

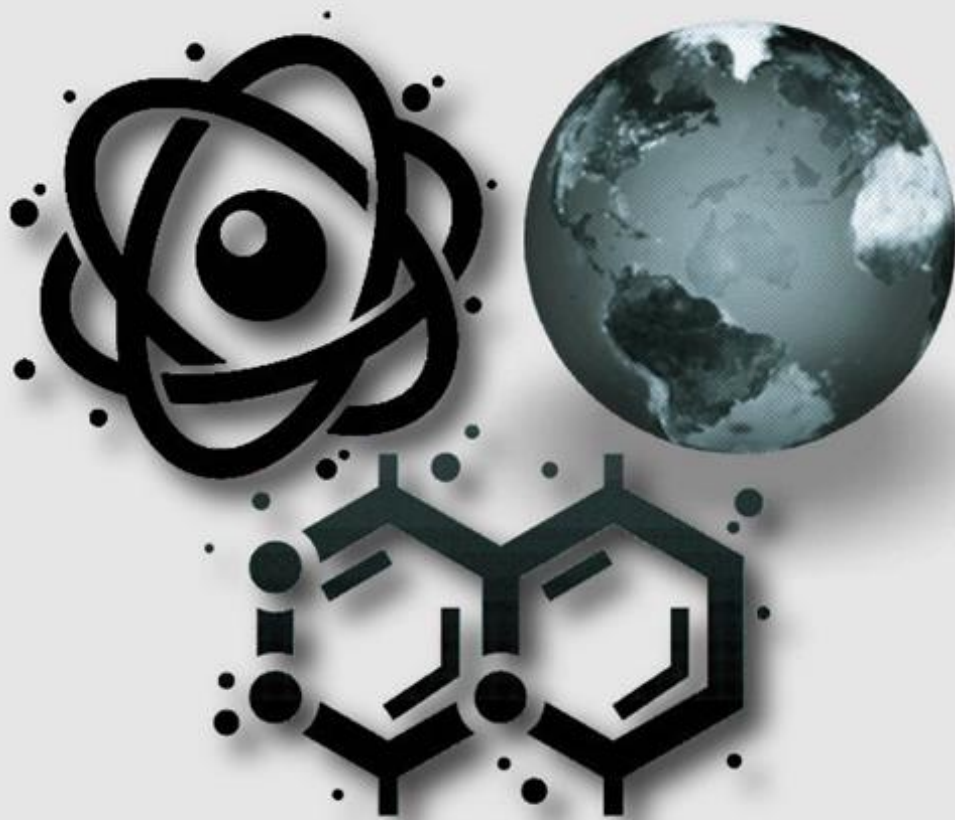
Vol.2 No.II Tahun 2019

P-ISSN : 2621-0215

E-ISSN : 2621-489X

Al-Fiziya

Journal of Materials Science, Geophysics,
Instrumentation and Theoretical Physics



Published by
Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

AL-FIZIYA:
Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation,
and Theoretical Physics

Vol. 2, No. II, Tahun 2019

EDITORIAL IN CHIEF

Dr. Sitti Ahmiatri Saptari

MANAGING EDITOR

Muhammad Nafian, M.Si

REVIEWER

Prof. Dr. Anto Sulaksono

Prof. Dr. rer. nat. Abdul Haris

Mada Sanjaya W.S, Ph.D.

Dr. Budhy Kurniawan

Dr. Supriyanto

Muhammad Aziz Majidi, Ph.D.

Dr. Agus Salam

Dr. Ambran Hartono

Dr. Sutrisno

Tati Zera, M.Si.

Ai Nurlaela, M.Si.

Erina Hertanti, M.Si.

Dewi Lestari, M.Si.

EDITOR

Arif Tjahjono, M.Si.

Edi Sanjaya, M.Si.

SECTION EDITOR

Elvan Yuniarti, M.Si.

Anugrah Azhar, M.Si.

Saipudin, M.Si.

Biaunik Niski Kumila, M.Sc.

LAYOUT EDITOR

Ryan Rizaldy, M.Si.

Alamat Redaksi

Gedung Fakultas Sains dan Teknologi Lt. 3
Jl. Ir. H Juanda No.95 Ciputat 15412 Tangerang
Telp. (6221)743731, (6221)7493315
Email: al-fiziya@uinjkt.ac.id

Published by:

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

PENGANTAR REDAKSI

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Puji Syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, dengan terbitnya *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation, and Theoretical Physics* Vol 2, No. II, Tahun 2019 dengan nomor ISSN: 2621-0215 dan E-ISSN: 2621-489X sebagai jurnal penelitian dan pengembangan ilmu fisika yang diterbitkan oleh Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Jurnal ini menyajikan artikel-artikel penelitian dan pengembangan terkini baik dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris di bidang fisika murni dan terapan, antara lain bidang fisika material, geofisika, fisika instrumentasi, dan fisika teori. Jurnal ini merupakan sarana publikasi bagi dosen dan para peneliti yang bergerak di bidang penelitian dan pengembangan ilmu fisika. Dengan demikian, melalui penerbitan jurnal ini kami memberikan kesempatan seluas-luasnya bagi siapapun yang ingin berpartisipasi dalam menyampaikan buah pikirannya melalui tulisan atau artikel yang akan kami muat pada edisi berikutnya.

Artikel yang masuk akan melalui proses seleksi oleh dewan editor dan review yang melibatkan mitra bestari baik dari para dosen ahli dibidangnya berdasarkan kesesuaian isi dan bobot karya ilmiah. Untuk informasi lengkap submit dan tata cara penulisan dalam *Al-Fiziya: Journal of Material Science, Geophysics, Instrumentation, and Theoretical Physics* dapat dilihat pada pedoman penulisan artikel di halaman akhir penerbitan atau dapat mengakses website kami di <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/al-fiziya>. Atas nama dewan redaksi, kami mengucapkan terimakasih atas dukungan dan partisipasi dari semua pihak hingga terbitnya *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation, and Theoretical Physics*.

Editorial in chief
Sitti Ahmiatri Saptari

Daftar Isi

Vol 2, No. II Tahun 2019

Pengantar Redaksi.....	i
Daftar Isi.....	ii
Nanda Ridki Permana, Rendini , Prediksi Waktu Berakhirnya Gempa Bumi Susulan dengan Empat Metode untuk Kejadian di Lebak, Banten, Pada 07-17 Juli 2018	68-72
Bagus Septyanto, Dian Nurdiana, Sitti Ahimiatri Saptari , <i>Ultra Short Baseline (USBL) Calibration for Positioning of Underwater Objects</i>	73-85
Ahmad Fathurrohman, A. Silvan Erusani, Ahmad Fauzan Haryono , Perancangan Sequence Backfill Di Lokasi Penambangan Bukit 7A Baru Studi Kasus PT. ANTAM, Tbk UBP Bauksit Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat	86-92
Alvin Dior Al Ghifari, Edi Sanjaya, Isnaeni , Pengaruh Doping Nitrogen, Sulfur, dan Boron terhadap Spektrum Absorbansi dan Fotoluminesensi Karbon Dot Asam Sitrat	93-101
Adya Nur Syafitri Wijaya, Tati Zera, Nur Hidayat , <i>Identification of Mineral Potential in Galang District Tolitoli Regency Using the Method of Resistance and Induced Polarization</i>	102-111
Ahmad Fauzan Haryono , <i>Final Pit Planning Coal Mining In 16 Phase 2 Seams In Pt. Ktc Coal Mining & Energy, Kecamatan. Palaran, Samarinda, East Kalimantan</i>	112-118
Adina Widi Astuti, Hamdan Hadi Kusuma, dan Biaunik Niski Kumila , Pembuatan dan Karakterisasi Plastik <i>Biodegradable</i> Berbahan Dasar Ampas Ubi Kayu dan Kulit Udang.....	119-128
Fawzan Ghalib Abdul Karim Bawahab, Elvan Yuniarti, Edi Kurniawan , Analisis Karakterisasi Teknologi <i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> dan <i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>	129-138

PREDIKSI WAKTU BERAKHIRNYA GEMPA BUMI SUSULAN DENGAN EMPAT METODE UNTUK KEJADIAN DI LEBAK, BANTEN, PADA 07 – 17 JULI 2018

Nanda Ridki Permana^{1,†}, Rendinis²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

²Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BBMKG) Wilayah II Ciputat, Jl. H. Abdul Gani No.05, Cempaka Putih, Ciputat Timur, Kota Tangerang Selatan, Indonesia

[†]nandaridki99@gmail.com

Diterima: Oktober 2018; Diperbaiki: Mei 2019; Disetujui: Mei 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstrak

Gempa bumi susulan (aftershocks) merupakan gempa yang terjadi setelah gempa bumi utama (mainshock) dengan magnitudo yang lebih kecil yang terjadi pada wilayah yang sama. Telah dilakukan penelitian tentang analisis prakiraan waktu berakhirnya gempa bumi susulan di Lebak, Banten pada tanggal 07 Juli 2018 – 17 Juli 2018. Metode yang digunakan adalah metode Omori, Mogi I, Mogi II dan Utsu, dimana nilai-nilai konstanta dari persamaan tersebut ditentukan dengan metode *Least Square*. Data yang diolah merupakan data gempa bumi susulan yang tercatat dari BBMKG Wilayah II Ciputat, Tangerang Selatan. Pada penelitian ini digunakan kasus gempa yaitu gempa Lebak pada tanggal 07 Juli 2018 – 17 Juli 2018. Waktu berakhirnya gempa bumi susulan untuk gempa bumi Lebak yaitu pada hari ke-11. Hasil analisis menunjukkan bahwa gempa bumi di Lebak mempunyai tipe gempa yaitu adanya gempa bumi pendahuluan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode yang sesuai untuk memperkirakan waktu berakhirnya gempa bumi susulan di Lebak adalah metode Utsu. Hasil prakiraan untuk Metode Utsu lebih mendekati data aktual daripada metode lainnya. Semakin mendekati waktu (t) berakhirnya gempa bumi susulan maka akan semakin menurun frekuensi gempa $n(t)$ susulan nya.

Kata Kunci: Gempa bumi susulan, Omori, Mogi I, Mogi II, Utsu.

Abstract

Aftershocks are earthquakes that occur after a major earthquake with a smaller magnitude that occurs in the same area. Research has been conducted on the analysis of the forecast time for the end of aftershocks in Lebak, Banten on July 7, 2018 - July 17, 2018. The method used is the method of Omori, Mogi I, Mogi II and Utsu, where the constant values of the equation are determined by the Least Square method. The processed data is aftershock data recorded from BBMKG Wilayah II Ciputat, South Tangerang. In this study the earthquake case was used, namely the Lebak earthquake on July 7, 2018 - July 17 2018. The time of the end of the aftershock for the Lebak earthquake was on the 11th day. The results of the analysis show that the earthquake in Lebak had an earthquake type, namely the presence of a foreshocks. The calculation results show that the appropriate method for estimating the end time of aftershocks in Lebak is the Utsu method. The forecast results for the Utsu Method are closer to the actual data than the other methods. The closer the time (t) to the end of the aftershock the lower the earthquake frequency $n(t)$ aftershocks.

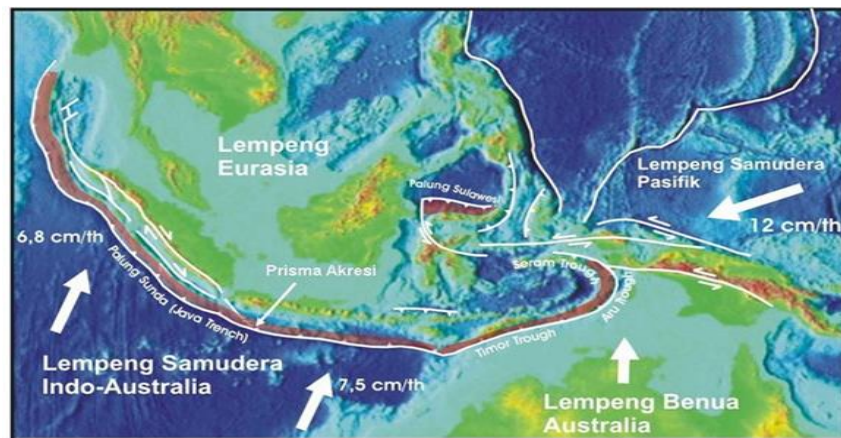
Keywords: Aftershocks, Omori, Mogi I, Mogi II, Utsu.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang sangat rawan terhadap bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh dua faktor yang saling berkait berikut, yang pertama posisi geologis Indonesia berada pada pertemuan 3 lempeng besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia (Gambar 1) [1]. Gaya interaksi antar-lempeng tersebut senantiasa menekan dan menggeser berbagai patahan yang tersebar di seluruh bagian Indonesia, baik di daratan maupun di dasar lautan, yang kedua pada masa lampau selama puluhan juta tahun Indonesia dibangun atas gabungan berbagai lempeng benua mikro dan busur gunung api, yang digerakkan oleh proses tektonik yang kompleks hingga berada di tempat saat ini, proses tumbukan puluhan lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya berbagai jenis patahan yang tersebar di berbagai tempat [2].

Oleh karena itu, meskipun Indonesia memiliki zonasi kawasan rentan gempa bumi di sepanjang daerah-daerah yang dekat dengan wilayah interaksi lempeng tektonis, seperti di pesisir selatan Jawa dan pesisir barat Sumatera, namun Indonesia juga kerap mengalami gempa bumi pada daerah yang jauh dari zona interaksi lempeng (misal: Gempa Tarakan, Kalimantan Utara, 21 Desember 2015). Telah ratusan ribu jiwa tercatat menjadi korban bencana gempa bumi tektonis di Indonesia, yang terjadi di berbagai daerah.

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi) [4]. Setelah gempa bumi utama biasanya terjadi gempa bumi susulan yang magnitudonya lebih kecil dari pada gempa bumi utama yang berangsur-angsur berakhirnya gempa bumi, peristiwa ini biasanya disebut peluruhan gempa bumi. Menurut penulis peluruhan gempa bumi perlu dipelajari dan diteliti jika terjadi gempa bumi agar dapat memberitahukan gempa susulan setelah gempa utama selesai.



Gambar 1. Pertemuan 3 lempeng besar di Indonesia

Untuk meminimalisir dampak bencana gempa bumi susulan, dalam hal ini penulis tertarik meneliti tentang masalah peluruhan gempa bumi (berakhirnya gempa bumi susulan) yang terjadi di daerah Lebak, Banten pada tanggal 07 Juli 2018 – 17 Juli 2018 dengan Metode Omori, Mogi I, Mogi II dan Utsu yang diambil dari data gempa bumi utama dan gempa bumi susulan dari kantor BBMKG Wilayah II Ciputat, Tangerang Selatan.

DATA DAN METODE PENELITIAN

Data penelitian ini, menggunakan data yang tercatat di kantor BBMKG Wilayah II Ciputat, Tangerang Selatan. Data ini merupakan data, gempa bumi utama dan gempa bumi susulan yang terjadi di Lebak, Banten pada tanggal 07 Juli 2018-17 Juli 2018. Dari data gempa bumi diperoleh informasi bahwa gempa bumi utama terjadi pada pukul 10:56:06 WIB pada tanggal 07 Juli 2018 yang disusul gempa bumi susulan yang terjadi pada pukul 11:01:15 WIB pada tanggal 07 Juli 2018 sampai dengan pukul 12:48:00 WIB pada tanggal 17 Juli 2018.

