.97\text{ cm}^{-1}$  dan  $2339.75\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa karbon memiliki gugus fungsi  $\text{C}\equiv\text{C}$  dalam kelompok alkuna. Gugus fungsi  $\text{C}=\text{C}$  yang berasal dari cincin aromatik lignin terdapat dalam bilangan gelombang  $1587\text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi dari disebutkan diatas merupakan konstituen dari struktur karbon aktif [10].

## Efisiensi Penyerapan Karbon Aktif

Daya serap karbon aktif diuji menggunakan spektrometer serapan atom (SSA). Konsentrasi awal dari logam berat dalam air limbah dengan konsentrasi akhir setelah ditambahkan karbon aktif, maka akan mendapatkan persentase daya serap pada karbon aktif tersebut. Persentase daya serap dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (4.1)$$

dimana  $C_0$  merupakan konsentrasi awal logam berat (ppm) dan  $C_1$  merupakan konsentrasi akhir logam berat setelah dicampur dengan karbon aktif.

Terlihat pada Tabel 2 bahwa karbon tanpa aktivasi memiliki efisiensi penyerapan terendah dibanding karbon dengan aktivasi. Hal ini disebabkan oleh karbon tanpa aktivasi memiliki pori-pori yang masih kecil dan juga sebagian porinya masih tertutupi oleh hidrokarbon dan abu. Penyerapan secara maksimum dimiliki pada sampel MN2M yaitu sebesar 81.15% untuk logam Pb dan 49.71% untuk logam Cu. Sedangkan untuk sampel MN4M mengalami penurunan dikarenakan larutan aktivator telah mencapai titik jenuh sehingga tidak sempurna terjadinya aktivasi pada karbon aktif yang kemudian harga efisiensi penyerapan atau adsorpsi mengalami penurunan.

**Tabel 2.** Efisiensi penyerapan karbon aktif.

Sampel	Konsentrasi Logam (ppm)		Efisiensi Penyerapan (%)	
	Cu	Pb	Cu	Pb
	Air Limbah	0.171	0.244	-
MN0M	0.167	0.177	2.34	27.46
MN2M	0.086	0.046	49.71	81.15
MN4M	0.159	0.126	7.02	48.36

Konsentrasi KOH memiliki dampak pada pengosongan rongga pori karbon aktif ketika terjadi aktivasi. Pemberian Konsentrasi KOH yang tinggi, akan menghasilkan bentuk rongga

pori yang banyak. Tetapi tingginya konsentrasi KOH bisa menyebabkan rongga pori karbon aktif yang dihasilkan mengalami kerusakan. Kejadian ini tepat terjadi pada penelitian oleh Santoso (2014) tentang produksi karbon aktif dari kulit singkong dan pemberian aktivator KOH. Karbon aktif yang dihasilkan pada konsentrasi KOH 1 M, 2 M, dan 3 M mengalami peningkatan, sedangkan pada konsentrasi KOH 4 M dan 5 M mengalami penurunan.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan bentuk dan pori pada karbon dengan aktivasi. Sampel dengan aktivasi KOH memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel tanpa aktivasi. Efisiensi penyerapan terhadap logam  $Pb^{2+}$  dan  $Cu^{2+}$  yaitu sebesar 81.15% dan 49.71%. Pada sampel terdapat gugus fungsi O-H, C-H, C=C, dan C≡C yang merupakan gugus fungsi penting dalam karbon aktif. Mahkota nanas dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif sehingga dapat menyelesaikan masalah lingkungan.

## REFERENSI

1. Misfadhila, S., Zikra, A., Rusdi, & Cynthia, D. P. C. (2018). Pengaplikasian Cangkang Telur dan Karbon Aktif sebagai Adsorben Logam Timbal. *Jurnal Farmasi Higea*, **10**(2), 126-133.
2. Gadad, G. M. & White, C. (1989). Removal of Thorium from Simulated Acid Process Streams by Fungal Biomass. *Biotechnology and Bioengineering*, **33**(5), 592-597.
3. Prasad, A. G. D. & Abdullah, M. A. (2009). Biosorption of Fe(II) from Aqueous Solution Using Tamarind Bark and Potato Peel Waste: Equilibrium and Kinetics Studies. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, **4**(3), 273-282.
4. Ashraf, M. A., Maah, M. J., & Yusoff, I. (2010). Study of Banana Peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science*, **8**(1), 7-17.
5. Laos, L. E., Masturi, & Yulianti, I. (2016). Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri. *Seminar Nasional Fisika 2016*, Universitas Negeri Jakarta, Gedung Dewi Sartika, DKI Jakarta, 28 Mei 2016, **5**.
6. Ioannidou, O., & Zabaniotou, A. (2007). Agricultural Residues as Precursors for Activated Carbon Production-A Review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, **11**, 1966-2005.
7. Rezaee, A., Rangkooy, H., Jonidi, A., Jafari, A., & Khavanin, A. (2013). Surface Modification of Bone Char for Removal of Formaldehyde from Air. *Journal Applied Surface Science*, **286**, 235-239.
8. Sahoo, S., Chakraborti, C. K., Behera, P. K., & Mishra, S. C. (2012). FTIR and Raman Spectroscopic Investigations of a Norfloxacin/Carbopol1934 Polymeric Suspension. *Journal of Young Pharmacists*, **4**(3), 138-145.
9. Fan, M., Dai, D., & Huang, B. (2012). Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibers. *Fourier Transform-Material Analysis*, **3**, 45-68.



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

## PEMETAAN NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR PANTAI GANDORIAH PARIAMAN SUMATERA BARAT

Putri Vanera Puspita\*, Erwin

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [putrivanerapuspita@gmail.com](mailto:putrivanerapuspita@gmail.com)

### ABSTRACT

*Mapping of magnetic susceptibility values of sand of Gandoriah beach, Pariaman West Sumatera has been carried out. The composition of sand beach was identified using X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) and the map of magnetic susceptibility and mass susceptibility of the sample were determined using Software Surfer 11. The samples were collected based on grid technique from 25 points location. The separation between magnetic particles and non magnetic particles was done using iron sand separator for 1 time process. The result of the calculation of the magnetic degree of the sample using Iron Sand Separator for 1 time process showed that the values are in the range of 3,88 %-5,12 %. Magnetic and mass susceptibility values of the sample are in the range of  $(603,3-1351,46) \times 10^{-5}$  and  $(112,76-1086,85) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  respectively. Magnetic and mass susceptibility of the concentrate (product of iron sand separator) are in the range of  $(1367,55-2155,9) \times 10^{-5}$  and  $(927,41-1774,28) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  respectively. These values are in the range of Iminite mineral that is  $(220-380000) \times 10^{-5}$  and  $(46-80000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  respectively. The percentage of Fe and Ti increases from 6,276 % to 54,549 % and from 0,441% to 5,102% respectively after being processed by iron sand separator. The results also showed that magnetic susceptibility values increase toward the sea water.*

**Keywords:** Gandoriah Pariaman Beach, Iron sand, Magnetic susceptibility, Mass susceptibility, Mapping.

### ABSTRAK

*Pemetaan nilai suseptibilitas magnetik pasir pantai Gandoriah, Pariaman Sumatera Barat telah dilakukan. Komposisi pasir pantai diidentifikasi menggunakan X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF). Peta suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa sampel dibuat dengan menggunakan Software Surfer 11. Sampel dikumpulkan berdasarkan teknik grid dari 25 titik lokasi. Pemisahan antara partikel magnetik dan non magnetik dilakukan dengan menggunakan iron sand separator sebanyak 1 kali proses. Hasil perhitungan tingkat kemagnetan sampel menunjukkan bahwa nilainya berada dalam kisaran antara 3,88 % - 5,12 %. Nilai suseptibilitas magnetik dan massa sampel masing-masing berada dalam kisaran antara  $(603,3-1351,46) \times 10^{-5}$  dan  $(112,76-1086,85) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ . Suseptibilitas magnetik dan massa konsentrat (hasil iron sand separator) masing-masing berada dalam kisaran antara  $(1367,55-2155,9) \times 10^{-5}$  dan  $(927,41-1774,28) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ . Nilai-nilai suseptibilitas magnetik dan massa yang ditemukan masing-masing berada dalam kisaran mineral Iminite yaitu  $(220-380000) \times 10^{-5}$  dan  $(46-80000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ . Persentase Fe dan Ti dalam pasir pantai meningkat berturut turut dari 6,276 % menjadi 54,549 % dan 0,441% menjadi 5,102% setelah diproses menggunakan iron sand separator. Hasil pemetaan nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik lebih besar kearah air laut.*

**Kata kunci:** Pantai Gandoriah Pariaman, Pasir pantai, Suseptibilitas magnetik, Suseptibilitas massa, Pemetaan

*Diterima 21-11-2019 | Disetujui 15-01-2020 | Dipublikasi 31-03-2020*

### PENDAHULUAN

Pasir pantai merupakan endapan pasir yang

terdapat di sepanjang pantai seperti barat pulau Sumatera. Di pantai Sumatera Barat khususnya Pantai Gandoriah Pariaman ter dapat pasir

pantai. Potensi dalam pengembangan pertambangan pasir pantai disepanjang pantai Sumatera Barat umumnya memiliki kadar besi 2% sampai dengan 7% dan ketebalannya bervariasi antara 2 mm sampai dengan 10 cm [1].

Pada saat ini, keberadaan pasir pantai ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Oleh karena itu pula diadakan sintesis dari pasir besi sehingga diperoleh partikel magnetik dengan ukuran kecil (nanometer) yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Fase magnetik pasir pantai yaitu fase magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) memiliki sifat magnetik yang lebih kuat. Dalam ukuran nanometer, maka fase magnetite ini bersifat super paramagnetik. Karena sifatnya yang dapat dikontrol oleh medan magnetik luar, maka partikel magnetite ini memiliki banyak aplikasi, salah satu dari aplikasi ini adalah untuk membawa obat ke tempat tujuan dalam tubuh manusia (drug delivery target) [2].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan kontur nilai suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) dan massa ( $\chi_{mass}$ ) pasir pantai Gandorih Pariaman Sumatera Barat.