Data yang digunakan hanya data gempa bumi susulan untuk menentukan prakiraan berakhirnya gempa bumi susulan, pada data yang diperoleh terdapat gempa bumi susulan terjadi dalam waktu 11 hari dengan 27 kali kejadian gempa bumi. Pada saat pengolahan data menggunakan metode Omori, Mogi 1, Mogi 2, dan Utsu (Metode Peluruhan) yang diperlukan adalah waktu gempa bumi (t) dan frekuensi gempa bumi terhadap waktu (t) (banyaknya kejadian gempa bumi tiap waktu (t)) yaitu n(t).

Dalam hal ini diatur waktu(t) nya dalam 2 hari sekali dan terdapat 6 t atau sama dengan 12 hari, seharusnya sama dengan 11 hari, dikarenakan data gempa bumi susulan tidak muncul untuk setiap harinya, maka dibuat 12 hari agar mempermudah perhitungan, karena di hari ke 12 sudah tidak terdapat gempa bumi susulan lagi, maka t nya lebih akurat 5,5 t agar sama dengan data riil berakhirnya gempa bumi susulan, maka frekuensi gempa bumi n(t) dihitung berapa banyak terjadinya gempa bumi dalam waktu 2 hari sekali. Dalam hal ini seharusnya Tabel 1 di bawah ini menyajikan frekuensi gempa bumi n(t) dengan waktu (t).

Tabel 1. Frekuensi gempa bumi susulan berdasarkan waktu

Waktu (t) (2 hari)	Hari	Frekuensi Gempa Bumi n(t)
1	2	17
2	4	5
3	6	1
4	8	1
5	10	1
6	12	2

Hubungan antara frekuensi gempa bumi susulan n(t) dan waktu (t) dapat dianggap sebagai suatu hubungan *linear* jika dilihat dari banyaknya gempa bumi susulan yang rata-rata menurun terhadap waktu [5]. Maka perhitungan waktu berakhirnya gempa bumi susulan dengan menggunakan regresi *linear* persamaan Omori, Mogi I, Mogi II, dan Utsu adalah sebagai berikut:

a) Metode Omori:

$$\frac{1}{n(t)} = \frac{c}{k} + \frac{1}{k} \cdot t \quad (1)$$

b) Metode Mogi I

$$\log n(t) = \log \alpha - b \log t \quad (2)$$

c) Metode Mogi II:

$$\ln n(t) = \ln \alpha - b \cdot t \quad (3)$$

d) Metode Utsu:

$$\log n(t) = \log \alpha - b \log [t + 0.01] \quad (4)$$

n(t) adalah frekuensi gempa bumi susulan pada selang waktu tertentu, t adalah waktu setelah gempa bumi utama terjadi, c, k, a, dan b adalah parameter seismotektonik. Untuk memperoleh nilai t (waktu berakhirnya gempa bumi susulan), maka nilai konstanta A dan B diasumsikan pada masing-masing persamaan dari metode Omori, Mogi I, Mogi II, dan Utsu [3]. Perhitungan koefisien korelasi dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan linear antar variable frekuensi gempa bumi n(t) dengan waktu (t), yang diformulasikan sebagai berikut:

$$r_{yx} \text{ atau } r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{atau} \quad (5)$$

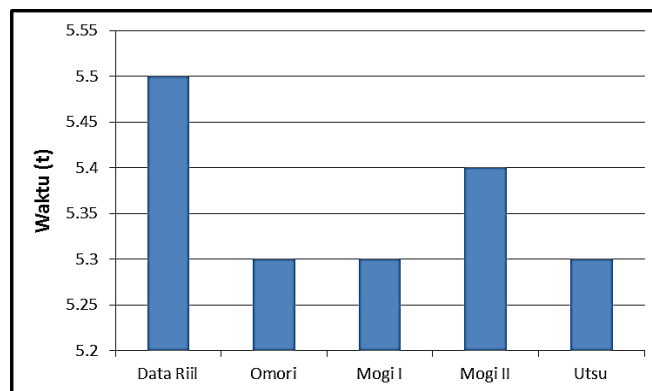
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}} \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengolahan data gempa bumi susulan yang terjadi di Lebak, Banten yang terjadi pada tanggal 07 Juli 2018 dengan 4 metode yaitu Metode Omori, Metode Mogi I, Metode Mogi II, dan Metode Utsu, didapatkan nilai prediksi waktu berakhirnya gempa bumi susulan (t) dan nilai korelasi (r) antara waktu berakhirnya gempa bumi susulan (t) dengan frekuensi gempa bumi susulan $n(t)$. Dari hasil pengolahan data yang didapat, dipilih metode mana yang lebih tepat memprediksi waktu berakhirnya gempa bumi susulan (t) berdasarkan data asli gempa bumi susulan dan melihat nilai korelasi yang mendekati nilai -1. Berikut adalah tabel hasil pengolahan data gempa bumi susulan (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil korelasi (r) dan prediksi waktu berakhirnya gempa bumi susulan (t)

Metode	R	t (setiap 2 hari)
Omori	-0,5679	5,3
Mogi I	-0,8533	5,3
Mogi II	-0,7169	5,4
Utsu	-0,8540	5,3



Gambar 2. Perbandingan hasil pengolahan data untuk masing-masing metode dengan data riil.

Berdasarkan Gambar 2 di atas, gempa bumi susulan terjadi selama 11 hari atau $t = 5,5$, metode yang mendekati data riil pada kejadian ini adalah metode Utsu, jika dilihat dari tabel di atas waktu (t) dari metode Utsu sama dengan metode Omori dan Mogi I, tetapi untuk koefisien korelasi metode Utsu lebih baik dibanding metode Omori dan Mogi I, karena semakin mendekati -1 koefisien korelasinya (r) maka akan sesuai dengan data riil nya, jika semakin besar waktu (t) maka frekuensi gempa bumi $n(t)$ akan menurun.

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan analisis terhadap perkiraan waktu berakhirnya gempa bumi susulan di Lebak pada data gempa bumi pada tanggal 07 Juli 2018 – 17 Juli 2018 menunjukkan bahwa Metode yang kemungkinan cocok dan mendekati data riil menggunakan metode Utsu dengan waktu berakhirnya gempa susulan (t) adalah 5,3 dan koefisien korelasinya (r) adalah -0,8540, nilai korelasi negatif menyatakan bahwa jika semakin besar waktu (t) maka frekuensi gempa $n(t)$ akan menurun

REFERENSI

- [1] Karya Pemuda. 2019. Pengertian Gempa Bumi di <https://karyapemuda.com/pengertian-gempa-bumi/> (Diakses 07 Februari 2019).
- [2] Wikipedia. 2019. Gempa Bumi. [Internet]. Tersedia di: https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi
- [3] Wikipedia. 2018. Gempa Susulan. [Internet]. Tersedia di: https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_susulan
- [4] Sugianto, Dedi dkk. 2017. Potensi Rendaman Tsunami Di Wilayah Lebak Banten.

- [5] Rahmad Efendi. 2011. Analisis Waktu Berakhirnya Gempa Bumi Susulan Dengan Metode Mogi (Studi Kasus: Gempa Bumi Pagai Selatan 25 Oktober 2010 Dan Pariaman 30 September 2009). Skripsi. Jakarta: UIN Jakarta.

ULTRA SHORT BASELINE (USBL) CALIBRATION FOR POSITIONING OF UNDERWATER OBJECTS

Bagus Septyanto ^{1,†}, Dian Nurdiana ², Sitti Ahimiatri Saptari¹

¹Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Syarif Hidayatullah Islamic State University, Jakarta, Ir. H. Djuanda St. No.95, Cempaka Putih, Ciputat, South Tangerang, Banten 15412, Indonesia

²PT. Fugro Indonesia, AD Premier Office Park, 18 floor, T.B. Simatupang St, No. 55, Ragunan, Pasar Minggu, South Jakarta, 12250, Indonesia

[†bseptyanto@gmail.com](mailto:bseptyanto@gmail.com)

Diterima: Januari 2019; Diperbaiki: Juni 2019; Disetujui: Juni 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstrak

Pada umumnya, survey penentuan posisi menggunakan sistem satelit navigasi global. Satelit tersebut secara kontinyu mengirimkan sinyal radio ke permukaan bumi dan dideteksi oleh sensor penerima menjadi fungsi posisi dan waktu. Gelombang radio tidak baik menjalar pada medium air, sehingga pada penentuan posisi bawah laut menggunakan gelombang akustik. Salah satu jenis penentuan posisi bawah laut adalah USBL. USBL merupakan sistem penentuan posisi yang berdasarkan pada pengukuran jarak dan sudut. Berdasarkan jarak dan sudut, maka posisi dari target dalam kordinat kartesian dapat dideteksi. Dalam Pelaksanaannya, efek pergerakan kapal menjadi salah satu faktor yang menentukan tingkat akurasi dari sistem USBL. Pergerakan kapal berupa *pitch*, *roll*, dan *orientation* yang tidak terdefinisi *receiver* menyebabkan posisi target mengalami penyimpangan dalam kordinat X, Y dan Z. Kalibrasi USBL dilakukan untuk mendefinisikan kesalahan sudut. Kalibrasi USBL dilakukan dengan dua metode. Pada kalibrasi USBL statis *Single Position* diperoleh nilai koreksi *orientation* sebesar 1.13° dan *scale factor* 0.99025. Untuk kalibrasi USBL *Quadrant* diperoleh nilai koreksi *pitch* sebesar -1.05° , *Roll* -0.02° , *Orientation* 6.82° dan *scale factor* 0.9934. Hasil kalibrasi *Quadrant* mengurangi tingkat kesalahan posisi menjadi $0.276 - 0.289\text{m}$ pada kedalaman 89m dan $0.432\text{m} - 0.644\text{m}$ pada kedalaman 76m

Kata Kunci: Penentuan Posisi, Kalibrasi USBL, Metode Single Position, Metode Quadrant.

Abstract

In general, surface positioning using a global satellite navigation system (GNSS). Many satellites transmit radio signals to the surface of the earth and it was detected by receiver sensors into a function of position and time. Radio waves really bad when spreading in water. So, the underwater positioning uses acoustic wave. One type of underwater positioning is USBL. USBL is a positioning system based on measuring the distance and angle. Based on distance and angle, the position of the target in cartesian coordinates can be calculated. In practice, the effect of ship movement is one of the factors that determine the accuracy of the USBL system. Ship movements like a *pitch*, *roll*, and *orientation* that are not defined by the receiver could changes the position of the target in X, Y and Z coordinates. USBL calibration is performed to detect an error angle. USBL calibration is done by two methods. In USBL calibration *Single Position* obtained *orientation* correction value is 1.13° and a *scale factor* is 0.99025. For USBL *Quadrant* calibration, *pitch* correction values is -1.05° , *Roll* -0.02° , *Orientation* 6.82° and *scale factor* 0.9934 are obtained. The *quadrant* calibration results decrease the level of error position to $0.276 - 0.289\text{m}$ at a depth of 89m and $0.432\text{m} - 0.644\text{m}$ at a depth of 76m

Keywords: Positioning, USBL Callibration, Single Position Method, Quadrant Method

INTRODUCTION

In general, the positioning system is based on the Global Navigation Satellite System (GNSS). One type of GNSS is GPS. GPS is a satellite navigation system that belongs to the United States. GPS is operated on 24 satellites that are constantly orbiting the earth. This satellite is equipped with an atomic clock and sends radio signals to the earth as a function of time and location for GPS receivers [1]. GPS using radio signals. Radio signals can propagate well in the air, but not well in the water. This is because radio waves will spreading and absorption by the water, so that they can only propagate very short distances. Therefore, in underwater positioning, GPS technology is less than optimal for use. So, in a marine survey (offshore), positioning using an acoustic wave propagation. This is because acoustic wave can propagate well in the water [2]. The underwater positioning are used for underwater works such as oil and gas, offshore construction activities (offshore), rescue aircraft crash operations, and marine archeology [3]

The Underwater positioning system consists of several methods, namely Long Baseline (LBL), Short Baseline (SBL), and Ultra Short Baseline (USBL) [4]. In this research, I'm using an USBL method. The advantage of the USBL method is that the installation process is relatively easy because it does not require too many instruments so operational costs are not too high [5]. The USBL is a method of underwater positioning using two main instruments namely the transducer and transponder.

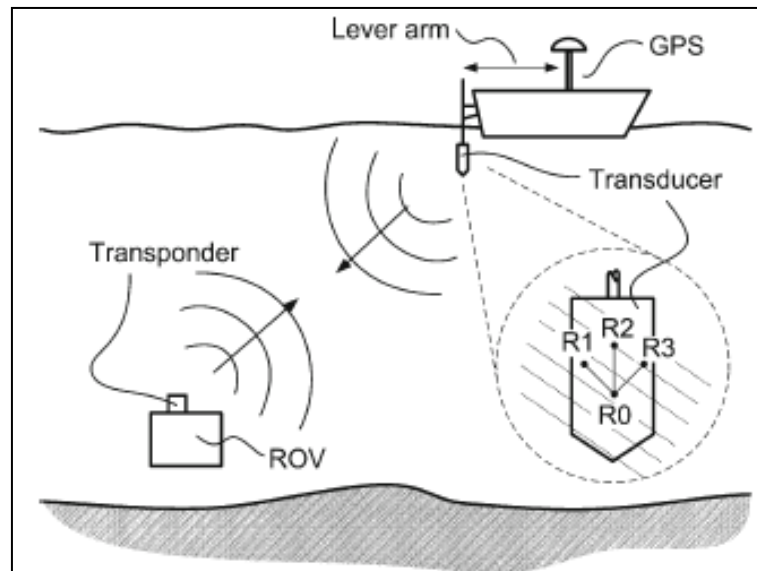


Figure 1. Ultra Short Baseline (USBL) Method

In principle, the transducer is installed under the draft of the ship which functions to emit acoustic waves under the sea and receive it back after reflecting from the transponder. Transponders installed on survey objects or tools such as ROV and Towfish that want to know their position. The transponder functions is to receive and reflect the waves emitted by the transducer. If it is known that the sound wave propagation under the sea based on the Sound Velocity Profiler tool and the wave travel time until the transducer is received, the distance between the transducer and the transponder (slant range) can be known [6]. In addition to the distance parameter, the reflection wave angle parameter is an important factor in USBL. Error reading of the angle a few degrees will reduce the level of USBL accuracy. This is what causes the USBL system is not well used for the purposes of surveys in the deep sea, because the level of accuracy is not good. The incident wave angle at USBL is obtained based on the phase difference between some receiver elements in the transducer. Based on the distance (R) and angle (θ), the position in the X and Y coordinates will be obtained by transforming from the polar coordinates into the Cartesian coordinates

In its implementation, the effect of ship movements such as pitch, roll and orientation will affect the accuracy of the USBL. That is because, the transducer on USBL was installed using

a large enough mechanical pipe, which was installed on the survey ship. Ideally, the pitch, roll and orientation values are 0° during the transducer installation. Value 0° in the installation process, used as an initial parameter when the positioning process is carried out. However, this situation will be very difficult to obtain due to sea conditions that are always undulating. To minimize positioning errors, the Motion Reference Unit (MRU) instrument is used to detect the effect of the ship's movement. After the installation of the MRU too, it turned out that there was still a large enough position error. In several studies related to USBL, to reduce the position error rate which is quite large, the USBL calibration process is carried out.