## METODE PENELITIAN

### Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pinggir pantai Gandorih. Jumlah titik lokasi sampel sebanyak 25 titiklokasi dengan jarak horizontal (samping pantai) masing-masing lokasi adalah 10 meter. Masing-masing titik lokasi sampel berjumlah 0,5 kg dan cara pengambilan sampel dilakukan dengan metode teknik sampling yaitu metode zigzag untuk satu lokasi dan juga untuk seluruh titik lokasi.

### Proses Pemisahan menggunakan *Iron Sand Separator* (ISS)

Sampel yang sudah diambil dari lokasi kemudian dibawa ke Laboratorium Instrumen tasi dan Magnetik Jurusan Fisika Universitas Riau menggunakan wadah untuk dikeringkan.

Sampel yang telah melewati proses pengeringan kemudian ditimbang untuk mengetahui massa sampelnya ( $M_s$ ). Sampel yang telah melewati proses pengeringan dan penimbangan kemudian dipisahkan mineral magnetiknya yang berupa konsentrat dari mineral non magnetik dengan menggunakan alat Iron Sand Separator. Pemisahan dilakukan hanya 1 kali proses, dimana sampel yang terdiri dari 0,5 kg konsentrat hasil pemisahan dengan Iron Sand Separator ini dinamakan dengan konsentrat I. Selanjutnya dengan menggunakan magnet batang (NdFeB) maka konsentrat I dapat dipisahkan lebih jauh antara butiran magnetik dan pasir, hasil pemisahan ini dinamakan dengan konsentrat II.

### Pengukuran Tingkat Kemagnetan Sampel

Setelah konsentrat partikel magnetik diperoleh dengan menggunakan magnet batang, maka dilakukan penimbangan terhadap konsentrat tersebut. Melalui perbandingan massa konsentrat dan massa sebelum pemisahan (massa sampel), maka perbandingan antara massa konsentrat dan massa sampel didapatkan nilai tingkat kemagnetan (magnetic degree).

### Pengukuran Induksi Magnetik

Pertama dilakukan pengukuran Induksi magnetik solenoid tanpa inti dengan menggunakan solenoid yang terdiri dari 2500 lilitan dengan diameter 3 cm dan panjang 10 cm dan juga menggunakan sensor Magnetic Probe Pasco PS- 2162. Terlebih dahulu ditentukan induksi magnetik solenoid  $B_0$  untuk jarak yang tetap yaitu 1 mm antara ujung tengah solenoid dengan Magnetic Probe Pasco PS- 2162. Arus yang diberikan bervariasi yaitu 0,1 A, 0,2 A, 0,4 A, 0,6 A dan 0,8 A. kemudian ditentukan induksi magnetik solenoid  $B_0$  untuk jarak yang bervariasi yaitu 1 mm sampai 5 mm dengan arus yang konstan yaitu 0,8 mA. Selanjutnya sampel yang sudah ditimbang yang terdiri dari 25 sampel terlebih dahulu ditentukan nilai induksi magnetik totalnya dengan cara

dimasukkan kedalam rongga solenoid yang telah dihubungkan dengan arus listrik, kemudian diukur induksi magnetik total  $B_T$  menggunakan sensor Magnetic Probe Pasco PS-2162. Untuk masing-masing sampel pengukuran induksi magnetik total dari 25 sampel dilakukan dengan memberikan arus yang bervariasi yaitu 0,1 A, 0,2 A, 0,4 A, 0,6 A dan 0,8 A untuk jarak yang tetap (1 mm) dari ujung tengah solenoid. Pasir besi yang telah dipisahkan dengan mineral magnetiknya kemudian diukur besar induksi magnetik total untuk setiap konsentrasi II dari 25 titik lokasi. Konsentrat II kemudian dimasukkan kedalam solenoid yang dihubungkan dengan arus listrik selanjutnya diukur nilai induksi magnetik total  $B_T$  menggunakan sensor Magnetic Probe Pasco PS-2162. Pengukuran induksi magnetik total dari konsentrat dilakukan dengan memberikan arus yang bervariasi yaitu 0,1 A, 0,2 A, 0,4 A, 0,6 A dan 0,8 A untuk jarak yang tetap (1 mm) dari ujung tengah solenoid.

### X-Ray Fluorecence (XRF)

XRF merupakan teknik analisis unsur yang terkandung dalam sampel dengan menggunakan prinsip spektrometri. Prinsip ini digunakan untuk mengukur komposisi unsur-unsur suatu material, terutama yang terdapat dalam batuan atau mineral. Teknik ini cepat dan tidak merusak sampel. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan untuk menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisa kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan [3]. Proses selanjutnya dilakukan uji XRF. Uji XRF dilakukan dalam 2 keadaan, yaitu sampel sebelum dipisahkan dari ISS dan setelah pemisahan menggunakan ISS.

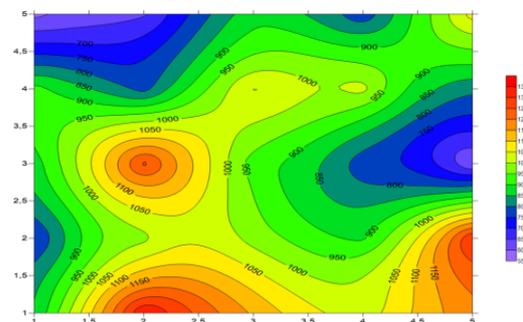
### Pemetaan Nilai Suseptibilitas Magnetik

Setelah didapatkan nilai suseptibilitas dari sampel dan konsentrat maka selanjutnya dilakukan pembuatan kontur suseptibilitas magnetik dengan menggunakan software

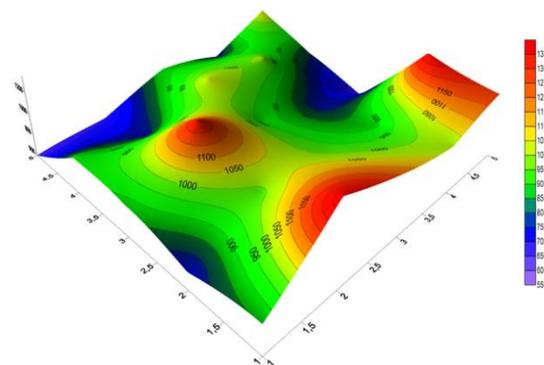
“*surfer*” yang telah diinstal di komputer yang digunakan. Software “*surfer*” merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan pada grid. Perangkat lunak ini melakukan plotting data tabular XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segiempat (grid) yang beraturan. Dimana grid merupakan serangkaian garis vertical dan horizontal yang dalam “*surfer*” berbentuk segiempat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan surface tiga dimensi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemetaan Nilai Suseptibilitas Magnetik Sampel



**Gambar 1.** Kontur suseptibilitas magnetik sampel 2-D.

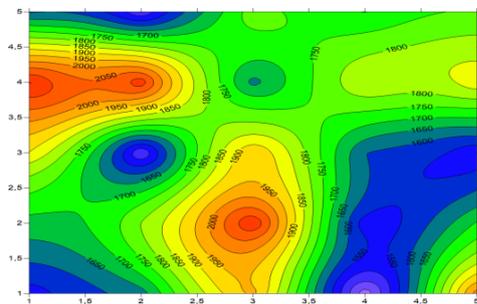


**Gambar 2.** Kontur suseptibilitas magnetic sampel 3-D.

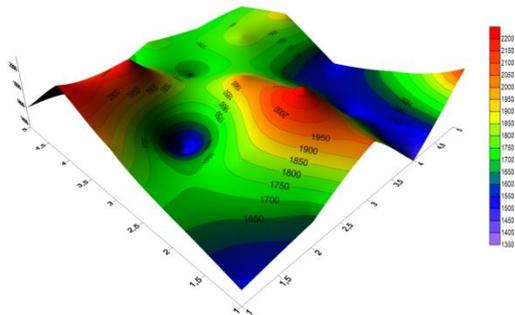
Skema warna pada peta kontur menunjukkan rentang nilai dari suseptibilitas magnetik sampel. Warna ungu menunjukkan rentang nilai  $(550-600) \times 10^{-5}$ , warna biru menunjukkan rentang nilai  $(700-750) \times 10^{-5}$ , warna hijau menunjukkan rentang nilai  $(900-$

$950) \times 10^{-5}$ , warna kuning menunjukkan rentang nilai  $(1050-1100) \times 10^{-5}$ , warna orange menunjukkan rentang nilai  $(1150-1200) \times 10^{-5}$  dan warna merah menunjukkan rentang nilai  $(1300-1350) \times 10^{-5}$ . Nilai suseptibilitas magnetik sampel yang diperoleh berada dalam interval nilai suseptibilitas magnetik mineral ilmenite (antiferromagnetik;  $\text{FeTiO}_3$ ) yaitu  $220 \times 10^{-5} - 380000 \times 10^{-5}$ . Berdasarkan kontur 2 dimensi dan 3 dimensi terlihat bahwa nilai suseptibilitas magnetik sampel yang dihasilkan mengalami peningkatan ke arah yang mendekati air laut. Peningkatan ini diduga disebabkan oleh pergerakan bolak balik pasir pantai oleh arus air laut ketika terjadi gerakan bolak balik air laut disekitar tepi pantai ini.

### Pemetaan Nilai Suseptibilitas Magnetik Konsentrat



**Gambar 3.** Kontur suseptibilitas magnetik konsentrat 2-D.

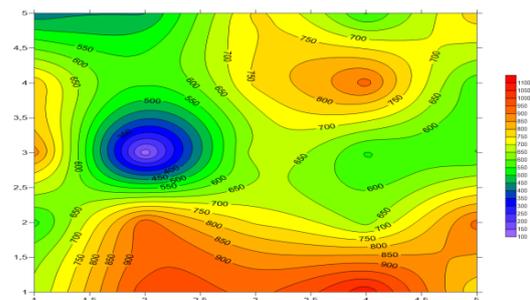


**Gambar 4.** Kontur suseptibilitas magnetik konsentrat 3-D.

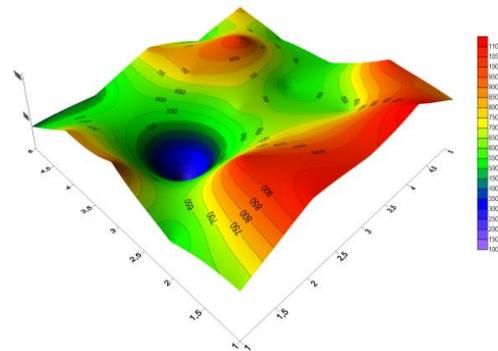
Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat pasir pantai ini ditampilkan dalam bentuk warna yaitu mulai dari ungu sampai merah. Warna ungu menunjukkan rentang nilai  $(1350-1400) \times 10^{-5}$ , warna biru menunjukkan rentang nilai  $(1500-1550) \times 10^{-5}$ , warna hijau menunjukkan rentang nilai  $(1700-1750) \times 10^{-5}$ , warna

kuning menunjukkan rentang nilai  $(1850-1900) \times 10^{-5}$ , warna orange menunjukkan rentang nilai  $(1950-2000) \times 10^{-5}$  dan warna merah menunjukkan nilai  $(2150-2200) \times 10^{-5}$ . Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat berada dalam interval nilai suseptibilitas magnetik mineral ilmenite (antiferromagnetik;  $\text{FeTiO}_3$ ) yaitu  $220 \times 10^{-5} - 380000 \times 10^{-5}$ . Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat yang dihasilkan bervariasi dalam kisaran antara  $(1367,55-2155,90) \times 10^{-5}$ .

### Pemetaan Nilai Suseptibilitas Massa Sampel



**Gambar 5.** Kontur suseptibilitas massa sampel 2-D.

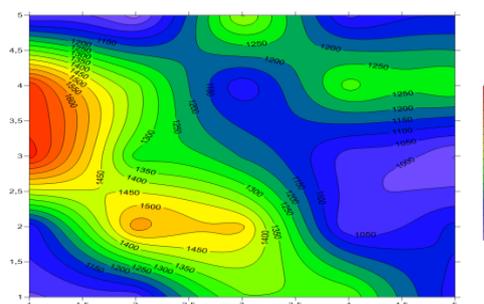


**Gambar 6.** Kontur suseptibilitas massa sampel 3-D.

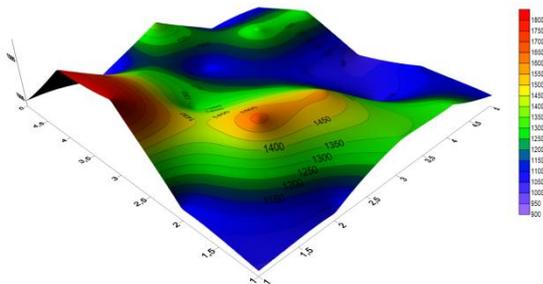
Nilai suseptibilitas massa sampel yang di dapat dari hasil penelitian di Pantai Gandorih Pariaman Sumatera Barat. Warna ungu menunjukkan rentang nilai  $(100-150) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ , warna biru menunjukkan rentang nilai  $(300-350) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ , warna hijau menunjukkan rentang nilai  $(550-600) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ , warna kuning menunjukkan rentang nilai  $(700-750) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ , warna orange menunjukkan rentang nilai  $(800-850) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  dan warna merah menunjukkan rentang nilai  $(1050-1100) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ . Nilai suseptibilitas massa

sampel berada dalam interval nilai suseptibilitas massa ilmenite (antiferro mag netik;  $\text{FeTiO}_3$ ) yaitu  $46 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg} - 80000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  [3]. Nilai suseptibilitas massa sampel mengalami peningkatan kearah yang mende kati air laut. Peningkatan ini sesuai dengan suseptibilitas magnetik dari sampel. Peningkatan ini diduga terjadi karena pergerakan dari pasir pantai akibat aliran atau gerakan air laut disekitar tepi pantai.

### Pemetaan Nilai Suseptibilitas Massa Konsentrat



**Gambar 7.** Kontur suseptibilitas massa konsentrat 2-D.

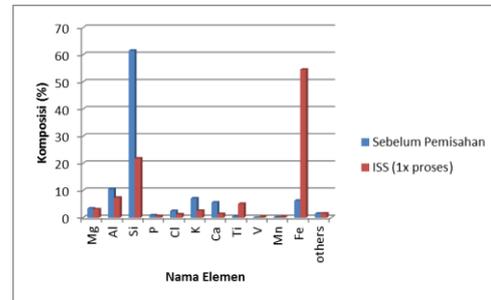


**Gambar 8.** Kontur suseptibilitas massa konsentrat 3-D.

Rentang nilai suseptibilitas massa konsentrat ini ditampilkan dalam berbagai bentuk warna, mulai dari warna ungu hingga merah. Warna ungu menunjukkan rentang nilai  $(900-950) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , warna biru menunjukkan rentang nilai  $(1050-1100) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , warna hijau menunjukkan rentang nilai  $(1300-1350) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , warna kuning menunjukkan rentang nilai  $(1450-1500) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , warna orange menunjukkan rentang nilai  $(1550-1600) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  dan warna merah menunjukkan rentang nilai  $(1750-1800) \times 10^{-8}$

$\text{m}^3/\text{kg}$ . Nilai suseptibilitas massa konsentrat berada dalam interval nilai suseptibilitas massa ilmenite (antiferro mag netik;  $\text{FeTiO}_3$ ) yaitu  $46 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg} - 80000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Variasi nilai suseptibilitas massa konsentrat berada dalam kisaran rentang nilai  $(927,41-1774,28) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ .

### Penentuan Komposisi Sampel dan Konsentrat



**Gambar 9.** Grafik perbandingan komposisi elemen pasir pantai sebelum dan sesudah pemisahan menggunakan ISS (1x proses).

Perbedaan komposisi sebelum dan se sudah pemisahan terlihat dengan adanya penambahan dan pengurangan yang terjadi pada elemen-elemen tertentu. Pada elemen Fe komposisinya bertambah setelah dilakukan pemisahan yaitu dari 6,276 % menjadi 54,549 %. Peningkatan persentase Fe dalam pasir besi menggunakan metode ball milling dan kopre sipitasi dilakukan oleh beberapa peneliti [4]. Penambahan komposisi lainnya juga terjadi pada elemen Ti, V dan Mn. Pada ele men Ti penambahan komposisinya lebih besar dibandingkan elemen V dan Mn karena elemen Ti telah bergabung dengan elemen Fe menjadi satu butiran dalam bentuk aglomerasi. Elemen Ti bertambah dari 0,441 % menjadi 5,102 %. Ini mengkonfirmasi hasil perhitungan suseptibilitas magnetik bahwa nilai suseptibilitas magnetik ada dalam interval Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ). Beberapa elemen lain seperti Mg, Al, Si, P, Cl, K dan Ca mengalami penurunan setelah dilakukan pemisahan. Penurunan komposisi pada elemen ini mengandung unsur magnetik didalamnya tetapi sangat sedikit karena partikel-partikel lainnya sudah terpisah.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan hasil mapping dari sampel maka nilai suseptibilitas magnetik semesta kin besar mengarah ke laut. Pemetaan dari suseptibilitas magnetik sampel dan suseptibilitas magnetik konsentrat memiliki nilai berturut-turut sebesar  $603,3 \times 10^{-5}$  –  $1351,46 \times 10^{-5}$  dan  $1447,99 \times 10^{-5}$  –  $2155,90 \times 10^{-5}$ , hal ini menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik sampel dan suseptibilitas magnetik konsentrat berada dalam interval nilai suseptibilitas magnetik ilmenite (antiferromagnetik) yaitu  $220 \times 10^{-5}$  –  $380000 \times 10^{-5}$ . Pemetaan dari suseptibilitas massa sampel dan suseptibilitas massa konsentrat memiliki nilai berturut-turut sebesar  $422,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  –  $1086,85 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  dan  $927,41 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  –  $1774,28 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ , hal ini menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik sampel dan suseptibilitas magnetik konsentrat berada dalam interval nilai suseptibilitas magnetik ilmenite (anti ferromagnetik) yaitu  $46 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$  –  $80000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$ . Dari analisa XRF di dapat bahwa komposisi dari Fe

meningkat setelah di ISS  $1 \times$  proses dari 6,276 % - 54,549 %. Namun elemen Ti bertambah dari 0,441 % - 5,102 %.

## REFERENSI

1. Sektor Pertambangan Sumbar Prov. (2014). Diakses pada 25 Maret 2018, URL: <https://www.sumbarprov.go.id/details/news/2700>.
2. Nguyen, D. T. & Kim, K. -S. (2014). Functionalization of magnetic nanoparticles for biomedical applications. *Korean journal of Chemical Engineering*, **31**, 1289-1305.
3. Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., & Banerjee, S. K. (1995). Magnetic Properties of Rocks and Minerals. *Rock Physics and Phase Relations: a Handbook of Physical Constants*, **3**, 189-204.
4. Kurniawan, C., Eko, A. S., Ayu, Y. S., Sihite, P. T. A., Ginting, M., Simamora, P., & Sebayang, P. (2017). Synthesis and Characterization of Magnetic Elastomer based PEG-Coated  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  from Natural Iron Sand. *IOP Convergence Series: Materials Science and Engineering*, **202** (1), 012051.