Jan Obderbeck in 1997 had conducted research related to USBL calibration in the deep ocean with a depth of about 2548 m. In that study, correction of angular errors caused position errors on USBL to decrease from 48 m to 14 m in the 5th iteration [7]. Li et al in 2013 found that an angle error of 1 " during USBL installation caused a position error of 1.7% for slant range [8] and Jinwu et al in 2018 found that an angle error of 2" during installation caused a position error of 35m for sea depth of 1000 m [9]. In another study, Yu Min and Hui Junyin in 2010 calibrated the transducer array and obtained position data that were close to the position based on GPS signals [10].

The main factors that affect the accuracy of the USBL position are system model errors, measurement errors of marine environment parameters, error of time delay measurements and installation errors of the transducer array [11]. Errors in installing transducer arrays are the main source of errors for USBL positioning systems, and must be corrected accurately before they are used in survey activities [12]. Calibration of installation error of acoustic array USBL can be done by defining the effect of the movement of ships at sea [7]. In this study, focused on the effect of USBL calibration in the form of the effect of the ship's movement on the level of accuracy in the positioning system.

ULTRA SHORT BASELINE (USBL)

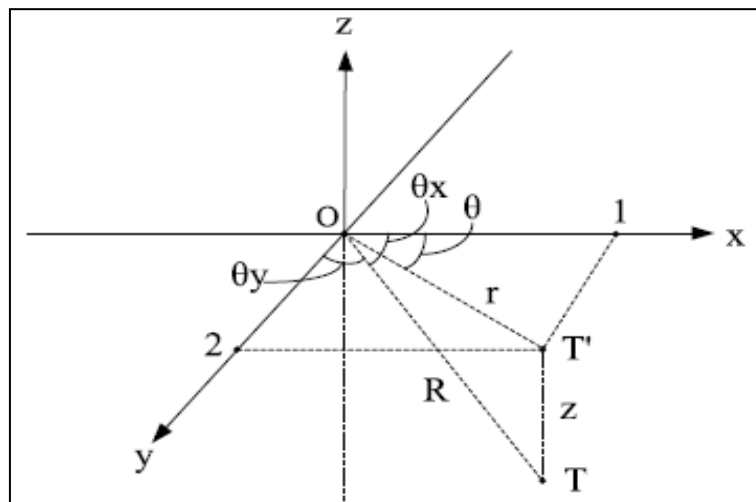


Figure 2. Schematics of USBL Positioning System [9]

In fig. 2 explained that O is the transducer position, T is the transponder position, T 'is the projection of the transponder position in the horizontal plane, θ_x is the angle between the X coordinate and the transponder distance (R) and θ_y is the angle between the Y coordinate and the transponder distance (R). The $\cos \theta_x$, $\cos \theta_y$ and θ can be determined based on the cosine equation below.

$$\cos \theta_x = \frac{x}{R} \quad (1)$$

$$\cos \theta_y = \frac{y}{R} \quad (2)$$

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} \quad (3)$$

Where θ is the angle formed between the X coordinate and the transponder position in the horizontal projection (T '). While x is the position in coordinate X and y is the position in

coordinate Y, so that from the Eq. (2) and Eq. (3), the transponder location can be determined based on X coordinates and Y coordinates through the Eq. (4) and Eq. (5).

$$x = R \cos \theta_x \quad (4)$$

$$y = R \cos \theta_y \quad (5)$$

R is the distance between the sensor element on the transducer and the transponder. The vector T coordinate on the transponder is $\bar{\{OT\}}$, so the distance R from the transponder T to the original coordinate can be determined based on Eq. (6)

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (6)$$

In addition to the distance of the transducer to the actual position of the transponder, there is also r which is the distance between the transducer to the projected position of the transponder in the horizontal plane. Based on the Pythagorean theorem, the distance r can be determined based on Eq. (7). In addition, by substituting the Eq. (7) into the Eq. (6), then the depth of the transponder symbolized by Z can be determined through the Eq. (8)

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (7)$$

$$z = \sqrt{R^2 - r^2} \quad (8)$$

However, operationally the value of R is determined based on the acoustic wave propagation time received by the transducer and the acoustic wave propagation speed under sea water. Where in this case, it is assumed that the acoustic wave velocity under sea water has a uniform value, so that the value of R can be determined according to Eq. (9)

$$R = \frac{c \Delta t}{2} \quad (9)$$

Where C is the acoustic wave propagation velocity under the sea (m / s) and Δt is the acoustic wave propagation time to the transducer. On USBL systems, the angle values $\cos \theta_x$ and $\cos \theta_y$ are obtained from the difference in wave phase received by the receiver element in the transducer. Where the receiver element is located at two different baselines. Receiver elements 1 and 3 are located in the X coordinate of the coordinate system in the USBL acoustic sensor element array. Receiver elements 2 and 4 are located in the Y coordinate of the coordinate system in the USBL acoustic sensor element array. For more details, can be seen in fig. 3. The phase difference of the signals received by receivers 1 and 3 can be defined according to Eq. (10) and the phase difference of the signals received by receivers 2 and 4 can be defined via Eq. (11)

$$\varphi_{1.3} = \frac{2\pi d \cos \theta_x}{\lambda} \quad (10)$$

$$\varphi_{2.4} = \frac{2\pi d \cos \theta_y}{\lambda} \quad (11)$$

Where $\varphi_{1.3}$ is the phase difference between the two receiver elements in the X coordinate, $\varphi_{2.4}$ is the phase difference between the two receiver elements in the Y and d coordinates is the distance between the two receiver elements at the baseline.

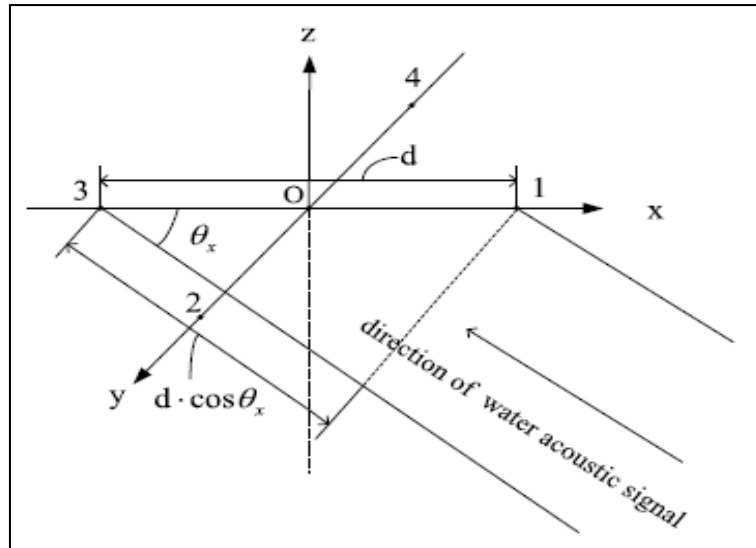


Figure 3 Phase Different Between Two Receiver Elements

Based on the phase difference obtained from the Eq. (10) and the Eq. (11), the angles θ_x and θ_y can be determined through Eq. (12) and the Eq. (13)

$$\cos \theta_x = \frac{\lambda \varphi_{1.3}}{2\pi d} \quad (12)$$

$$\cos \theta_y = \frac{\lambda \varphi_{2.4}}{2\pi d} \quad (13)$$

By substituting the Eq. (12) and the Eq. (13) into the Eq. (4) and Eq. (5), the values of the X coordinate and the Y coordinate of the transponder position can be determined by distance and bearing. While the Z coordinates can be calculated by substituting the Eq. (7) to the Eq. (8) to get the Eq. (16).

$$x = \frac{R \lambda \varphi_{1.3}}{2\pi d} \quad (14)$$

$$y = \frac{R \lambda \varphi_{1.3}}{2\pi d} \quad (15)$$

$$z = R\sqrt{1 - \cos^2\theta_x - \cos^2\theta_y} \quad (16)$$

Based on the Eq. (14), (15) and (16), the transponder position can be determined based on X coordinates, Y coordinates and Z coordinates.

$$Pt = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{R \lambda \varphi_{1.3}}{2\pi d} \\ \frac{R \lambda \varphi_{1.3}}{2\pi d} \\ R\sqrt{1 - \cos^2\theta_x - \cos^2\theta_y} \end{bmatrix} \quad (17)$$

METODOLOGY

In this research, the tools used for the USBL calibration process include a transducer and transponder unit, a set of Portable Fusion USBL System boxes consisting of 3 modules, namely the Navigation Controller Unit (NCU) module, a computer module and a monitor module, a set of starpack type GNSS to find out the absolute location of the survey ship, a compass gyro unit to determine the geographic north position of the earth. motion reference unit (MRU) to detect changes in the angle of the transducer, and PC unit equipped with Microsoft Excel, Starfix NG 2018, and WSM Terminal applications

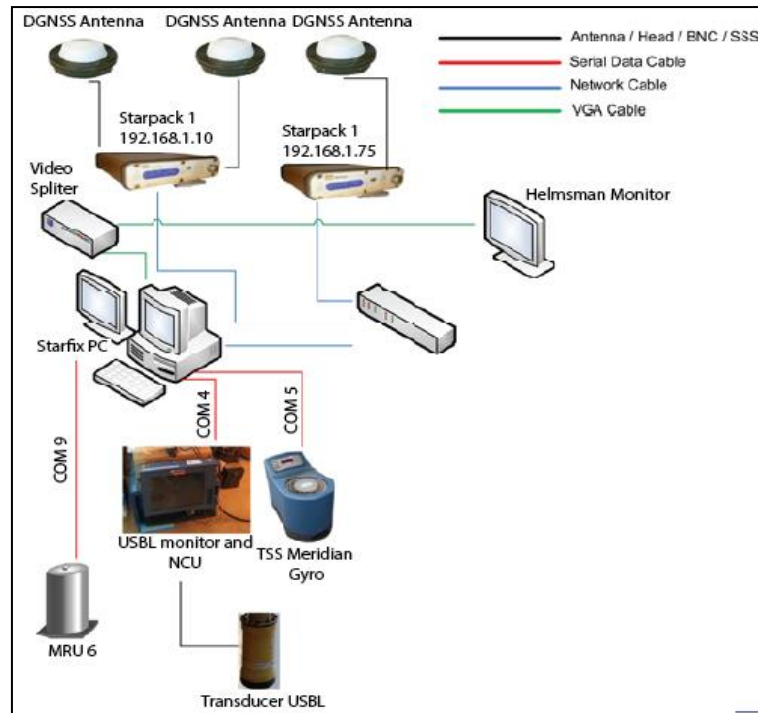


Figure 4. Desain Instalasi Alat Penelitian

This research begins with the installation of the tool as shown in Fig. 4. Then, configure tools using Starfix NG 2018 such as defining ship offsets, defining geodesy, defining sound wave propagation at sea and connecting all research instruments. If the parameters in the calibration have been entered and defined, the calibration process can be carried out. Furthermore, the results of USBL calibration in QC to see whether the calibration results are in accordance with needs or not through the USBL verification process. The verification process is carried out by entering the calibration value as a parameter of the angle of error in the operation of the USBL system

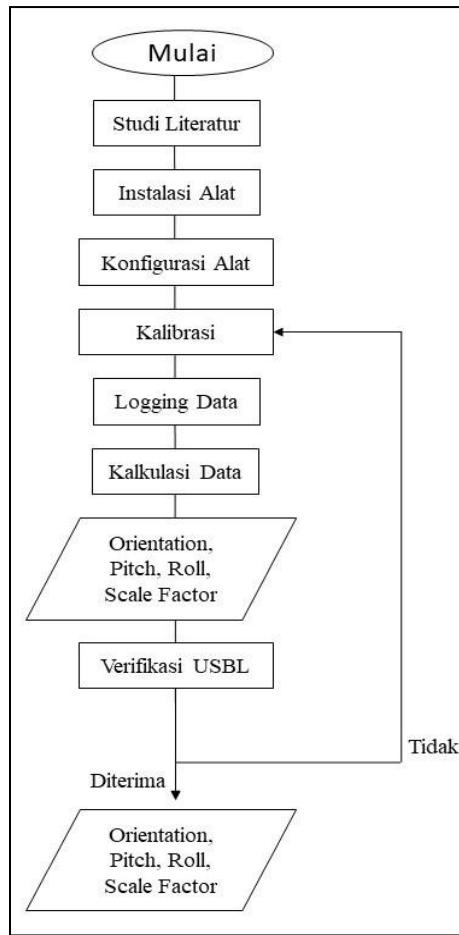


Figure 5. Flow Chart of This Research

In this paper, USBL calibration is carried out by two methods, namely the single position static method and the Quadrant / Box in method. USBL single position static calibration is located of Terengganu, Malaysia. The ship used in this calibration is a barge type. The transducer position is placed in the centre of starboard barge and two transponders are placed respectively in starboard bow and starboard stern of the barge. Furthermore, the Gyro compass is mounted on the ship and connected to the Navigation Control Unit (NCU) to determine the orientation position of the ship. After all equipment is ready, the data logging process is carried out.

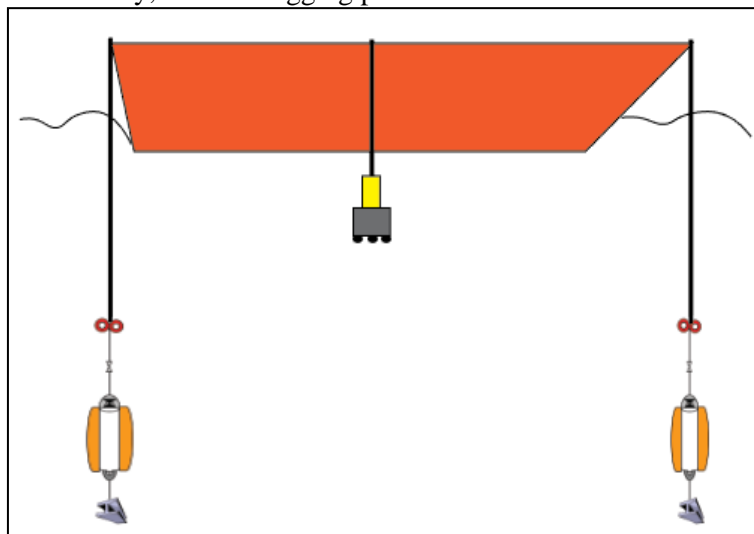


Figure 6. Schematic of Static Calibration

Quadrant / Box in calibration is located around Natuna Island, Indonesia. The ship used in this calibration process is Servewell Sincere. Based on Single Beam Echosounder data, the depth of the sea in the survey area is around 94 m. To find out the fast spread of sound propagation at sea, the Sound Velocity Profile (SVP) data was collected using the Sound Velocity Profiler type AML SVplus. The data will later be used as a quick reference wave propagation under the sea in the NCU module. Based on the calibration design, the transponder position is at coordinate 648519.305 S and 477390,781 N using UTM zone 48N projection and WGS 84 datum. To find out the effect of vessel and pitch movement, MRU instrument is used 6. The Gyro compass instrument is used to get orientation influence on vessels . According to the Quadrant / box in calibration procedure, the orientation position of the ship when logging data must be the same at each point. Determination of the orientation of the ship is based on the direction of the current and sea breeze so that the orientation is expected to be more stable. In this study, the orientation position of the ship is at 210°. In addition, the angle between the calibration points must be at an angle of 90°. For more details, can be seen in Fig. 6 which is a Quadrant / box in USBL static calibration design.