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

## PERBANDINGAN NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK AIR LAUT MENGUNAKAN METODE QUINCKE DI PANTAI SUMATERA BAGIAN TENGAH

Muhammad Zul Ilmi Rangkuti, Salomo\*, Usman Malik

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [salomo@lecturer.unri.ac.id](mailto:salomo@lecturer.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*A comparative study of the magnetic susceptibility of seawater on the west and east coast of central Sumatera using the Quincke method has been done. The amount of sea water was collected for 500 ml of each location. The number of sample location are 24 points from three west coast of Sumatera and one from east coast Sumatera. The method used for sampling is a distance function with a range of 300 m from the coast. Magnetic induction was measured using a magnetic probe sensor pasco PS-2162 with two 3000 loop solenoid. When the electric current increases then, the total magnetic induction value increase. The result showed that the magnetic susceptibility ( $\chi$ ) in west coast varied in the range  $-1,04 \times 10^{-5}$  to  $-4,53 \times 10^{-5}$ . The sample is a diamagnetic material. The magnetic susceptibility ( $\chi$ ) in east coast also varied from  $-0,5 \times 10^{-5}$  to  $-1,46 \times 10^{-5}$ . The sample is a diamagnetic material. Salinity and pH cause differences in the magnetic susceptibility of seawater.*

**Keywords:** Magnetic susceptibility of liquid, Magnetic induction, Seawater

### ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian perbandingan nilai suseptibilitas magnetik air laut di pantai barat dan timur Sumatera bagian tengah menggunakan metode Quincke. Jumlah sampel yang diambil dari penelitian ini sebanyak 500 ml tiap-tiap lokasi. Jumlah titik lokasi sampel adalah 24 didapatkan dari tiga pantai barat Sumatera bagian tengah dan satu pantai timur. Metode yang digunakan untuk pengambilan sampel adalah fungsi jarak dengan rentang 300 m dari tepi pantai. Induksi magnetik solenoida diukur menggunakan Probe Magnetic Pasco Ps-2162 dengan dua buah solenoid 3000 lilitan. Ketika arus dinaikkan induksi magnetik semakin besar. Nilai suseptibilitas magnetik ( $\chi$ ) air laut pantai barat menunjukkan rentang  $-1,04 \times 10^{-5}$  sampai  $-4,5 \times 10^{-5}$ . Sampel merupakan bahan diamagnetik. Nilai suseptibilitas magnetik ( $\chi$ ) air laut pantai timur menunjukkan rentang  $-0,5 \times 10^{-5}$  sampai  $-1,4 \times 10^{-5}$ . Sampel merupakan bahan diamagnetik. Salinitas dan pH menyebabkan perbedaan nilai suseptibilitas magnetik air laut.*

**Kata kunci:** Suseptibilitas magnetik cairan, Induksi magnetik, Air laut

Diterima 08-01-2020 / Disetujui 15-02-2020 / Dipublikasi 31-03-2020

### PENDAHULUAN

Pengamatan suhu, salinitas dan Oksigen terlarut merupakan parameter yang tidak dapat dipisahkan dalam hampir setiap penelitian di laut karena berbagai aspek distribusi parameter seperti reaksi kimia dan proses biologi merupakan fungsi dari suhu, sehingga suhu menjadi suatu variabel yang menentukan. Aspek Ekologi suhu dan Salinitas seringkali

dinyatakan dalam kisaran yang berbeda di setiap perairan.

Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Perairan dengan tingkat curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah sedangkan perairan yang memiliki penguapan yang tinggi, salinitas perairannya tinggi. Selain itu pola sirkulasi

juga berperan dalam penyebaran salinitas di suatu perairan.

Perairan Selat Malaka tergolong perairan yang dangkal, dibagian paling sempit kedalamannya meningkat secara gradual hingga 100 m sebelum Laut Andaman. Di dasar selat ini arus pasut sangat kuat terjadi. Pergerakan dan pertukaran massa air pada selat ini umumnya menuju ke Samudera Hindia dan terjadi sangat lemah [1].

Penelitian tentang nilai suseptibilitas cairan menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas dari cairan  $MnSO_4 \cdot H_2O$  sesuai dengan densitas cairan, karena semakin banyak zat terlarut densitas cairan meningkat dan larutan akan semakin memadat. Penambahan arus pada cairan juga mengakibatkan nilai suseptibilitas cairan juga meningkat [2].

Pergerakan suatu zat dalam medan magnet ditandai dengan nilai suseptibilitas magnetiknya. Untuk zat Paramagnetik dan diamagnetik metode Quincke digunakan untuk menentukan suseptibilitas magnetik cairan. Penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik dari variasi garam pada air menunjukkan hasil yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas air juga ditentukan oleh nilai salinitas dan densitas dari air [3].

Penelitian ini akan mengetahui perbedaan nilai suseptibilitas magnetik dan sifat magnetik dari air laut di daerah pantai samudera Hindia dan juga nilai suseptibilitas magnetik dan sifat magnetik di daerah pantai selat malaka dengan menggunakan metode Quincke.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Diamagnetik**

Bahan diamagnetik adalah bahan yang sedikit menolak garis gaya magnetik seperti natrium, perak, bismuth, raksa, dan intan. Ketika tidak ada pengaruh medan magnet luar, momen magnetik akibat gerak orbital dan spin elektron saling meniadakan. Saat adanya pengaruh medan magnet luar maka akan

timbul medan magnet dalam tetapi masih lebih kecil.

Bahan diamagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai susptibilitas  $X_m$  negatif dan sangat kecil. Bahan diamagnetik selalu mempunyai suseptibilitas yang bernilai negatif dan tidak bergantung pada suhu dengan nilai permeabilitasnya sedikit lebih kecil [4].

### **Paramagnetik**

Bahan paramagnetik adalah bahan yang sedikit menarik garis gaya seperti alumunium, magnesium, titanium, paltina, dan fungston. Jika tidak ada pengaruh medan magnetik luar, bahan ini tidak memperlihatkan efek magnetik karena momen magnetik total akibat orbital relatif kecil.

### **Induksi Magnetik**

Induksi magnetik adalah timbulnya kuat medan magnet disuatu titik yang disebabkan oleh arus listrik pada penghantar dan menembus suatu bidang. Induksi magnet dapat juga disebut dengan garis-garis gaya magnet. Vektor induksi magnet dapat digambarkan sebagai garis-garis gaya magnet yang menembus bidang secara tegak lurus

Fluks magnetik adalah banyaknya jumlah garis gaya yang menembus suatu bidang secara tegak lurus. Induksi magnetik merupakan suatu kuat medan magnet di suatu titik yang disebabkan oleh arus listrik yang mengalir dalam satu penghantar dan menembus suatu bidang. Vektor medan dapat dihubungkan pada garis-garis gaya dengan cara yaitu, garis singgung pada sebuah garis induksi pada setiap titik memberikan arah B dititik itu.

### **Suseptibilitas Magnetik**

Seluruh material atau unsur di alam semesta ini adalah magnetik, namun sifat magnetik dari material ini dapat berbeda-beda sesuai dengan responnya terhadap medan magnet yang diberikan padanya. Ukuran dari respon material terhadap medan magnetik luar yang

digunakan dinamakan dengan suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ).

Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara magnetisasi ( $M$ ) dengan intensitas magnet ( $H$ ). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\chi_m = \frac{M}{H} \quad (1)$$

suseptibilitas merupakan suatu besaran skalar tanpa dimensi yang sangat berperan dalam pengelompokan unsur. Suseptibilitas juga dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$\chi_m = \frac{Bt - B_0}{B_0} \quad (2)$$

$Bt$  adalah induksi magnetik total dari solenoid dan  $B_0$  adalah induksi magnetik solenoid tanpa inti. DaN nilai suseptibilitas magnetik tidak ditabelkan secara langsung namun nilai ini diberikan dalam bentuk suseptibilitas massa ( $\chi_{m,mass}$ ). Nilai ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$\chi_{m,mass} = \frac{\chi_m}{\rho} \quad (3)$$

### Metode Quincke

Metode quincke digunakan untuk menentukan kerentanan magnetik diamagnetik atau zat paramagnetik dalam bentuk cairan atau larutan encer. Metode ini didasarkan pada gaya yang dialami oleh bahan bermagnet di medan magnet yang tidak seragam. Ketika suatu objek ditempatkan di medan magnet, momen magnet di induksi didalamnya. Kerentanan magnetik adalah konstanta proporsionalitas yang tidak berdimensi dan menunjukkan tingkatan magnetisasi suatu bahan sebagai respons terhadap medan magnet yang diterapkan. [3]

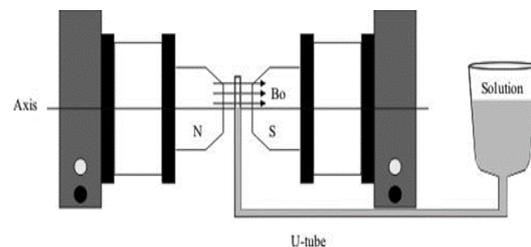
Persamaan menunjukkan bahwa dengan memetakan  $h$  sebagai fungsi  $H^2$ , suseptibilitas magnetik dapat ditentukan langsung dari kemiringan grafik garis lurus sebagai berikut :

$$\chi = \frac{2\rho gh}{H^2} \quad (4)$$

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari 2019 – Oktober 2019 di Laboratorium Instrumentasi dan Kemagnetan, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru.

Pengambilan sampel dilakukan di pantai barat dan timur Sumatera bagian tengah, yaitu Pantai Natal (Kabupaten Mandailing Natal), Pantai Gandorih (Kabupaten Padang Pariaman), Pantia Carolina (Kota Padang) dan Pantai Selat Baru (Kabupaten Bengkalis). Terdapat enam titik pengambilan sampel di setiap pantai dengan jarak 300 meter dimulai pada titik 0 dari bibir pantai



Gambar 1. Skema metode Quincke

Pengukuran dilakukan dengan mula mula rangkaian dipasangkan pada kedua solenoid yang terdiri dari kabel, power supply low voltage, dan sensor probe pasco 2162 diletakan diantara kedua solenoid dengan keadaan superposisi. Pengukuran nilai induksi magnetik setiap bagian solenoid dilakukan dengan memvariasikan arus pada power supply untuk mendapatkan nilai induksi magnetik pada setiap bagiannya, dan nilai induksi magnetik didapat menggunakan sensor probe pasco 2162 dan didukung menggunakan software data studio. Pengukuran nilai suseptibilitas gabungan kedua solenoid menggunakan probe pasco 2162 yang diletakan diantara kedua solenoid dengan keadaan superposisi ditengan solenoid dan didukung dengan software data studio.

Data kenaikan cairan ( $h$ ) yang didapat pada pipa meniscus U dibandingkan dengan data induksi magnetik yang didapat dari probe pasco 2162 dan ditampilkan pada software

data studio. Kedua data tersebut diplot grafik untuk mendapatkan nilai suseptibilitas magnetik cairan menggunakan metode Quincke

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran nilai induksi magnetik dan ketinggian cairan terhadap pengaruh arus dilakukan menggunakan metode quincke dengan pengamatan ketinggian pada tabung U meniscus menggunakan loop dengan perbesaran 100 kali. Nilai induksi magnetik didapatkan dari personal computer yang sudah terinstal dengan software data studio. Sampel yang diukur merupakan sampel dari tiga lokasi pantai barat dan satu lokasi pantai timur sumatera bagian tengah.

Perubahan kenaikan cairan didapatkan dan diplot grafik kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan [4].

**Tabel 1.** Suseptibilitas magnetik air laut pantai Natal.

Jarak (m)	Kemiringan grafik ( $\times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{A}$ )	Nilai Suseptibilitas $\chi$ ( $\times 10^{-5}$ )
0	-5,32	-1,04
300	-6,65	-1,32
600	-7,31	-1,46
900	-8,64	-1,73
1200	-1,1	-2,20
1500	-1,2	-2,40

**Tabel 2.** Suseptibilitas magnetik air laut pantai Carolina.

Jarak (m)	Kemiringan grafik ( $\times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{A}$ )	Nilai Suseptibilitas $\chi$ ( $\times 10^{-5}$ )
0	-6,79	-1,35
300	-8,14	-1,63
600	-10,18	-2,04
900	-21,7	-4,35
1200	-22,3	-4,42
1500	-23,75	-4,53

Nilai suseptibilitas magnetik air laut pantai Barat Sumatera memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi dari pantai timur Sumatera bagian tengah dikarenakan nilai salinitas

pantai bagian Barat lebih tinggi dari pantai Timur Sumatera.

**Tabel 3.** Suseptibilitas magnetik air laut pantai Gandoriah.

Jarak (m)	Kemiringan grafik ( $\times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{A}$ )	Nilai Suseptibilitas $\chi$ ( $\times 10^{-5}$ )
0	-9,97	-1,99
300	-13,5	-2,61
600	-20,35	-4,02
900	-21,03	-4,22
1200	-21,72	-4,36
1500	-22,39	-4,5

**Tabel 4.** Suseptibilitas magnetik air laut pantai Selat Baru.

Jarak (m)	Kemiringan grafik ( $\times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{A}$ )	Nilai Suseptibilitas $\chi$ ( $\times 10^{-5}$ )
0	-2,61	-0,512
300	-3,14	-0,619
600	-4,19	-0,835
900	-5,23	-1,04
1200	-6,28	-1,25
1500	-7,32	-1,46

## KESIMPULAN

Berdasarkan data pengukuran nilai suseptibilitas magnetik Air laut pantai Barat Sumatera memiliki nilai suseptibilitas magnetik lebih tinggi dari pantai timur Sumatera bagian tengah diduga karena lebih banyak campuran air tawar yang berasal dari sungai-sungai ke arah pantai Timur Sumatera. Perbedaan nilai susptibilitas magnetik dari kedua pantai disebabkan karena nilai salinitas dan nilia pH yang berbeda pada kedua pantai, semakin besar jarak pengambilan sampel maka nilai suseptibilitas juga semakin besar.

## REFERENSI

1. Wyrski, K. (1961). Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters, Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand. *Naga Report*, **2**, 17-28.

2. Jeethendra, K. P. K. (2013). Determination of Paramagnetic Susceptibility of Nickel ammonium Sulphate. *LE*, **13**(2), 130-135.
3. Dutta, S., Mitra, A., De, R., Sardar, A., Ghosh, S., & Maiti, T. (2013). Determination of Magnetic Susceptibility by Quincke Method. *Mac Science Journal*, **1**, 143-151.
4. Young, H. D. & Freedman, R. A. (2003). *University Physics with Modern Physics 11<sup>th</sup> Edition*. Boston: Addison Wesley.



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

## ANALISA POTENSI AKUIFER DI KECAMATAN RUMBAI PESISIR KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK ATURAN SCHLUMBERGER

Riad Syech, Miftakhudin Listianto\*

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [imiefftheexpendable@gmail.com](mailto:imiefftheexpendable@gmail.com)

### ABSTRACT

*The analysis of aquifer potential has been done in the Rumbai Pesisir District of Pekanbaru City by using the Schlumberger configuration geoelectric method. Data was taken from four villages in Rumbai Pesisir Subdistrict, in Lembah Damai, Limbungan, Limbungan Baru and Meranti Pandak. The result obtained using progress software showed that each location has aquifer with different layer and thickness. The highest aquifer resistivity is located in Lembah Damai Village with a resistivity value of 549.50  $\Omega\text{m}$  in the third layer, while aquifer with the lowest resistivity value is located in Meranti Pandak Village with a resistivity value of 15.69  $\Omega\text{m}$  in the third layer. The highest thickness aquifer located in Meranti Pandak Village with a thickness of 48.47 m in the third layer, while the lowest thickness aquifer located in Limbungan Baru Village with a thickness of 11.51 m in the second layer. The Result from lithology of each path shows that flow pattern of water flowing from Lembah Damai Village to Limbungan Village, then Meranti Pandak Village and then Limbungan Baru Village. The results of the analysis of aquifers potential indicate that underground water reserves in the Rumbai Pesisir District of Pekanbaru City are  $17.13 \times 10^9 \text{ m}^3$ .*

**Keywords:** Groundwater, Geoelectric Method, Schlumberger Configuration, Resistivity, Aquifer Potential

### ABSTRAK

*Analisa potensi akuifer di Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru telah dilakukan menggunakan metode geolistrik aturan schlumberger. Data diambil dari empat Kelurahan di Kecamatan Rumbai Pesisir yaitu Kelurahan Lembah Damai, Limbungan, Limbungan Baru dan Meranti Pandak. Hasil yang diperoleh dari software progress menunjukkan setiap lokasi memiliki akuifer dengan lapisan dan ketebalan yang berbeda. Resistivitas akuifer tertinggi terletak di Kelurahan Lembah Damai dengan nilai resistivitas 549,50  $\Omega\text{m}$  berada pada lapisan ketiga, sedangkan akuifer dengan nilai resistivitas terendah terletak di Kelurahan Meranti Pandak dengan nilai resistivitas 15,69  $\Omega\text{m}$  berada pada lapisan ketiga. Akuifer dengan ketebalan tertinggi berada di Kelurahan Meranti Pandak dengan ketebalan 48,47 m pada lapisan ketiga, sedangkan akuifer dengan ketebalan terendah berada di Kelurahan Limbungan Baru dengan ketebalan 11,51 m berada pada lapisan kedua. Hasil dari litologi tiap lintasan menunjukkan pola aliran air mengalir dari Kelurahan Lembah Damai menuju Kelurahan Limbungan lalu Kelurahan Meranti Pandak dan ke Kelurahan Limbungan Baru. Analisa potensi akuifer menunjukkan cadangan air bawah tanah di Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru adalah  $17,13 \times 10^9 \text{ m}^3$ .*

**Kata kunci:** Air Tanah, Metode Geolistrik, Konfigurasi Schlumberger, Resistivitas, Potensi Akuifer

Diterima 10-01-2020 | Disetujui 15-02-2020 | Dipublikasi 31-03-2020

### PENDAHULUAN

Keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan baik secara kuantitas maupun

kualitas terhadap air tanah di Kota Pekanbaru semakin kritis. Kesemuanya ini di sebabkan karena pertumbuhan penduduk di Kota Pekanbaru yang sangat tinggi, serta

pembangunan yang menyebabkan timbulnya polusi serta berkurangnya lahan ruang hijau untuk proses pembentukan air tanah [1].

Masyarakat Kota Pekanbaru terutama di kecamatan Rumbai Pesisir kesulitan memanfaatkan air permukaan karena adanya pencemaran air sungai siak. Dampak pencemaran air sungai membuat air permukaan sumur dangkal ikut tercemar [2].

Pencemaran sumur dangkal dapat diakibatkan Karena umumnya struktu geologi Kota pekanbaru sepanjang pesisir sungai siak adalah aluvium rawa atau lumpur [4]. Lumpur adalah campuran cair atau semi cair antara air dan tanah. Lumpur terjadi pada saat tanah menjadi basah. Secara geologis, lumpur ialah campuran air dan partikel endapan lumpur dan tanah liat [3].

Masyarakat dan industri di Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru memilih untuk memanfaatkan air bawah tanah. Kelebihan air bawah tanah dibandingkan air permukaan adalah air bawah tanah tidak mudah tercemar. Pemanfaatan dan pengelolaan daerah pesisir yang dilakukan oleh masyarakat maupun daerah sebagian belum memenuhi ketentuan pemanfaatan sumber daya air bawah tanah secara lestari dan berkelanjutan. Hal ini akan berpengaruh terhadap kondisi dan kelestarian pesisir dan lingkungannya. Penyebab degradasi kondisi daerah pesisir secara tidak langsung juga disebabkan oleh pengelolaan sumber daya alam di hulu yang berpengaruh terhadap muara di pesisir, misalnya akibat eksploitasi air bawah tanah yang berlebihan oleh industri – industri [5].

Berbagai aktivitas dapat mempengaruhi kondisi akuifer yaitu kegiatan industri, domestik, pertanian, peternakan, fasilitas umum dan perkantoran. Semua aktivitas di Kecamatan Rumbai Pesisir harus tetap berjalan dan bahkan harus meningkat, namun aktivitas – aktivitas tersebut mesti berwawasan lingkungan dan tetap menjamin keberlanjutan sistem akuifer yang ada di Rumbai Pesisir. Hal ini berarti kegiatan pembangunan tetap berjalan namun kemampuan daya dukung lingkungan utamanya berupa lingkungan air

bawah tanah harus dapat ditingkatkan. Seiring dengan perkembangan dan pembangunan di Kawasan Kecamatan Rumbai Pesisir, akan mendorong meningkatnya kebutuhan air bersih. Hal ini berpengaruh terhadap berkurangnya daya dukung lingkungan utamanya karena berkurangnya imbuhan air bawah tanah.

Kandungan air yang terdapat di akuifer akan meningkat pada musim hujan sedangkan pada musim kemarau kandungan air yang terdapat di akuifer menurun atau tidak ada sama sekali. Sistem potensi akuifer bebas di dalam tanah sangat rumit keberadaannya, namun dapat dipelajari dan diprediksi keberadaannya. Keberlanjutan dan daya dukung air bawah tanah diketahui dengan menganalisa potensi cadangan air bawah tanah di Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru.