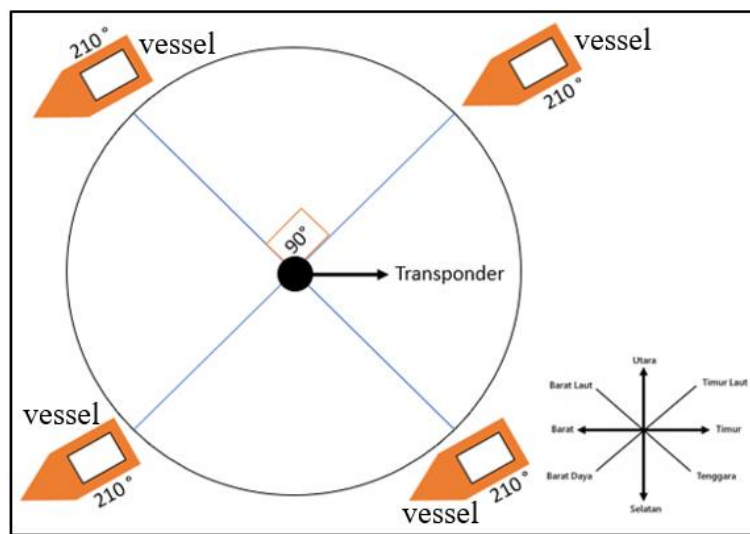


Figure 7. Schematic of Quadrant/Box in Callibration

RESULTS AND DISCUSSION

The transponder position data on a single position static calibration is spread according to fig. 2. From the raw data in table 1, the next process is the calculation as shown in table 2. To get the transponder orientation value, we can use tangential trigonometric equations that convert the Cartesian coordinates (X, Y) into polar coordinates (θ , R), so obtained angle of orientation on the transponder based on Eq. (18). After getting the transponder orientation position, the difference in the transponder orientation can be known. The depth of the transponder is obtained based on the estimated calculation and the transponder depth based on easting and northing position data. The transponder depth based on position coordinates can be calculated through the Pythagorean theorem in the Eq. (19). The Pythagorean theorem is used because the distribution of transponder positions forms a right triangle which can be seen in FIG. 8

$$\text{Tan } \theta = \frac{\Delta \text{Easting}}{\Delta \text{Northing}} \quad (18)$$

$$\text{Beacon Distance Observed} = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \quad (19)$$

$$\text{Scale Factor} = \frac{(\text{Beacon Distance Obs})}{(\text{Beacon Distance Cal})} \quad (20)$$

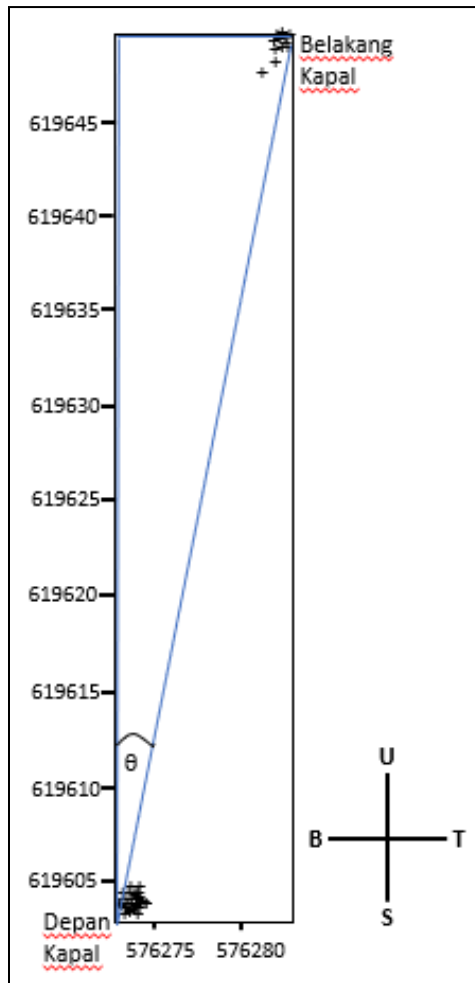


Figure 8. Positioning Distribution Data of Static Callibration

Table 1. Raw Data in Static Callibration

Date	Time (Loc)	Fix No.	Stbd_Stern Transponder		Stbd Bow Transponder		Gyro Orientation (C)
			Easting (X2)	Northing (Y2)	Easting (X1)	Northing (Y1)	
25/08/2007	16:06:21	2	576281.57	619647.23	576274.8	619603.443	190.7
25/08/2007	16:06:26	3	576282.28	619648.14	576274.86	619603.408	190.8
25/08/2007	16:06:31	4	576282.69	619648.85	576274.79	619603.524	191
25/08/2007	16:06:36	5	576282.88	619649.27	576274.52	619603.703	191.2
25/08/2007	16:06:41	6	576282.98	619649.48	576274.22	619603.721	191.3
25/08/2007	16:06:46	7	576282.77	619649.51	576274.15	619603.654	191.3
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
25/08/2007	16:12:56	81	576282.26	619649.16	576274.40	619604.08	190.80

Table 2. Calculation Data in Static Callibration

Transponder Orientation (O)	Orientation C-O	Transponder Distance		Scale Factor
		Observed	Calculated	
188.83	1.872	44.308	46.400	0.95492

189.47	1.334	45.342	46.400	0.97720
189.93	1.072	46.006	46.400	0.99151
190.43	0.766	46.331	46.400	0.99851
190.89	0.411	46.591	46.400	1.00413
190.69	0.608	46.656	46.400	1.00551
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
189.93	0.866	45.756	46.400	0.98611

Table 3. Correction Result to Orientation and Scale Factor on Static Callibration

Mean Orientation Corr.	1.13°	Scale Factor	0.99025
Stand. Deviation	0.461	Stand. Deviation	0.012

Keep in mind that the static calibration data only gets orientation and scale factor values. That is because the calibration process is only carried out at that point without changing locations. Based on the average calculation, the mean orientation correction value is 1.13° with a standard deviation of 0.461 and a scale factor of 0.99025 with a standard deviation of 0.012

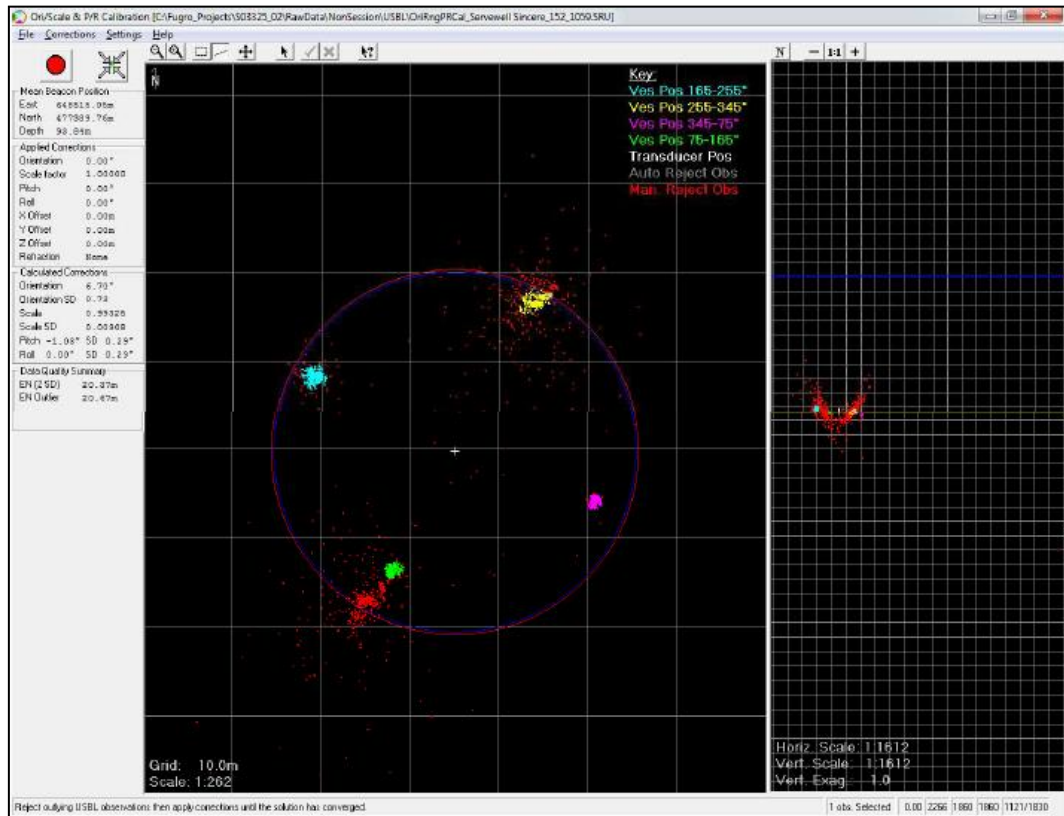


Figure 9. Sebaran Data Posisi Sebelum Kalibrasi

In Fig. 8, locations of transponders which are divided into four spreads located in the northeast, southeast, southwest and northwest. This difference in distribution is due to an error in the effect of ship movement in the form of pitch, roll, and orientation. Therefore, a USBL calibration process is carried out so that errors in the ship's movement effects can be defined and entered into the USBL system. From the quadrant / box in USBL static calibration, the raw data obtained are time, location coordinates, transponder distance to transducer (height), pitch, roll, and orientation. Then the statistical calculation process is carried out to get the error value from

the effect of the ship's movement in the form of pitch, roll, orientation and scale factor through the Eq. (21)

$$Vessel\ Correction = \bar{x} - x \tag{21}$$

Where vessel correction is the correction value of pitch, roll, orientation and scale factor. \bar{x} is the average value and x is the value of each pitch, roll, orientation and scale factor .. After obtaining the vessel correction value, the average and standard deviation of the vessel correction can be identified and used as a parameter of the angular error in the system USBL.

Table 4. Correction Result of Quadrant/Box in Calibration

CORRECTION RESULT	
Orientation	6.82 °
Range Scale	0.9934
Pitch	1.05 °
Roll	0.02 °
X	0 m
Y	0 m
Z	0 m

Table 2 is the result of calculating angular errors in pitch, roll, orientation and scale factor. Fig. 9 is the final data set after the vessel correction is entered into the Starfix NG 2018 software and is re-iterated 9 times. In the picture we can see the spread point locations of transponders that are close to each other compared to before the USBL calibration process is done which means the level of accuracy of the USBL system increases.

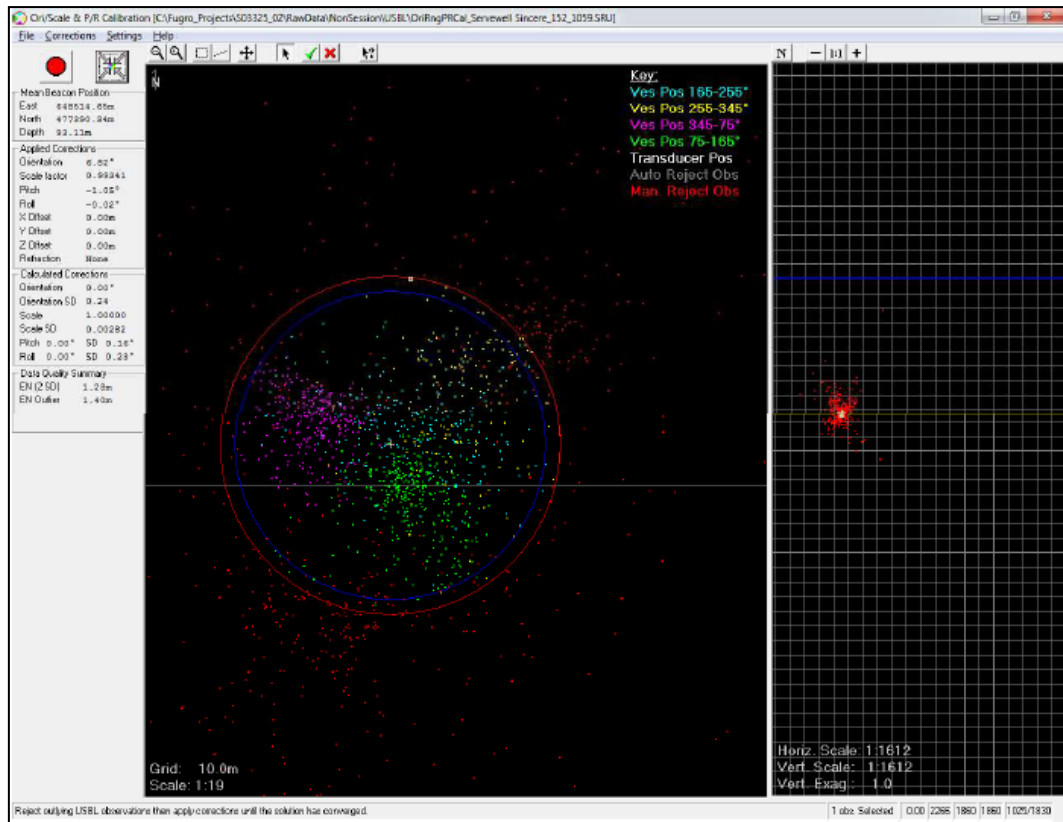


Figure 10. Data Distribution After Calibration

USBL verification is carried out to find out whether the results of the USBL calibration can be used in determining underwater position or not. Verification is done by comparing the

position data based on GPS and USBL instruments. The transponder is mounted behind the ship with shallow depth and the absolute position of the transponder is known based on the GPS system. Then, the USBL system also detects the position of the transponder. This difference in GPS and USBL position data is used in the USBL verification process. According to technical procedures, the maximum error value or the difference from USBL verification is 1% of the sea depth. That means, if the position error value of the USBL verification results exceeds 1% of the sea depth of the survey area, the results of the calibration data cannot be accepted and used. In this study, USBL verification was carried out in two different places, namely the Belanak region and the Belida region. In the Belanak Region, it has a sea depth of about 89 m and in the Belida region, it has a sea depth of around 76m

Table 5 Verification Result on Belanak Hasil Verifikasi USBL di Wilayah Belanak

Result	Positioning Error on <i>Easting</i> (m)	Positioning Error on <i>Northing</i> (m)
Δ Average	0.289	0.276
Standard Deviation	0.364	0.440

Table 6 Verification Result on Belida Field

Hasil	Kesalahan Posisi Pada <i>Easting</i> (m)	Kesalahan Posisi Pada <i>Northing</i> (m)
Δ Rata-Rata	0.432	- 0.644
Standar Deviasi	0.176	0.156

Based on the results of USBL verification, the position error value on the USBL system is still at an acceptable because it does not exceed 1% of the sea depth. However, the position error in the Belida region was greater than in the Belanak region. In fact, the depth of the Belanak sea is greater than Belida. That is because the sea condition at the time of verification in Belida experienced waves large enough to reduce the accuracy of the USBL.