## **METODE PENELITIAN**

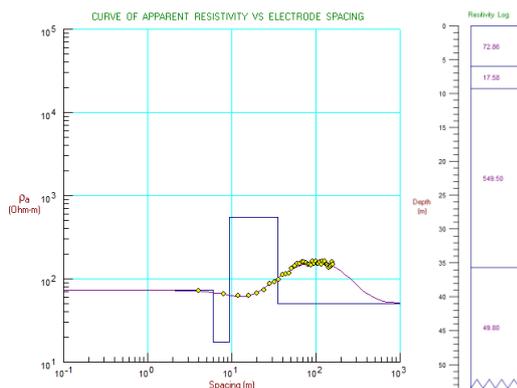
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan, proses pengukuran lapangan untuk mendapatkan data biofisik yang berupa data primer seperti nilai potensial serta arus pada resistivitymeter dan data sekunder berupa koordinat lokasi menggunakan GPS. Data diambil di empat Kelurahan yang tersebar di Kecamatan Rumbai Pesisir yaitu Kelurahan Lembah damai, Kelurahan Limbungan, Kelurahan Limbungan Baru, dan Kelurahan Meranti Pandak.

Langkah pertama adalah dengan mengukur panjang lintasan yang akan diteliti. Menentukan titik tengah dari panjang lintasan sebagai titik acuan dimulainya pengukuran. Menghubungkan kabel-kabel pada elektroda arus dan elektroda potensial dan menghubungkannya pada alat resistivitymeter. Menancapkan elektroda arus dan elektroda potensial ditanah dengan kedalaman 15 cm. Mengatur jarak elektroda, yakni jarak elektroda potensial (MN) adalah sebesar empat meter dan jarak elektroda arus (AB) adalah sebesar delapan meter. Hubungkan alat resistivitymeter ke Aki, kemudian catat hasil

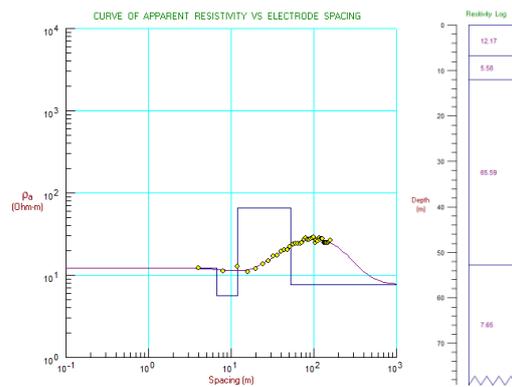
awalnya. Pindahkan masing-masing elektroda potensial sejauh dua meter dan masing-masing elektroda arus sejauh empat meter sampai dengan panjang lintasan yang diukur selesai. akukan pengambilan data di titik selanjutnya dengan langkah yang sama pada titik pertama dengan mengatur spasi antara elektroda arus dan elektroda potensial. Setelah melakukan penelitian, hasil yang kita dapat akan diolah menggunakan *software progres*. Nilai elektroda arus, nilai elektroda potensial, kuat arus dan tegangan yang didapat dari hasil pengukuran diolah dengan menggunakan program *Excel* untuk mengetahui nilai resistivitas dan faktor geometrinya. Data yang telah diolah menggunakan program Excel tadi kemudian di input ke software progress dengan memasukan nilai  $AB/2$  dan nilai resistivitasnya. Setelah diolah menggunakan software progress maka akan muncul struktur litologi lapisan bawah tanah serta nilai resistivitas dan ketebalan pada setiap lapisan. Dari nilai tersebut kita dapat menentukan potensi air bawah tanahnya. Analisa potensi air bawah tanah dapat di ketahui dengan cara menghitung volume lapisan yang dapat menyimpan maupun mengalirkan air bawah tanah, yaitu lapisan akuifer. Jumlah cadangan air bawah tanah didapat dengan mengalikan ketebalan lapisan akuifer terhadap luas wilayah terbuka suatu daerah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

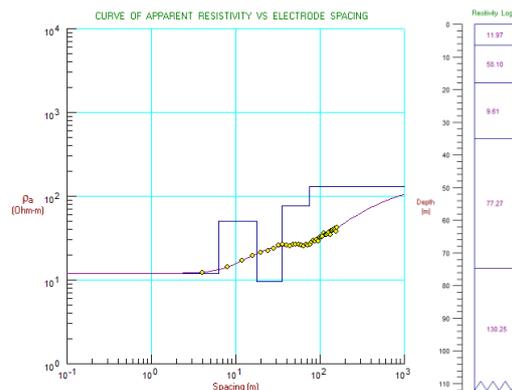
Data interpretasi geolistrik dari empat lintasan di paparkan sebagai berikut



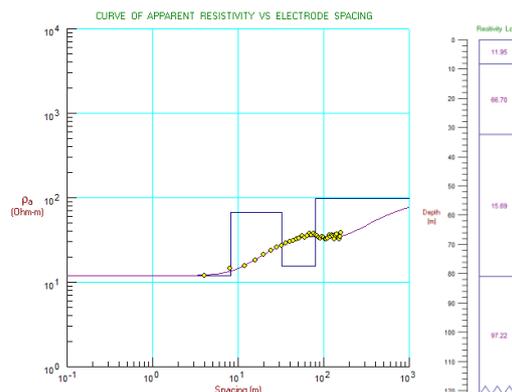
**Gambar 1.** Kurva dan lapisan Lintasan 1.



**Gambar 2.** Kurva dan lapisan Lintasan 2.



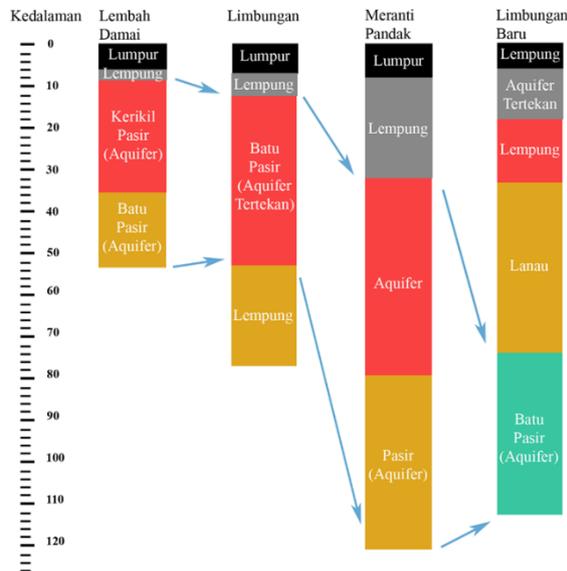
**Gambar 3.** Kurva dan lapisan Lintasan 3.



**Gambar 4.** Kurva dan lapisan Lintasan 4.

Data interpretasi lintasan 1 menunjukkan terdapat 4 lapisan litologi, dimana lapisan akuifer terletak pada lapisan ke 3 memiliki nilai resistifitas 549,50  $\Omega\text{m}$  dengan ketebalan 26,38 m. Data interpretasi lintasan 2 menunjukkan terdapat 4 lapisan litologi, dimana lapisan akuifer terletak pada lapisan ke 3 memiliki nilai resistifitas 65,59  $\Omega\text{m}$  dengan ketebalan 40,78 m. Data interpretasi lintasan 3 menunjukkan terdapat 5 lapisan litologi, dimana

lapisan akuifer terletak pada lapisan ke 2 memiliki nilai resistifitas 50,10  $\Omega$ m dengan ketebalan 11,51 m. Data interpretasi lintasan 4 menunjukkan terdapat 4 lapisan litologi, dimana lapisan akuifer terletak pada lapisan ke memiliki nilai resistifitas 15,69  $\Omega$ m dengan ketebalan 48,47 m.



**Gambar 5.** Kedalaman lapisan bawah permukaan.

Data dari litologi akuifer tiap lintasan menunjukkan pola aliran air mengalir dari Kelurahan Lembah Damai menuju Kelurahan Limbungan lalu Kelurahan Meranti Pandak dan ke Kelurahan Limbungan Baru. Potensi air bawah tanah dapat dihitung dengan mengalikan ketebalan lapisan akifer dengan luas wilayah ruang terbuka suatu daerah. adapun luas wilayah terbuka kecamatan rumbai pesisir adalah  $134,75 \times 10^6$  m<sup>2</sup> dan ketebalan akuifer tiap lintasan adalah 26,38 m, 40,78 m, 11,51 m, dan 48,47 m. Jumlah total cadangan air bawah tanah Kecamatan Rumbai Pesisir adalah  $17,13 \times 10^9$  m<sup>3</sup>.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pola aliran mengalir dari Kelurahan Lembah Damai menuju Kelurahan Limbungan lalu Kelurahan Meranti Pandak dan ke Kelurahan Limbungan Baru. Jumlah total cadangan air bawah tanah Kecamatan Rumbai Pesisir adalah  $17,13 \times 10^9$  m<sup>3</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Juandi, M. (2014). Model Head Hydrolic Akuifer Bebas Kondisi Unsteady State. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **11**(9), 612-627.
2. Neyamadpour, A., Samsudin, T., & Abdullah, W. A. T. (2009). An Application of three Dimensional electrical resistivity imaging for the detection of underground wastewater system. *Studia Geophysica et Geodaetica*, **53**(2009), 389-402.
3. Nirarita, C. H. E. (1996). *Ekosistem Lahan Basah di Indonesia*. Bogor: Programme.
4. Syech, R., Juandi, M., & Edizar, M. (2014). Menentukan Lapisan Akuifer DAS (Daerah Aliran Sungai) Siak dengan Membandingkan Hasil Ukur Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Schlumberger. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **11**(9), 601-611.
5. Zahro, F., Usman, F., & Wardhani, D. K. (2011). Arah Fungsi Lahan Berdasarkan Pendekatan Konservasi Tanah. *Jurnal Tata Kota dan Daerah*, **3**(1), 33-38.