CONCLUSION

1. Successful calibration of Single Position static USBL (case study off Terengganu, Malaysia) with orientation correction value of 1.13° with a standard deviation of 0.461
2. Quadrant / box in Correction has been successfully calibrated (case study in Keris WHP-K Field) with a pitch correction value of -1.05° , Roll of -0.02° , and Orientation of 6.82°
3. USBL correction has an influence on the accuracy for underwater positioning. This is proven by the scale factor value. For USBL static calibration, it has a scale factor value of 0.99025 with a standard deviation of 0.012. For dynamic USBL calibration, it has a scale factor value of 0.9934.
4. Quadrant / box in calibration results produce a position error of 0.289m in the X coordinate and 0.276m in the Y coordinate at a sea depth of about 89m. In addition, Quadrant / box in calibration also resulted in a position error of 0.432m in the X coordinate and 0.644m in the Y coordinate at a depth of about 76m

ACKNOWLEDGMENTS

Thank you to PT. Fugro Indonesia, which has allowed the author to carry out research and authored the author to include the results of the research in a scientific journal

REFERENCES

- [1] L. Zhou, "A Precise Underwater Acoustic Positioning Method Based on Phase Measurement," University of Victoria, 2010.
- [2] B. R. Kusumah, I. Jaya, H. M. Manik, and . Susilohadi, "Engineering of Acoustic Technology for Underwater Positioning Object," *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 10, no. 3, p. 629, 2018.
- [3] A. I. Fauzi, "Metode Utama Sistem Penentuan Posisi Akustik Bawah Air Metode," no. April 2015,

- pp. 1–4.
- [4] M. J. T. H-J Lekkerkerk, *Hand Book of Offshore Surveying Volume II : Positioning and Tides*, 2nd ed. Voorschoten, Netherlands: Skilltrade BV, 2012.
 - [5] H. H. Chen, “In-situ alignment calibration of attitude and ultra short baseline sensors for precision underwater positioning,” *Ocean Eng.*, vol. 35, no. 14–15, pp. 1448–1462, 2008.
 - [6] A. B. Willumsen and O. Hallingstad, “Integration of Range, Bearing and Doppler Measurements from Transponders into Underwater Vehicle Navigation Systems,” *IEEE Access*, no. Dv1, 2006.
 - [7] J. Opderbecke, “At-sea calibration of a USBL underwater vehicle positioning system,” pp. 721–726, 2002.
 - [8] Z. Li, C. Zheng, and D. Sun, “Track analysis and design for ultra short baseline installation error calibration,” *Ocean. 2013 MTS/IEEE - San Diego An Ocean Common*, no. 2, pp. 1–5, 2013.
 - [9] T. Jinwu, X. Xiaosu, Z. Tao, Z. Liang, and L. Yao, “Study on Installation Error Analysis and Calibration of Acoustic Transceiver Array Based on SINS/USBL Integrated System,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 66923–66939, 2018.
 - [10] M. Yu and J. Hui, “The calibration of the USBL transducer array for Long-range precision underwater positioning,” *Int. Conf. Signal Process. Proceedings, ICSP*, pp. 2357–2360, 2010.
 - [11] Y. Z. W.Zhang, X.Zeng, C.Gong, “Precision Analysis of Underwater Acoustic Source Localization Using Five-Element Plane Cross Array,” *Proceeding IEEE/OES China Ocean Acoust.*, pp. 1–6, 2016.
 - [12] M.Yu, “In-situ Callibration of Transceiver Allignment for a High-Precision USBL System,” *Proceeding Int. Conf. Comput. Applplication Syst. Model.*, pp. VII-84-VII-87, 2010.

PERANCANGAN *SEQUENCE BACKFILL* DI LOKASI PENAMBANGAN BUKIT 7A BARU STUDI KASUS PT. ANTAM, TBK UBP BAUKSIT TAYAN, KABUPATEN SANGGAU, KALIMANTAN BARAT

Ahmad Fathurrohman ^{1,†}, A. Silvan Erusani ¹, dan Ahmad Fauzan Haryono¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

[†]ahmad@uinjkt.ac.id

Diterima: Februari 2019; Diperbaiki: Juni 2019; Disetujui: Juni 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstrak

Penimbunan kembali tanah penutup lahan bukaan bekas tambang harus dilakukan secara matang dan terencana, perencanaan penimbunan mencakup tahapan – tahapan yang sequential dan terukur jumlah volume dan waktunya. Hal ini dilakukan agar kegiatan penimbunan dapat meminimalisir dampak terhadap lingkungan serta menyesuaikan pada Peraturan Pemerintah (PP) No. 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang. Perencanaan *sequence backfill* perlu mengetahui luas area penimbunan, elevasi awal sebelum penimbunan, kinerja alat yang digunakan untuk penimbunan, volume material penimbunan yang tersedia serta jam bekerja perusahaan yang tersedia. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* Surpac dan AutoCAD. Hasil dari analisis yang dilakukan maka produktivitas alat penimbunan berupa 2 *excavator* adalah 440,77 LCM/Jam dan dibuat 3 *sequence* penimbunan *backfill* yang total volume penimbunannya adalah 143.807 LCM (*Loose Cubic Meters*) dan total volume *topsoil* 8.658,16 LCM . Masing – masing *sequence* terdiri dari, besar volume *sequence* I 52.418 LCM, besar volume *sequence* II 52.375 LCM, dan besar volume *sequence* III 39.014 LCM. Dengan jumlah waktu penimbunan 19,15 hari.

Kata Kunci: *backfill, perencanaan sequence, volume backfill.*

Abstract

Backfilling on mine-out area must be carried out carefully and well planned, backfill planning includes sequential and measurable stages of volume and time. This is done so that landfill activities can minimize the impact on the environment and based on government regulation No.78 of 2010 concerning on reclamation and post-mining. Backfill sequence planning requires landfill area, initial elevation before backfill, the performance of the equipment used for backfill, the volume of backfill material available and the company's available working hours. Data processing is performed using Surpac and AutoCAD software. As a result, the productivity of backfill equipment in the form of 2 excavators is 440,77 LCM/Hour and backfilling has 3 sequences with the whole Overburden volume is 143.807 LCM and topsoil volume is 8.658,16 LCM. Each sequence consist of different volume, sequence I volume is 52.418 LCM, sequence II volume is 52.375 LCM and sequence III volume is 39.014 LCM. These all sequences need 19,15 days.

Keywords: *backfill, backfill volume, sequence planning.*

PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan di area pertambangan PT Antam UBP Bauksit Tayan, Kabupaten Sanggu, Kalimantan Barat. Pertambangan bauksit dilakukan dengan metode tambang terbuka (*open cast*) yang tentunya menghasilkan dampak ikutan berupa kerusakan lingkungan terutama pada hutan hujan tropis yang merupakan dominasi lapisan penutup dari permukaan bentang lahan yang ditambang. Upaya penutupan tambang harus memenuhi prinsip-prinsip, yaitu prinsip perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pertambangan, prinsip keselamatan dan kesehatan kerja, dan prinsip konservasi mineral dan batubara. Setiap kegiatan tambang menimbulkan dampak lingkungan yang sangat besar dan bersifat penting bila tidak adanya penanganan dan pemulihan terhadap lingkungan secara tepat. Hal ini mengingat kegiatan pertambangan berpotensi mengubah bentangan alam. Dalam ayat Al-quran lebih menegaskan akan kerusakan yang ditimbulkan oleh tangan manusia itu sendiri, seperti berikut :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِنَ الْمُحْسِنِينَ

“Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdo’alah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.” [al – A’raf:56]

Tafsir Al-Muyassar (2013) yang ditulis oleh Syeikh Aidh Al-Qarni menjelaskan mengenai Ayat di atas bahwa (janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi) dengan membunuh manusia, menghancurkan rumah-rumah, membunuh hewan-hewan dan menebang pepohonan, dan mengeringkan sungai-sungai. Sehingga diperlukan pengembalian lahan yang telah rusak tersebut agar dapat kembali tumbuh pohon – pohonan seperti sebelum dilakukannya penambangan.

Upaya untuk menjamin pemanfaatan lahan di wilayah bekas kegiatan pertambangan perlu dilakukan agar lahan dapat dimanfaatkan dan produktif kembali bagi masyarakat setelah penambangan berhenti, hal tersebut sesuai dengan arahan Peraturan Undang-Undang tentang Pertambangan Mineral dan Batubara Nomor 4 Tahun 2009 sehingga setiap perusahaan pertambangan diwajibkan melakukan reklamasi dan pascatambang.

Pengembalian tanah penutup pada pertambangan terbuka merupakan upaya yang wajib dilakukan oleh perusahaan pertambangan dengan metode tambang terbuka, hal tersebut dilakukan saat proses produksi selesai atau saat proses produksi masih berlangsung. Pertambangan bauksit yang dilakukan PT. Antam UBP Bauksit Tayan menggunakan metode *Open Cast*, lokasi penimbunan sementara (*disposal area*) berada tidak jauh dari area produksi agar saat selesai ditambang dapat langsung dilakukan penimbunan tanah penutup kembali selain itu menjadikan tanah penutup yang berasal dari area yang belum ditambang untuk selanjutnya dijadikan material *backfill* (pengembalian tanah penutup) di area yang sudah mine out (selesai ditambang).

Perencanaan *backfill* yang dilakukan oleh PT. Antam UBPB Tayan hanya sebatas mengetahui jumlah volume yang dibutuhkan dengan tidak melakukan desain yang terukur pada area yang akan ditimbun, sehingga pengerjaan penimbunan tidak terukur waktu yang dibutuhkan untuk penimbunan. Area bukaan bekas tambang tentunya tidak dapat sepenuhnya ditimbun kembali seperti rona awalnya, namun upaya dalam memperbaiki lahan dilakukan secara baik dan terencana. Oleh karena itu, lokasi pit yang akan dilakukan penimbunan harus mempertimbangkan volume tanah galian, kapasitas penimbunan, produktivitas alat penimbunan, ketersediaan jam bekerja perusahaan, tahapan – tahapan penimbunan tanah penutup mulai dari awal sampai selesai penimbunan, dan juga pola aliran air di daerah penimbunan.

LANDASAN TEORI

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya. [1]

Perencanaan reklamasi tambang ada dua berdasarkan waktunya, pertama, *Long-Term Reclamation Plan* dengan tujuan membentuk, menstabilkan, menghidupkan kembali sehingga area bekas tambang dapat kembali produktif secara alami, kedua adalah *Short Term Reclamation Plan* dengan tujuan menstabilkan area bekas tambang serta memisahkan area yang sudah tereksplorasi dengan yang belum sehingga tidak terjadi kerusakan dan erosi alam pada saat penambangan. [2]

Perhitungan volume tanah pucuk (*topsoil*) tersebut menggunakan metode *mean area*. Volume yang akan dihitung adalah volume ruang atau bangun dengan penampang atas dan bawah yang merupakan bentuk yang tidak beraturan. [3]

Dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$V = L \times T \quad (1)$$

Dimana :

V = Volume *topsoil*

L = Luas area lahan yang akan ditata.

T = Tebal *topsoil* yang direncanakan menutupi daerah yang akan ditata.

Adapun cara menghitung produktivitas alat *excavator* adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{Q \times 36000 \times E}{C_m} \quad (2)$$
$$Q = q_1 \times K$$

Dimana :

P = Produktivitas

Q = Produktivitas per siklus

E = Efisiensi

C_m = Waktu Edar

q₁ = Kapasitas *Bucket*

K = *Faktor Bucket*

Cara menghitung produktivitas alat *dozer* adalah sebagai berikut :

$$P = CT \times \text{Produktivitas per cycle} \times GF \times E \quad (3)$$

Dimana :

P = Produktivitas

CT = *Cycletime*

E = Efisiensi

GF = *Grade Factor*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan tahapan reklamasi lahan bekas tambang adalah kewajiban yang harus dilakukan perusahaan tambang, hasil dalam penelitian ini merupakan perencanaan salah satu tahapan reklamasi yaitu perencanaan *landform* lahan bekas tambang dengan menggunakan *software* untuk merancang *sequence backfill* dan metode *blockmodel* untuk menghitung volume.

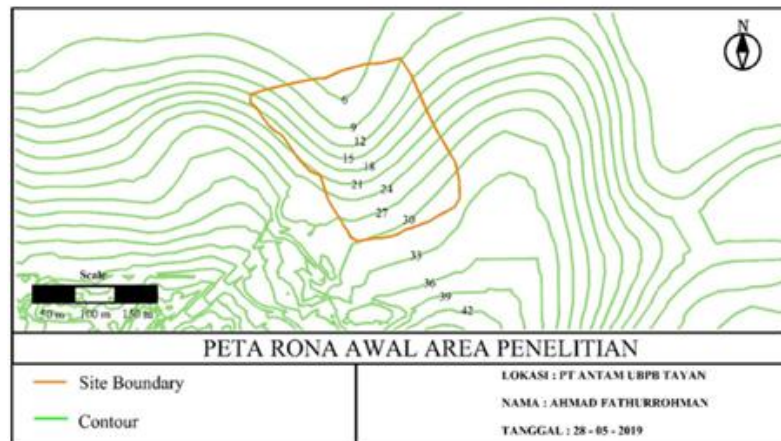
Hasil penelitian ini adalah didapatkan volume OB yang dibutuhkan untuk menutup area bekas tambang seluas 34.136,29 m² sebesar 143.807 LCM. *Sequence backfill* per satu minggu, dimana dengan volume tersebut dapat dilakukan dengan 3 *sequence* yang didasarkan pada *available working hours* serta ketersediaan alat berat. Tahapan 1 dapat menimbun 52.418 LCM

overburden. Tahapan 2 dapat menimbun 52.375 LCM *overburden* . Tahapan 3 dapat menimbun 39.014 LCM *overburden*.

Kondisi di lapangan dengan 2 *excavator* dibutuhkan lama waktu sebesar 19,15 hari atau 326,64 jam dengan kondisi jam kerja di PT Antam Tbk UBPB Tayan sebesar 17,06 jam per hari.

Rona Awal Area Penelitian

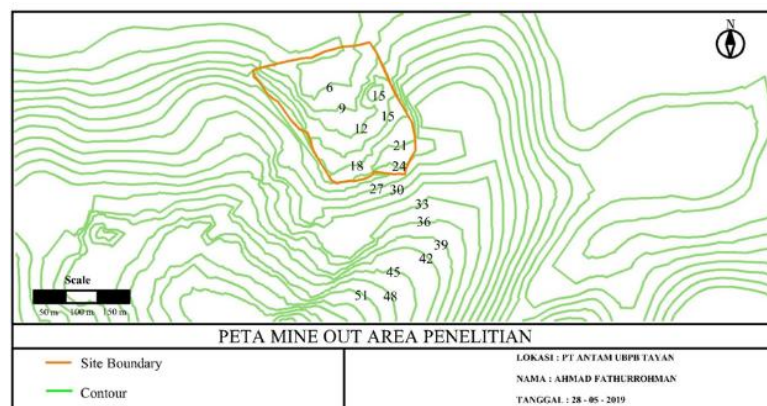
Kondisi sebelum dilakukan penambangan pada area yang dilakukan penelitian ini merupakan kondisi lembah bukit rendah dengan rata – rata elevasi 22 mdpl, Y minimum 5 mdpl serta Y maksimum nya 30 mdpl. Luas area penelitian adalah 34.136,29 m² didapat dari *boundary* yang diberikan PT Antam UBP Bauksit Tayan Kalimantan Barat.