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

## ANALISIS EFEK GERHANA MATAHARI TOTAL 9 MARET 2016 TERHADAP KANDUNGAN TOTAL ELEKTRON IONOSFER

Afrita Ariani<sup>1</sup>, Usman Malik<sup>1,\*</sup>, Asnawi Husin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

<sup>2</sup> Pusat Sains Antariksa LAPAN, Bandung

\*E-mail korespondensi: [usman.malik@lecturer.unri.ac.id](mailto:usman.malik@lecturer.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Total elektron content in ionosphere is affected by several factors, local time, solar activities, geomagnetic disturbance, geographical latitude and longitude. This research aims to observe level variation of total electron content during solar eclipse over Indonesia on 9 March 2016. We analyzed GPS data from two GPS stations in different locations with different sun observation geographical latitude and longitude, the locations were Sulawesi station (CAMP) and Maluku station (CAMB). The method used in this research, was data interpretation method computationally, the whole data analyzed using matlab software R2008a. The values of daily TEC range from 20 TECU till 30 TECU. Although the value of TEC when solar total eclipse range from 10n TECU until 20 TECU. The percentage of decreasing value of TEC when total solar eclipse than the daily value of TEC. Decreasing of TEC value between 20%-40%.*

**Keywords:** TEC, solar radiation, GPS, Ionosphere

### ABSTRAK

*Total elektron content (TEC) di ionosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya waktu lokal, aktivitas matahari, gangguan geomagnet, lintang dan bujur geografis. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai TEC di ionosfer selama gerhana matahari total yang melintasi Indonesia pada tanggal 9 Maret 2016. Data yang digunakan adalah data pengamatan GPS-TEC pada dua stasiun di lokasi yang mengalami gerhana matahari dengan nilai lintang dan bujur geografis yang berbeda. Stasiun yang digunakan adalah Stasiun Sulawesi (CAMP) dan Stasiun Maluku (CAMB). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode interpretasi data secara komputasi, semua data yang diperoleh dianalisis menggunakan software Matlab R2008@. Nilai TEC harian berkisar antara 20 TECU sampai dengan 30 TECU, sedangkan nilai TEC pada saat GMT berkisar antara 10 TECU sampai dengan 20 TECU. Perentase penurunan nilai TEC saat GMT dibandingkan nilai TEC harian. Besarnya persentase penurunan nilai TEC berkisar antara 20% - 40%.*

**Kata kunci:** TEC, Radiasi matahari, GPS, Ionosfer

Diterima 20-02-2020 | Disetujui 29-02-2020 | Dipublikasi 31-03-2020

### PENDAHULUAN

Gerhana matahari total (GMT) merupakan fenomena astronomi dan jarang terjadi termasuk di Indonesia. Fenomena GMT yang baru terjadi pada tanggal 9 Maret 2016, yang sebagian besar melintasi daratan wilayah Indonesia. Fenomena ini sangat dinanti oleh masyarakat luas, khususnya kalangan ilmiah dan pendidikan.

Fenomena GMT juga memberikan dampak terhadap lapisan atmosfer bumi. Fenomena GMT mengakibatkan penurunan radiasi matahari secara langsung akan menyebabkan penurunan temperatur sehingga kelembapan meningkat. Akibatnya ketidakstabilan dalam lapisan batas atmosfer sehingga akan berpengaruh terhadap perubahan angin [1].

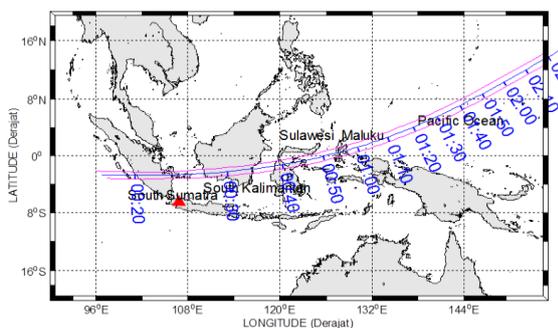
Selain itu, gerhana matahari akan mempengaruhi kandungan elektron di ionosfer

akibat berkurangnya radiasi matahari ke ionosfer. Kandungan elektron di ionosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain lintang dan bujur geografis, waktu lokal, aktivitas matahari, dan gangguan geomagnet. Pengaruh gerhana matahari terhadap ionosfer dapat berlangsung selama beberapa jam setelah totalitas terbesar [2].

Data GPS telah banyak dimanfaatkan untuk penelitian mengenai gangguan ionosfer yang diakibatkan oleh alam maupun buatan, seperti gempa bumi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek gerhana matahari terhadap ionosfer berdasarkan data Total Electron Content (TEC) / kandungan total elektron yang diperoleh dari data GPS. Data yang dipergunakan adalah data satu hari sebelum, saat dan sesudah kejadian. Data diambil dari dua stasiun yang terletak di lokasi yang mengalami gerhana matahari dengan magnitudo berbeda. Nilai TEC diturunkan dari data pengamatan GPS stasiun tetap jaringan kontrol atau dikenal dengan *Continuous Operating Reference Station (CORS)* dan Badan Informasi Geospasial BIG [3].

## METODE PENELITIAN

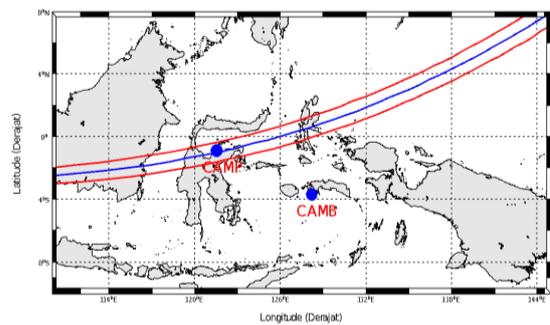
Metodologi yang digunakan adalah metodologi intervensi data. Data yang digunakan adalah data sekunder dari pengamatan GPS pada tanggal 8 Maret, 9 Maret dan 10 Maret 2016. Data GPS yang digunakan data dari stasiun CAMP dan CAMB, satu hari sebelum, saat, dan sesudah gerhana. Data GPS dalam format RINEX kemudian diubah dalam bentuk Ms. Excel.



**Gambar 1.** Lintasan GMT 9 Maret 2016.

Peta lintasan gerhana matahari dan lokasi stasiun yang digunakan dalam penelitian ini di tunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan urutan kejadian gelap terang total yang melintasi beberapa pulau di Indonesia (umbra). Sedangkan Gambar 2 menunjukkan letak stasiun CORS dari BIG yang digunakan dalam pengamatan efek GMT pada *total elektron content (TEC)*, dari data GPS dilakukan penurunan nilai TEC persatelit. Analisis kecenderungan perubahan nilai TEC satu hari sebelum, saat terjadi gerhana dan sesudah gerhana matahari pada jam puncak gerhana dilakukan untuk melihat efek gerhana di ionosfer.



**Gambar 2.** Posisi stasiun pada lintasan GMT 9 Maret 2016.

Fenomena GMT ini melintasi beberapa daerah daratan Indonesia. Fenomena GMT di Indonesia melintasi Pulau Sumatera, Kalimantan, Maluku, Sulawesi dan berakhir di Lautan Pasifik.

Posisi stasiun CAMP tepat berada didalam daerah lintasan fenomena GMT, sedangkan stasiun CAMB berada di luar daerah lintasan fenomena GMT. Hal ini bertujuan sebagai perbandingan antara nilai TEC pada stasiun CAMP dengan stasiun CAMB pada saat terjadi GMT. Lokasi penelitian dilakukan pada stasiun pengamatan GPS di daerah yang dilintasi oleh fenomena GMT. Berikut adalah nama – nama stasiun pada tanggal 8 maret 2016, tanggal 9 maret 2016, tanggal 10 maret 2016.

Dua stasiun pengamatan tersebut memiliki nilai bujur geografis dan lintang geografi yang berbeda – beda. Kedua stasiun ini berada pada daerah yang dilintasi oleh fenomena GMT,

salah satu dari stasiun tersebut berada tepat pada daerah yang lintasi oleh fenomena GMT 9 Maret 2016.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pengamatan GPS dalam bentuk data RINEX, (*Receiver Independent Exchange Format*), yang merupakan format standar data GPS. Data TEC diturunkan dari data RINEX dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah (*scientific software*) di Pusat Sains Antariksa, LAPAN. Kemudian, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan Matlab. Menghitung nilai TEC dalam waktu 24 jam dari beberapa satelit yang terekam dari dua stasiun pengamatan menggunakan Persamaan (1).

Untuk menentukan persentase pengurangan nilai TEC pada saat GMT dapat menggunakan persamaan 2.4. % DTEC merupakan persentase perbedaan TEC GMT dengan TEC latar belakang harian. TEC latar belakang harian merupakan median dari TEC 8 Maret dan TEC 10 Maret 2016.

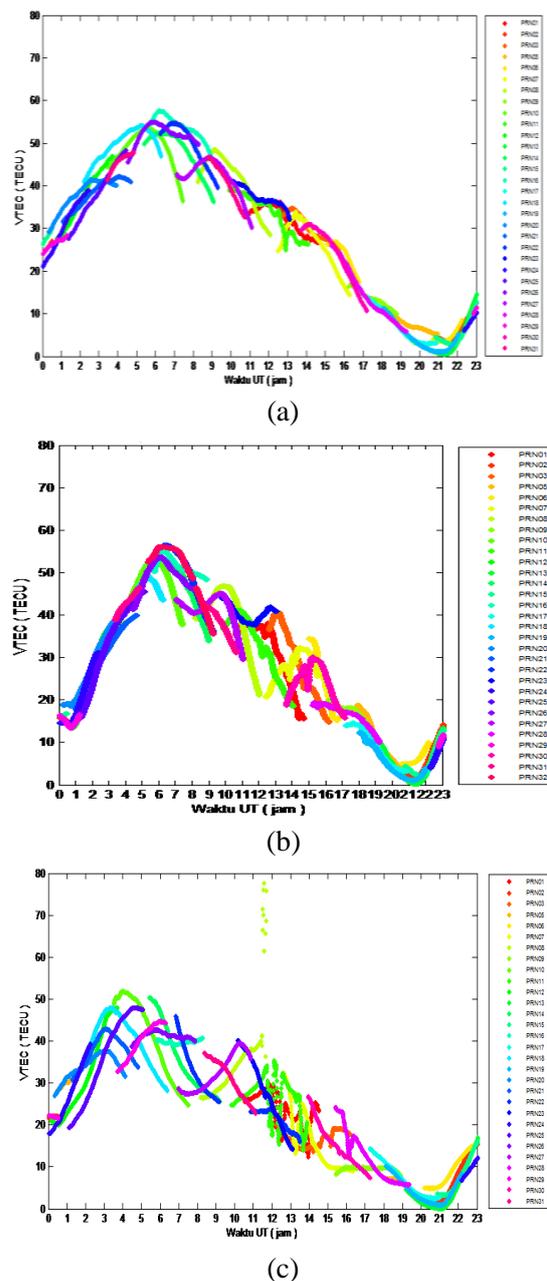
$$\% DTEC = \frac{TEC_{\text{saat GMT}} - TEC_{\text{harian}}}{TEC_{\text{harian}}} \times 100\% \quad (1)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