Gambar 1. Kontur topografi rona awal

Kondisi Setelah Penambangan

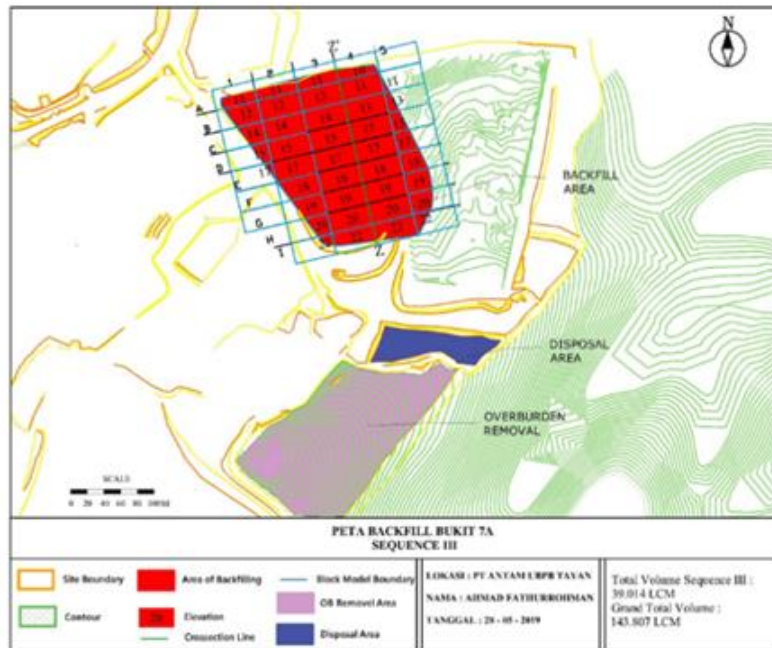
Penambangan bauksit hanya mengambil *ore* yang tinggi lapisannya rata – rata 7-12 meter mengikuti topografi yang ada, sehingga kondisi kontur yang terbentuk setelah penambangan tetap membentuk sebagaimana kondisi awalnya, hanya saja dengan kondisi yang sudah rusak. ketinggian rata - rata setiap lapisan sebagai berikut : *Topsoil* = 0,1-0,2 m, *Overburden* = 2-5 m, dan *Ore* = 7-15 m.



Gambar 2. Kontur topografi setelah penambangan

Hasil penambangan area penelitian didapat *report* produksi dari setiap lapisan, jumlah volume *overburden* dan *topsoil* yang terangkat 224.564 LCM sedangkan volume *ore* yang ditambang sebesar 205.243,2 WMT bauksit. Kemiringan lahan setelah dilakukan penambangan adalah 8,43°.

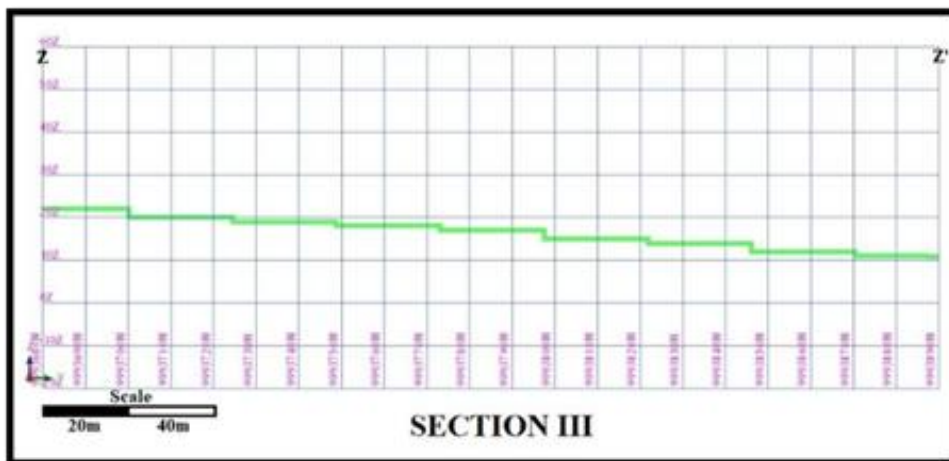
Desain Backfill Overburden



Gambar 3. Peta desain *backfill*

Mengembalikan kondisi permukaan yang tidak beraturan dengan penimbunan material *overburden* merupakan pekerjaan yang tidak mudah jika dilakukan tanpa adanya perencanaan dan arahan mengenai batasan dan bentuk *overall* yang akan dibuat, maka dari itu desain ini membuat pengembalian tanah penutup operasionalnya lebih terarah dan terukur.

Area dalam desain *backfill* memiliki luas 34.136,29 m² dengan *overall gradient* 2,54⁰, panjang maksimum 204,9 m dan lebar maksimum area adalah 197,07 m. Volume tersedia untuk dilakukan penimbunan. Elevasi tertinggi dalam desain ini adalah 22 mdpl pada blok atau jenjang I2 sampai I5 dan elevasi terendah adalah 10 pada blok atau jenjang A4.



Gambar 4. *Crosssection* desain *backfill*

Crosssection dilakukan di sepanjang permukaan dari ujung selatan penimbunan ke arah utara, skala vertikal dan horizontal yang digunakan adalah sama. Rincian pembagian total volume sebesar 143.807 LCM.

Sequencing Penimbunan

Penentuan pembagian *sequence backfill* didasarkan pada tiga parameter, parameter pertama adalah volume (LCM) penimbunan itu sendiri, kedua adalah kinerja alat untuk penimbunan di PT Antam UBP Bauksit Tayan, dan ketiga adalah *available working hours* yang ada di PT Antam UBP Bauksit Tayan. Jumlah *available working hours* dalam satu minggu 119,07 jam merupakan jumlah aktual jam kerja yang tersedia di PT Antam UBPB Tayan dalam 1 minggu yang akan menghasilkan jumlah volume maksimal yang dapat dikerjakan pada penimbunan adalah P (produktivitas) mingguan = 119,07 jam x 440,77 LCM/jam = 52.482,5 LCM/minggu. Rumus menghitung produktivitas *excavator* menggunakan persamaan (2).

Kondisi *real* di lapangan dengan penggunaan 1 *excavator* dalam pengembalian tanah penutup didapatkan produktivitas sebesar 220,77 LCM/jam, *excavator* berjumlah 2, maka didapat 440,77 LCM/jam. Rumus menghitung produktivitas *dozer* menggunakan persamaan (3). Setelah material di dumping, kemudian dilakukan dozing sesuai dengan arah *sequence* ke arah utara dan sesuai dengan elevasi yang direncanakan dalam desain. Didapatkan 466.36 LCM/jam produktivitas alat *dozer* WD600-3 Komatsu.

Sehingga pembagian *sequence* yang didasarkan dari jumlah working hours dihasilkan pada minggu pertama sebesar 52.418 LCM *overburden*, yang dimulai dari blok I2 sampai sebagian blok E4. Total luas area penimbunan *sequence* I adalah 17.495,7 m². Elevasi tertinggi *sequence* I adalah 22 mdpl dan elevasi terendah 13 mdpl yaitu di blok E4. Pembagian *sequence* yang dihasilkan pada minggu kedua sebesar 52.375 LCM *overburden*, penimbunan yang dimulai dari blok G2 sampai sebagian blok A4. Luas area yang ditimbun pada *sequence* ini adalah 29.379,2 m². Elevasi tertinggi *sequence* II adalah 19 mdpl dan elevasi terendah 8 mdpl yaitu di blok A4. Pembagian *sequence* yang dihasilkan pada minggu ketiga sebesar 39.014 LCM *overburden*, yang dimulai dari blok F2 sampai sebagian blok A4. Luas area penimbunan di *sequence* ketiga adalah 25.323,1 m². Elevasi tertinggi *sequence* III adalah 18 mdpl dan elevasi terendah 10 mdpl yaitu di blok A4

Penimbunan dengan Material *Topsoil*

Luas area desain 34.136,29 m² dengan kenaikan elevasi rata – rata sebesar 10 - 15 cm memiliki volume 8.658,16 LCM sesuai dengan ketersediaan material dari hasil *report* pengupasan area Bukit 7A Baru tahap ketiga, yang kemudian dikalikan dengan berat jenis 1,43 g/cm³, sehingga didapat tonase *topsoil* yang tersedia sebesar 12.381,17 ton. Pindahkan *topsoil* dilakukan dengan metode spreading. Setelah dumping *topsoil*, kemudian *topsoil* didozing menggunakan *dozer*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi masukan yang bermanfaat khususnya bagi penulis dan juga bagi perusahaan serta tempat penulis belajar. Berikut kesimpulan penelitian ini:

1. Produktivitas alat untuk penimbunan pada *sequence* pertama sampai ketiga berupa *excavator* dan *dozer* masing – masing sebesar (2 *excavator* Volvo EC330BLC Hydraulic *Excavator*) 440,77 LCM/jam atau 52.482,5 LCM/minggu dan *Dozer* WD600-3 Komatsu 466,36 LCM/jam.
2. Perencanaan final penimbunan pada Bukit 7A Baru dan penghitungan volume dengan metode blok model didapatkan volume *overburden* sebesar 143.807 LCM, luas area desain 34.136,29 m², elevasi tertinggi 22 mdpl dan elevasi terendah 10 mdpl, *overall gradient* desain penimbunan adalah 2,54⁰ yang terbagi menjadi tiga *sequence* dan 8.658,16 LCM *topsoil*.
3. Sequencing didasarkan pada *available working hours* dan kinerja alat berat yang ada di perusahaan, dengan *sequence* per satu minggu sebesar 119,07 jam. Didapatkan 3 sequencing dalam proses pemindahan tanah penutup, dan waktu keseluruhan yang dibutuhkan adalah 19,15 hari dengan menggunakan peralatan 2 *excavator* dan 1 *dozer*. Maka didapat volume

masing – masing *sequence*, *sequence* 1 material yg ditimbun 52.418 LCM *overburden* dengan luas area penimbunan 17.495,7 m², elevasi tertinggi 22 mdpl dan terendah 13 mdpl. *Sequence* 2 material yang ditimbun 52.375 LCM *overburden* dengan luas area penimbunan sebesar 29.379,2 m², elevasi tertinggi 19 mdpl dan terendah 8 mdpl. *Sequence* 3 material yang ditimbun 39.014 LCM *overburden* dengan luas area penimbunan sebesar 25.323,1 m², elevasi tertinggi 18 mdpl dan terendah 10 mdpl yang dilakukan dalam waktu 88,53 jam.

REFERENSI

- [1] PERATURAN PEMERINTAH NOMER 04 2009 TENTANG PERTAMBANGAN MINERAL DAN BATUBARA.
- [2] Hustrulid, W., M. Kuchta, R. Martin. 2013. 3rd Edition. Open Pit Mine Planning & Design. CRC Press Taylor and Franciss Group.
- [3] Tenriajeng, Andi Tenrisukki. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis. Penerbit Gunadarma: Jakarta.

PENGARUH DOPING NITROGEN, SULFUR, DAN BORON TERHADAP SPEKTRUM ABSORBANSI DAN FOTOLUMINESENSI KARBON DOT ASAM SITRAT

Alvin Dior Al Ghifari^{1,†}, Edi Sanjaya¹, Isnaeni²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

²Pusat Penelitian Fisika, LIPI, Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

[†]alvindior@gmail.com

Diterima: Maret 2019; Diperbaiki: April 2019; Disetujui: April 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstrak

Telah dilakukan sintesis karbon dot dengan bahan asam sitrat dengan metode pemanasan *microwave*. Sampel yang dibuat adalah sampel murni dan sampel yang diberi doping. Doping yang digunakan adalah HNO₃ untuk doping Nitrogen (N), Na₂S₂O₅ untuk doping Sulfur (S), dan H₃BO₃ untuk doping Boron (B). Pengujian optik yang dilakukan adalah Absorbansi UV-Vis dan Fotoluminesensi. Sampel karbon dot asam sitrat tanpa doping diuji terlebih dahulu, kemudian karbon dot doping-N, doping-S, dan doping-B diuji. Hasil yang didapat berupa spektrum absorbansi yang merupakan daya serap gelombang sampel yang diuji, dan spektrum fotoluminesensi yang merupakan pendaran sampel yang diuji. Spektrum sebelum pendopingan dibandingkan dengan spektrum setelah pendopingan. Dilakukan analisis perubahan sumbu-x yaitu pergeseran panjang gelombang, dan sumbu-y yaitu kenaikan atau penurunan nilai absorbansi dan intensitas fotoluminesensi. Hasil absorbansi karbon dot asam sitrat murni memiliki dua buah puncak (*peak*) absorbansi. Pendopingan N dan S tidak mempengaruhi spektrum absorbansi secara signifikan, namun pendopingan B sangat mempengaruhinya pada puncak kedua dengan menggeser 40 nm ke kanan dan menurunkan nilai absorbansi 1,68. Sedangkan hasil fotoluminesensi karbon dot asam sitrat murni memiliki sebuah puncak pada panjang gelombang 502 nm dengan intensitas 758 a.u., atau pendarannya berada dalam daerah warna *cyan*. Pendopingan N, S, dan B dapat menggeser spektrum fotoluminesensi ke arah warna merah dan nilai terbesar adalah dengan doping S yaitu sebesar 32 nm.

Kata-kata kunci: absorbansi, doping, fotoluminesensi, karbon dot, perubahan spektrum

Abstract

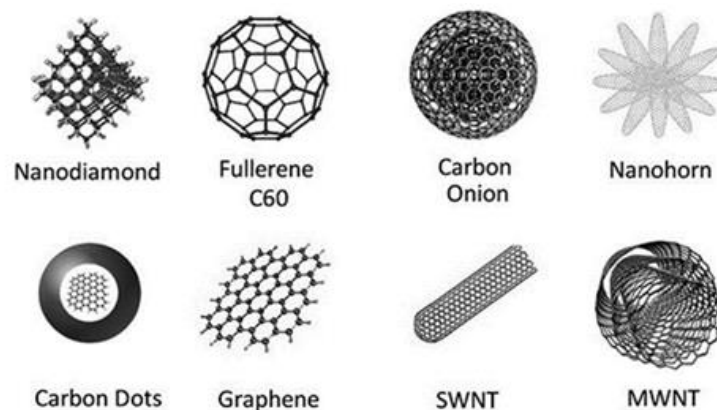
Synthesis of carbon dots with citric acid by microwave heating method has been carried out. The samples made are pure samples and samples doped. The dopant used is HNO₃ for doping Nitrogen (N), Na₂S₂O₅ for doping Sulfur (S), and H₃BO₃ for doping Boron (B). The optical characterizations performed were UV-Vis absorbance and photoluminescence spectrophotometers. Non-doped citric-acid carbon dots samples were characterized first, then N-doped, S-doped, and B-doped carbon dots. The results obtained are in the form of absorbance spectra which are the absorption of the waves of the sample being tested, and the photoluminescence (PL) spectra which is the luminescence of the samples tested. The spectrum before doping is compared to the spectrum after doping. Analysis of x-axis changes is carried out, namely a shift in the wavelength, and the y-axis, namely an increase or decrease in the absorbance value and intensity of photoluminescence. The absorbance results of pure citric acid carbon dots have two peaks. Doping of N and S did not significantly affect the absorbance spectrum, but doping of B greatly affected it on the second peak by shifting 40 nm to the right and decreasing the absorbance value by 1.68. While the photoluminescence results of pure citric-acid carbon dots have a peak at a wavelength of 502 nm with an intensity of 758 a.u., or the luminescence is inside the cyan color area. Doping of N, S, and B can shift the photoluminescence spectra towards red and the greatest value is the S-doped which is 32 nm.

Keywords: absorbance, carbon dots, doping, photoluminescence, spectra shift

PENDAHULUAN

Karbon Dot

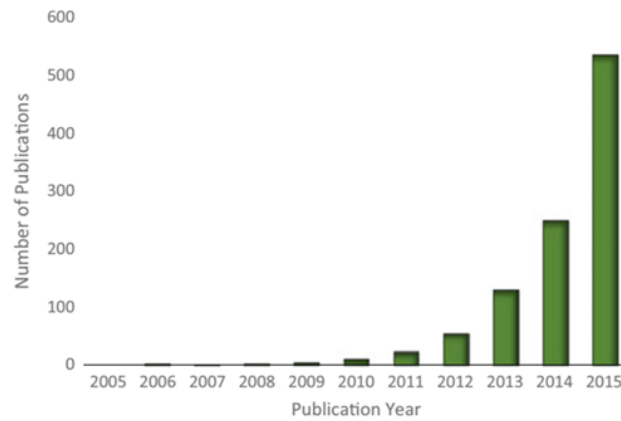
Material berpendar dapat dibuat dari bahan anorganik maupun bahan organik. Untuk aplikasi di bidang elektronika, bahan yang optimal digunakan adalah bahan anorganik, misalnya kuantum dot (*quantum dots*) untuk *light emitting diode* (LED) [1]. Untuk aplikasi di bidang biologi atau kesehatan, misalnya pencitraan biologis (*bioimaging*), dibutuhkan material yang bukan hanya optimal sifat optiknya namun juga memiliki biokompatibilitas yang baik. Oleh karena itu dibutuhkan material berpendar yang berasal dari bahan organik [2]. Salah satu jenis material berpendar yang terbuat dari bahan organik adalah karbon dot (*carbon dots*). Karbon dot memiliki keunggulan yaitu memiliki biokompatibilitas yang tinggi dan toksisitas yang rendah, sehingga dapat diaplikasikan ke makhluk hidup. Karbon dot juga dapat dibuat dari berbagai jenis bahan yang mengandung karbon. Bahan dasar untuk mensintesis karbon dot sangat melimpah, sehingga proses sintesisnya jauh lebih hemat biaya dibanding kuantum dot [2] [3].



Gambar 1. Jenis-jenis nanomaterial karbon [3].

Karbon dot termasuk salah satu jenis nanomaterial karbon. Karbon dot ditemukan secara tidak sengaja pada tahun 2004 [4]. Pada saat itu, Xu *et al.* sedang meneliti metode elektroforetik untuk melakukan purifikasi *single-walled carbon nanotubes* (SWNT) yang dihasilkan dari jelaga percikan bunga api (*arc-discharged soot*) [5]. Dalam proses tersebut, dua kelas (*class*) baru nanomaterial berhasil diisolasi dari jelaga mentah. Yang pertama adalah karbon tabung yang pendek, dan yang kedua adalah campuran nanopartikel berpendar. Dua zat tersebut ternyata memiliki sifat menarik sehingga sangat prospek untuk diteliti lebih lanjut, walaupun dua zat tersebut bukan tujuan dari penelitian saat itu. Sehingga dapat dikatakan bahwa penemuan zat tersebut adalah “tidak sengaja”. Lalu, zat kedua, atau nanopartikel berpendar itulah yang kelak disebut sebagai karbon dot [4] [5].

Sejak penemuan (sintesis) karbon dot pertama kali sekitar satu setengah dekade yang lalu (tahun 2004), nanomaterial ini telah menarik minat secara signifikan dalam bidang sains dan teknologi. Dari nama “dot” dapat terkesan kemiripan antara material ini dengan suatu material anorganik yaitu kuantum dot. Minat tersebut tercermin dari jumlah artikel ilmiah dari tahun ke tahun yang hampir menyerupai pertumbuhan eksponensial untuk judul yang mengandung istilah “*carbon-dots*” [2].



Gambar 2. Jumlah publikasi ilmiah dengan kata kunci karbon dot dari tahun ke tahun [2].

Sejauh ini, beberapa grup riset telah melaporkan keberhasilan mensintesis karbon dot dengan emisi panjang gelombang tinggi. Beberapa di antaranya adalah, Hu *et al.* pertama kali berhasil mendapatkan karbon dot merah, tetapi dengan prosedur yang sulit dan efisiensi rendah (6%) [6]. Lalu, Qu *et al.* melaporkan emisi warna oranye pada karbon dot, namun puncak emisi belum sampai pada daerah merah [7], serta Lin *et al.* mensintesis karbon dot merah dengan *quantum yield* (QY) sebesar 16,2% untuk eksperimen sel, namun proses purifikasinya sangat memakan waktu [8]. Sehingga sintesis karbon dot merah masih merupakan tantangan saat ini.

Selain bertujuan mendapatkan karbon dot merah, para peneliti juga berupaya untuk menghasilkan karbon dot yang memiliki emisi yang tak bergantung eksitasi (*excitation-independent*). Ini artinya, diharapkan karbon dot yang dihasilkan memiliki pendaran warna yang sama, apapun warna sinar laser yang digunakan untuk menyinarinya. Hal ini sangat bermanfaat dalam bidang *bioimaging*, karena terdapat beberapa sinar yang dapat menyebabkan autofluoresensi pada jaringan dan bahkan yang merusak sel. Ding *et al.* berhasil mensintesis karbon dot merah yang tak bergantung eksitasi untuk aplikasi di bidang *bioimaging* [9].

Dalam riset-riset tersebut, penambahan doping dapat mengubah spektrum pendaran. Hal inilah yang digunakan untuk menghasilkan karbon dot merah dan emisi yang tak bergantung eksitasi. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian karbon dot dengan menambahkan doping untuk menganalisis apakah terjadi perubahan spektrum.

Doping

Dalam pengertian sehari-hari, doping biasa diketahui dalam arti konsumsi zat atau obat untuk meningkatkan performa atlet. Dalam bidang semikonduktor, doping adalah penambahan impuritas ke dalam bahan semikonduktor untuk mengubah struktur, sifat elektrik, dan sifat optik dari bahan tersebut [10]. Dari kedua definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa doping merupakan penambahan zat yang bertujuan untuk mengubah sifat suatu objek agar dapat meningkatkan performa tertentu. Objek yang mengalami pendopingan dalam penelitian ini adalah karbon dot. Dengan sifat bahan yang menjadi fokus adalah sifat optiknya. Zat yang digunakan untuk mendoping disebut *dopant*.

Mekanisme doping, yaitu bagaimana suatu proses doping dapat mengubah sifat suatu bahan, bergantung pada jenis bahan tersebut. Perbedaan mekanisme merupakan perbedaan dalam ranah detail, yang artinya mekanisme doping pada semikonduktor tentu berbeda dengan mekanisme doping pada karbon dot. Namun sebenarnya, esensi dari mekanisme tersebut sama. Setiap zat memiliki sifat tertentu. Ketika zat tersebut ditambahkan suatu zat lain, maka sifat asal zat pertama akan berubah. Hal ini merupakan fakta sederhana. Air mineral jika ditambah garam tentu akan menjadi asin, dan jika ditambah gula akan menjadi manis.

METODE

Sintesis Karbon Dot

Bahan dasar karbon dot yang digunakan adalah asam sitrat. Bahan *dopant* yang digunakan adalah HNO_3 untuk mendoping unsur Nitrogen (N), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ untuk mendoping unsur Sulfur (S), dan H_3BO_3 untuk mendoping unsur Boron (B). Alat-alat yang digunakan adalah gelas beker, kuvet, oven microwave 700 Watt, pengaduk magnetik, dan kertas saring. Alat uji yang digunakan ada dua, yaitu spektrofotometer UV-Vis dan fotoluminesensi yang terhubung ke suatu perangkat komputer dengan *software* OceanOptic Spectrasuite. Data yang dihasilkan kemudian diolah menggunakan *software* OriginPro

Pada penelitian ini pertama-tama akan dibuat sampel karbon dot murni (tanpa doping) dalam bentuk larutan. Bahan baku yang digunakan asam sitrat. Dari ketiga bahan ini, akan dibuat larutan induk (*stock solution*). *Stock solution* asam sitrat dibuat menggunakan 12 g bahan, kemudian dilarutkan dalam 200 mL akuades dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik dengan 1.500 rpm selama satu menit. Sehingga akhirnya didapatkan 200 mL *stock solution* asam sitrat. Sintesis karbon dot dilakukan dengan metode pemanasan *microwave*. Sampel karbon dot murni dibuat dengan mengambil 30 mL dari *stock solution* dan memasukkannya ke dalam gelas beker. Kemudian 30 mL larutan tersebut dipanaskan dalam oven *microwave* selama 10 menit. Setelah proses pemanasan tersebut, akan terbentuk kerak pada dasar gelas. Setelah itu 50 mL akuades ditambahkan ke dalam gelas tersebut untuk melarutkan kerak yang terbentuk. Larutan yang terbentuk kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk mendapatkan sampel yang bersih dari ampas yang terlihat. Akhirnya didapatkan sampel karbon dot murni yaitu 50 mL karbon dot asam sitrat.

Sama seperti sintesis karbon dot murni, sintesis karbon dot dengan doping juga menggunakan *stock solution* sebagai bahan awalnya. Perbedaan hanya terjadi saat sebelum gelas beker dimasukkan ke dalam oven *microwave*, yaitu 30 mL *stock solution* ditambahkan dengan larutan *dopant* sebanyak 5 mL. Larutan yang digunakan adalah asam nitrat (HNO_3) untuk mendoping N, sodium metabisulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) untuk mendoping S, dan asam borat (H_3BO_3) untuk mendoping B. Ketiga larutan yang digunakan tersebut memiliki konsentrasi 0,1 M. Sampel karbon dot asam sitrat didoping dengan tiga macam *dopant* tersebut. Sehingga akan dihasilkan tiga macam sampel doping untuk karbon dot asam sitrat.



Gambar 3. (Dari kiri ke kanan) Sampel karbon dot asam sitrat murni, doping-N, doping-S, dan doping-B.

Pengujian Absorbansi dan Fotoluminesensi

Sampel yang akan diuji dimasukkan ke dalam kuvet. Untuk pengujian UV-vis absorbansi, digunakan spektrofotometer UV-Vis (Jasco V-570) dengan sumber cahaya Halogen-Deuterium. Pertama-tama, rekam data berupa kuvet berisi pelarut, dalam hal ini akuades. Data ini digunakan sebagai background yang nantinya akan dikurangi dari data sampel agar kurva absorbansi benar-benar milik zat terlarut (karbon dot), bukan milik akuades. Setelah itu sampel karbon dot yang akan diuji diletakkan dalam spektrometer UV-Vis.

Kemudian untuk pengujian fotoluminesensi harus dilakukan dalam ruang gelap. Hal ini disebabkan karena pendaran yang akan diuji termasuk ke dalam cahaya tampak (400–700 nm), sehingga segala macam cahaya tampak yang bukan merupakan pendaran sampel akan mengganggu proses pengambilan data. Sebelum pengambilan data dilakukan, kalibrasi spektrometer dilakukan dengan cara menutup detektor kemudian menyimpan spektrumnya di komputer, lalu mengurangi pengambilan data berikutnya dengan spektrum awal tadi.

Setelah sampel dimasukkan ke dalam kuvet, laser 420 nm dinyalakan. Laser ini merupakan laser dioda yang kontinu, sehingga intensitasnya cukup kuat. Sinar laser yang telah terfokus kemudian mengenai sampel dalam kuvet. Posisi kuvet disusun sedemikian rupa (sisi kuvet membentuk 45° terhadap alas setup) sehingga sinar laser kemudian dipantulkan ke arah lensa pengumpul. Sampel yang terkena laser akan berpendar, kemudian pendaran sampel ditangkap lensa pengumpul dan difokuskan ke detektor. Detektor merekam pendaran lalu meneruskannya ke spektrofotometer untuk diproses. Spektrofotometer UV-Vis dan fotoluminesensi terhubung ke komputer sehingga spektrum pendaran akan terbaca di komputer melalui program OceanOptic Spectrasuit. Data spektrum pendaran dari seluruh sampel disimpan untuk kemudian diolah dan dianalisis.



(a)



(b)

Gambar 4. Alat uji absorbansi UV-Vis (a), dan setup fotoluminesensi (b).

Pengolahan Data

Data yang sudah disimpan berbentuk file teks (.txt) berisi dua kolom. Kemudian data diolah dengan cara memplot grafik. Dapat digunakan berbagai macam *software* untuk melakukan hal ini. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *software* OriginPro, karena *software* ini cukup mudah dipakai (berbasis GUI, bukan *script*) sehingga dapat menghemat waktu pengolahan data. Plot grafik yang dibuat tidak apa adanya, namun harus disesuaikan *range*-nya dan dilakukan *smoothing*. Pada pengolahan data ini penulis menggunakan metode *smoothing* Savitzky-Golay yang akan cenderung mempertahankan bentuk puncak spektrum. Kemudian penulis melakukan *curve fitting* dengan metode Gaussian. Seluruh fitur ini tersedia dalam *software* OriginPro, sehingga penulis tidak perlu melakukan *coding* seperti dalam *software* matematika dan pemrograman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Spektrum Absorbansi

Hasil uji absorbansi UV-Vis berupa spektrum dengan sumbu-x adalah panjang gelombang (nm), dan sumbu-y adalah nilai absorbansi. Nilai absorbansi tidak memiliki satuan karena merupakan logaritma dari rasio intensitas penyerapan foton pada panjang gelombang tertentu. Rentang data yang dikaji dimulai dari 200 nm sampai 500 nm. Didapatkan hasil berupa spektrum dengan dua puncak absorbansi (**Gambar 5**), di mana grafik berwarna hitam adalah spektrum absorbansi karbon dot asam sitrat murni, dan grafik berwarna merah adalah spektrum absorbansi setelah didoping unsur N, S, dan B. Untuk karbon dot murni, puncak pertama memiliki nilai absorbansi 1,60 di panjang gelombang 209 nm, dan puncak kedua memiliki nilai absorbansi 2,00 di panjang gelombang 230 nm. Puncak pertama merupakan puncak milik inti partikel karbon dot,

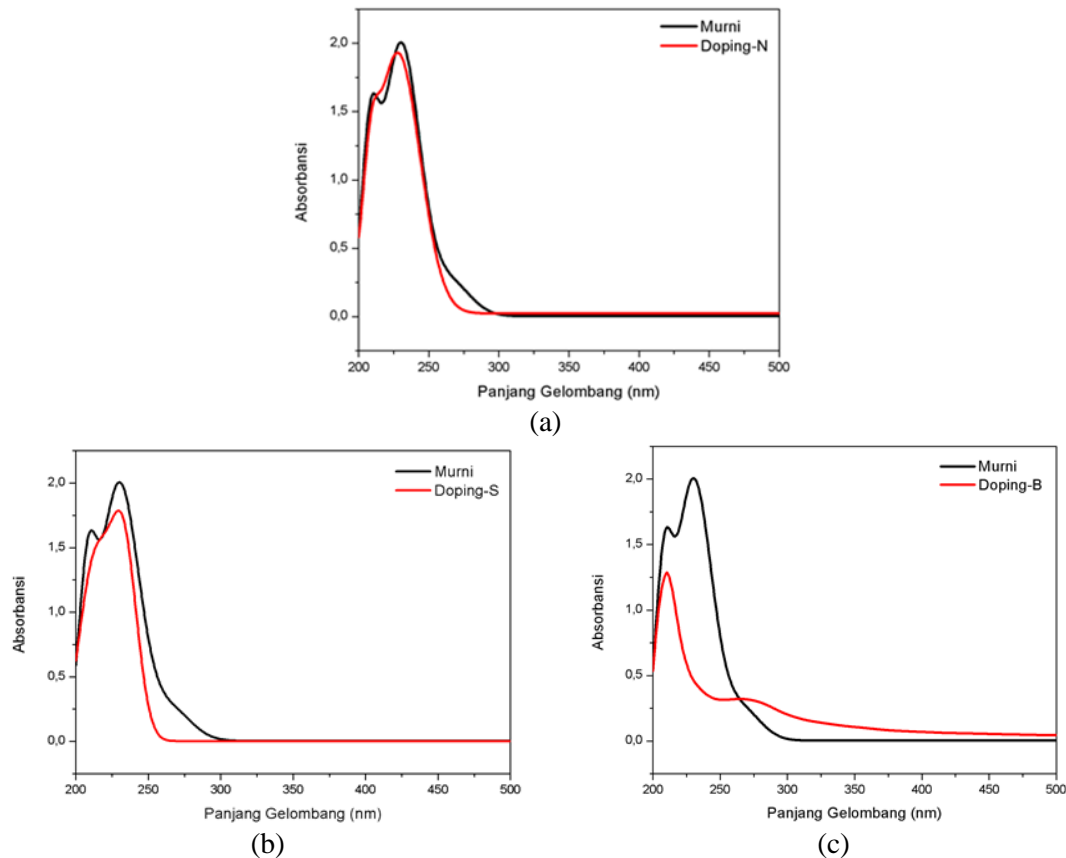
dan puncak kedua merupakan puncak milik permukaan karbon dot [2]. Data hasil pengujian dapat di lihat pada tabel di bawah (**Tabel 1**).