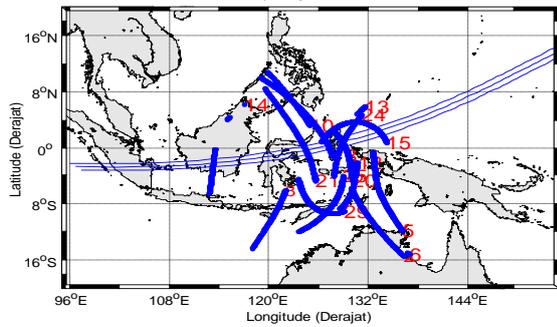
Data pengamatan yang diambil dari dua stasiun yang berbeda untuk mengetahui perbandingan nilai TEC pada stasiun lintasan dan nilai TEC di luar lintasan GMT 9 Maret 2016. Nilai TEC di stasiun pengamatan GPS saat terjadi Gerhana dibandingkan dengan nilai TEC pada satu hari sebelum dan pada satu hari sesudah gerhana matahari total. Analisis dilakukan pada 00.00 UT sampai dengan 03.00 UT. Stasiun CAMP berada di jalur lintasan GMT 9 Maret 2016. TEC GMT dapat dilihat pada Gambar 3 (a), TEC sebelum GMT pada Gambar 3 (b) dan TEC sesudah GMT pada Gambar 3 (c).

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa efek GMT 9 Maret 2016 tidak mempengaruhi lapisan ionosfer secara signifikan, hal ini dikarenakan waktu terjadinya GMT hanya beberapa menit. Namun, TEC cenderung memiliki mode fluktuasi yang sama berdasarkan jam nya.

Pada jam 05.00 -10.00 UT, TEC berada pada nilai maksimal dan pada 20.00-00.00 UT, TEC berada pada nilai minimum. Efek GMT pada TEC dapat dilihat persatelit, seperti yang di tunjukkan Gambar 4, lintasan dari beberapa satelit GPS yang jauh atau dekat dengan lintasan GMT. Stasiun pengamatan CAMP berada pada daerah yang dilintasi oleh fenomena GMT seperti yang dijelaskan sebelumnya. Pada data pengamatan stasiun CAMP terekam sebanyak 31 satelit yang melewati lintasan GMT 9 Maret 2016 [4].

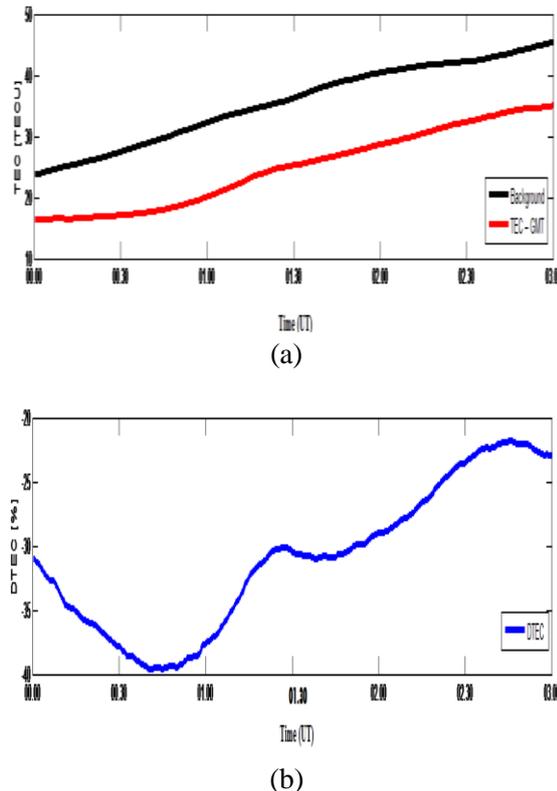


**Gambar 3.** Nilai TEC pada tanggal (a) 8, (b) 9, dan (c) 10 Maret 2016.



**Gambar 4.** Satelit – satelit GPS yang melintas terekam oleh antenna GPS melalui stasiun CAMP.

Satelit 12 merupakan salah satu satelit yang melewati lintasan GMT yang terekam oleh stasiun pengamatan CAMP. Lintasan satelit 12 di mulai dari bawah lintasan GMT dan berakhir di atas lintasan GMT.

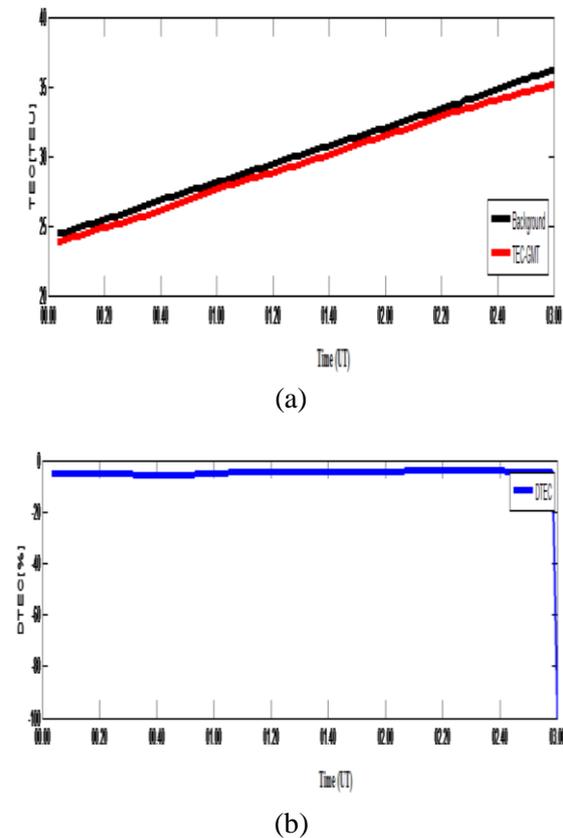


**Gambar 5.** (a) Perbandingan nilai TEC GMT dan TEC harian, (b) persentase penurunan nilai TEC GMT terekam oleh satelit 12.

Gambar 5 (a) menjelaskan bahwa nilai TEC GMT mengalami penurunan dari pada nilai TEC harian. Nilai TEC harian berkisar antara 20 TECU sampai dengan 30 TECU, sedangkan nilai TEC pada saat GMT berkisar antara 10 TECU sampai dengan 20 TECU. Gambar 5 (b)

menunjukkan persentase penurunan nilai TEC saat GMT dibandingkan nilai TEC harian. Besarnya persentase penurunan nilai TEC berkisar antara 20% - 40%.

Satelit 31 merupakan salah satu satelit yang terekam oleh stasiun pengamatan CAMP dan satelit yang tidak melintasi lintasan GMT 9 Maret 2016. Untuk melihat efek GMT terhadap ionosfer maka akan dibandingkan nilai TEC pada satelit yang melewati lintasa GMT dengan nilai TEC pada satelit yang berada di luar lintasa GMT 9 maret 2016 [5].



**Gambar 6.** (a) Perbandingan nilai TEC GMT dan TEC harian, (b) persentase penurunan nilai TEC GMT terekam oleh satelit 31.

Gambar 6 (a) menjelaskan persentase penurunan nilai TEC pada satelit 31. Nilai TEC pada saat GMT bisa dikatakan tidak terjadi penurunan dibandingkan dengan nilai TEC harian. Gambar 6 (b) merupakan persentase penurunan nilai TEC pada saat GMT adalah 0 % bahkan pada saat berlangsungnya puncak GMT.

### KESIMPULAN

Kedua stasiun pengamatan yang berada di sekitar lintasan GMT 9 Maret dapat disimpulkan bahwa pada tanggal 8 Maret tidak adanya gangguan di ionosfer. Pada tanggal 9 Maret, kerapatan elektron di ionosfer berkurang, dan pada tanggal 10 Maret adanya gangguan yang disebabkan oleh fenomena GMT 9 Maret 2016. Untuk melihat persentase penurunan nilai GMT dapat dilihat dari satelit – satelit yang melintas pada jalur GMT. Penurunan nilai TEC ionosfer pada saat GMT berkisar antara 40%. Selain itu, nilai TEC pada saat GMT berkurang 5 TECU dibandingkan TEC harian. Fenomena GMT tidak mempengaruhi satelit – satelit yang berada diluar lintasan GMT, Nilai TEC pada saat GMT lebih besar dibandingkan dengan nilai TEC harian. Pada stasiun pengamatan CAMP persentase penurunan nilai TEC 0%, hal ini disebabkan stasiun CAMB berada di luar lintasan GMT.

## REFERENSI

1. Kadarsah & Daud, A. (2016). Pengaruh Gerhana Matahari Total 9 Maret 2016 Pada Parameter Meteorologi Di Stasiun Meteorologi 745 Kemayoran. *Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa V*, Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN, Auditorium LAPAN, Bandung, 21 April 2016, 1-8.
2. Vita, A. N., Sunardi, B., Sulastri, & Sakya, A. E. (2016). Pengaruh Gerhana Matahari 09 Maret 2016 Terhadap Kandungan Total Elektron Ionosfer. *Prosiding Seminar Nasional Fisika 2017*, Universitas Negeri Jakarta, Gedung Fakultas MIPA, Jakarta, 1 Oktober 2017, **4EPA**, 51-56.
3. Husin, A., Jiyo, Anggaran, S., Ekawati, S., & Dear, V. (2016). Analysis Of Ionospheric Irregularities During Total Solar Eclipse 2016 Based On GNSS Observation. *Journal of Physics: Conference Series*, **771**, 012035(1-4).
4. Abidin. (2006). *Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
5. Unawe Indonesia. (2016). *Gerhana Matahari Total 9 Maret 2016 Observatorium Bosscha, Lembang, Jawa Barat*. Diakses pada 20 Juni 2017, URL: <https://bosscha.itb.ac.id/unawe/>.



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

# 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