Perbedaan spektrum absorbansi sebelum dan setelah doping dapat menunjukkan di mana unsur doping tersebut berikatan dengan partikel karbon dot. Jika perbedaan signifikan terjadi pada puncak pertama, maka unsur doping masuk ke inti karbon dot. Namun jika perbedaan signifikan terjadi pada puncak kedua, maka unsur tersebut berikatan dengan rantai karbon pada permukaan partikel karbon dot, dan membentuk suatu gugus fungsi atau dapat disebut pasifasi permukaan. Spektrum absorbansi karbon dot asam sitrat sebelum dan sesudah doping N hampir serupa (**GAMBAR 5a**). Puncak absorbansi pertama mengalami pergeseran 3 nm ke kanan dan nilainya turun 0,01. Puncak absorbansi kedua mengalami pergeseran ke kiri sejauh 2 nm dan nilainya turun 0,07. Maka pendopingan N pada karbon dot asam sitrat tidak terlalu berpengaruh pada daya penyerapan gelombang karbon dot tersebut.

Spektrum absorbansi karbon dot asam sitrat setelah doping S mengalami perubahan menyempit ke dalam spektrum sebelum doping (**Gambar 5b**). Puncak pertama mengalami pergeseran sejauh 8 nm ke kanan dan penurunan absorbansi sebesar 0,02. Puncak kedua tidak mengalami pergeseran namun absorbansinya turun sebesar 0,22. Spektrum absorbansi karbon dot asam sitrat mengalami perubahan setelah didoping B (**Gambar 5c**). Penurunan absorbansi terlihat pada puncak pertama, dan perubahan drastis terjadi pada puncak kedua. Puncak pertama mengalami penurunan 0,31 dan pergeseran 1 nm ke kanan, sedangkan puncak kedua mengalami penurunan 1,68 dan pergeseran 40 nm ke kanan.

Tabel 1. Data absorbansi karbon dot murni dan setelah doping.

Doping	Absorbansi 1	Puncak λ_1 (nm)	Absorbansi 2	Puncak λ_2 (nm)
Murni	1,60	209	2,00	230
Nitrogen (N)	1,61	212	1,93	228
Sulfur (S)	1,58	217	1,78	230
Boron (B)	1,29	210	0,32	270



Gambar 5. Spektrum absorbansi karbon dot sebelum dan sesudah doping N (a), doping S (b), dan doping B (c).

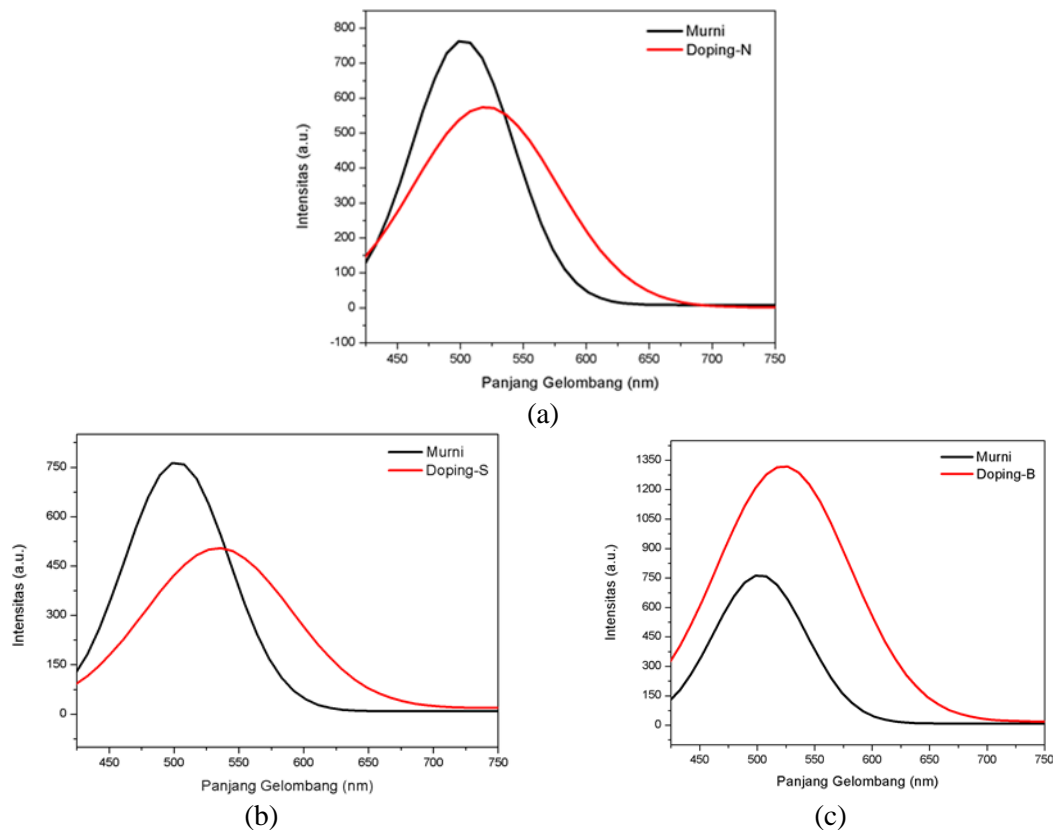
Dari ketiga jenis doping, yang paling mengubah spektrum absorbansi karbon dot asam sitrat adalah doping B. Perubahan signifikan terjadi pada puncak kedua. Maka pendopingan B lebih berdampak pada permukaan karbon dot. Atom B berikatan dengan atom bebas C pada permukaan karbon dot membentuk suatu gugus fungsi. Apa jenis gugus fungsi tersebut di luar batasan masalah penelitian ini. Penelitian ini hanya dapat menentukan atom unsur yang didoping lebih banyak berikatan dengan permukaan atau inti partikel karbon dot.

Analisis Spektrum Fotoluminesensi

Hasil uji fotoluminesensi (PL) berupa spektrum dengan sumbu-x adalah panjang gelombang (nm), dan sumbu-y adalah intensitas pendaran. Nilai intensitas pendaran memiliki satuan *arbitrary unit* (a.u.) karena satuan tersebut adalah satuan relatif yang konsisten hanya pada satu *occurrence* (kejadian) rentetan pengambilan data. Rentang data yang dikaji dimulai dari 425 nm sampai 750 nm. Didapatkan hasil berupa spektrum dengan sebuah puncak fotoluminesensi (**Gambar 6**), di mana grafik berwarna hitam adalah spektrum PL karbon dot asam sitrat murni, dan grafik berwarna merah adalah spektrum PL setelah didoping unsur N, S, dan B. Untuk karbon dot murni, spektrumnya memiliki nilai intensitas 758 di panjang gelombang 502 nm atau daerah warna *cyan* [11]. Intensitas bermakna fisis terangnya pendaran karbon dot, dan panjang gelombang adalah warna pendaran. Data hasil pengujian dapat di lihat pada tabel di bawah (**Tabel 2**).

Tabel 2. Data fotoluminesensi karbon dot murni dan setelah doping.

Doping	Intensitas (a.u.)	Puncak λ (nm)
Murni	758	502
Nitrogen (N)	573	520
Sulfur (S)	485	534
Boron (B)	1.301	523



Gambar 6. Spektrum fotoluminesensi karbon sebelum dan sesudah doping N (a), doping S (b), dan doping B (c).

Setelah didoping N (**Gambar 6a**), pendaran karbon dot asam sitrat turun intensitasnya sejauh 184 a.u., atau berkurang 24,3%. Sedangkan untuk pergeseran warna, puncak bergeser sejauh 18 nm ke arah merah. Setelah didoping S (**Gambar 6b**), intensitas fotoluminesensi berkurang 272 a.u., atau pendaran meredup 35,9%. Pendaran karbon dot ini bergeser 32 nm ke arah merah. Spektrum fotoluminesensi setelah doping B (**Gambar 6c**) mengalami peningkatan intensitas dan bergeser ke kanan. Pendaran menjadi lebih terang 71,8% dan bergeser ke arah merah sejauh 21 nm.

Dari ketiga jenis doping, puncak pendaran berada dalam rentang 520—534 nm atau berada dalam daerah hijau. Pendopongan N, S, dan B dapat menggeser spektrum PL ke arah merah. Jenis doping terbaik dari ketiga doping tersebut adalah doping S karena mampu menggeser spektrum sejauh 32 nm ke arah merah. Pendaran karbon dot pada umumnya menghasilkan warna biru-hijau jika dieksitasi laser energi tinggi (UV-Ungu). Berdasarkan riset-riset para peneliti Tiongkok [8] [9] [12], karbon dot yang baik adalah yang dapat berpendar dalam rentang cahaya tampak dari ungu sampai merah. Sedangkan warna merah sulit didapatkan dari karbon dot. Penelitian ini berhasil menggeser pendaran karbon dot ke arah merah namun belum memasuki wilayah merah, hanya sejauh 32 nm dan berada dalam daerah hijau.

KESIMPULAN

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

1. Penambahan doping cenderung berpengaruh pada permukaan partikel karbon dot sehingga terbentuk ikatan antara atom unsur pendoping dan atom C bebas. Di antara tiga jenis doping N, S, dan B, doping yang mudah berikatan dengan permukaan partikel karbon dot asam sitrat adalah doping B dengan *dopant* asam borat (H_3BO_3).
2. Penambahan doping N, S, dan B pada karbon dot asam sitrat dapat mempengaruhi intensitas pendaran, turun untuk N dan S, naik untuk B. Ketiga jenis doping ini dapat menggeser spektrum PL ke arah merah, dengan nilai terbesar untuk doping S yaitu sejauh 32 nm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Penelitian Fisika (P2F) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang telah memberikan izin bagi kami untuk melakukan penelitian ini di Laboratorium Laser P2F-LIPI.

REFERENSI

- [1] N. Kirkwood, B. Singh dan P. Mulvaney, "Enhancing quantum dot LED efficiency by tuning electron mobility in the ZnO electron transport layer," *Adv. Mat. Interfaces* **3**(22), (2016).
- [2] R. Jelinek, *Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Applications* (Springer, Switzerland, 2017).
- [3] F. R. Baptista, S. A. Belhout, S. Giordani dan S. J. Quinn, "Recent developments in carbon nanomaterial sensors," *Chem. Soc. Rev.* **44**(13), 4433-4453, (2015).
- [4] N. R. Pirez, C. Santos dan R. Sousa, "Novel and fast microwave-assisted synthesis of carbon quantum dots from raw cashew gum," *J. Braz. Chem. Soc.* **26**(6), 1274-1282, (2015).
- [5] X. Xu, R. Ray dan Y. Gu, "Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments," *J. Am. Chem. Soc.* **126**(40), 12736-12737, (2004).
- [6] S. Hu, A. Trinchì, P. Atkin dan I. Cole, "Tunable photoluminescence across the entire visible spectrum from carbon dots excited by white light," *Ange. Chem.* **54**, 2970-2974, (2015).
- [7] S. Qu, D. Zhou, D. Li, W. Ji, P. Jing, D. Han, L. Liu, H. Zheng dan D. Shen, "Toward efficient orange emissive carbon nanodots through conjugated sp²-domain controlling and surface charges engineering," *Adv. Mat.* **28**, 3516-3521, (2016).

- [8] S. Sun, L. Zhang, K. Jiang, A. Wu dan H. Lin, "Toward high-efficient red emissive carbon dots: facile preparation, unique properties, and applications as multifunctional theranostoc agents," *Chem. Mat.* **28**(22), 8659-8668, (2016).
- [9] H. Ding, J. Wei, N. Zhong, Q. Gao dan H. Xiong, "Highly efficient red-emitting carbon dots with gram-scale yield for bioimaging," *Langmuir* **33**(44), 12635-12642, (2017).
- [10] A. H. Wilson, *The Theory of Metals* (Cambridge University Press, Cambridge, 1965).
- [11] A. Kitai, "Principles of Luminescence," dalam *Luminescent Materials and Applications*, disunting oleh A. Kitai (John Wiley & Sons Ltd., USA, 2008).
- [12] H. Ding, Y. Ji, J. Wei, Q. Gao, Z. Zhao dan H. Xiong, "Facile synthesis of red-emitting carbon dots from pulp-free lemon juice for bioimaging," *J. Mat. Chem. B* **5**(26), 5272-5277, (2017).

IDENTIFICATION OF MINERAL POTENTIAL IN GALANG DISTRICT TOLITOLI REGENCY USING THE METHOD OF RESISTANCE AND INDUCED POLARIZATION

Adya Nur Syafitri Wijaya^{1,†}, Tati Zera¹, Nur Hidayat²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

²Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Gedung 820 Teknologi Sistem Kebumihan (Geotech), Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia

[†]adyanurs@gmail.com

Diterima: April 2019; Diperbaiki: April 2019; Disetujui: Mei 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstrak

Secara geologi, provinsi Sulawesi Tengah tersusun dari jenis batuan yang bervariasi, baik berupa batuan beku, sedimen maupun metamorf. Sehingga Provinsi Sulawesi Tengah memiliki potensi sumber daya mineral baik metal maupun non-metal yang cukup bervariasi. Meningkatnya kebutuhan dan permintaan terhadap mineral, baik metal maupun non-metal. Sehingga dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui potensi mineral di salah satu Kabupaten yang ada di Provinsi Sulawesi Tengah. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Galang Kabupaten Tolitoli Provinsi Sulawesi Tengah dengan menggunakan metode resistivitas dan metode *Induced Polarization* (IP) dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* yang terdiri dari 8 lintasan. Metode IP sangat akurat untuk mengidentifikasi potensi mineral yang ada di bawah permukaan. Pengolahan data dilakukan dengan proses inversi agar didapatkan bentuk pemodelan nilai resistivitas dan *chargeability* yang sebenarnya. Berdasarkan pemodelan, potensi mineral yang ada di Kecamatan Galang Kabupaten Tolitoli Provinsi Sulawesi Tengah hampir ditemukan di seluruh lintasan yaitu lintasan 01;02;04;05;06;07. yang ditandai dengan nilai *chargeability* yang sangat tinggi berkisar antara 300 msec – 500 msec. Daerah penelitian juga didominasi oleh batuan granit dan andesit yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi yaitu berkisar antara 2000 Ωm – 400000 Ωm .

Kata Kunci: *Chargeability, Induced Polarization, Metode Resistivitas, Mineral, Wenner-Schlumberger.*

Abstract

Geologically, the province of Central Sulawesi is composed of various types of rocks, both in the form of igneous, sedimentary and metamorphic rocks. Regarding Central Sulawesi Province, mineral resources both metal and non-metal are quite varied. Increasing demand and demand for minerals, both metals, and non-metals. Research conducted to study the mineral potential in one of the regencies in Central Sulawesi Province. This research was conducted in Galang Sub-district, Tolitoli Regency, and Central Sulawesi Province by using the resistivity method and the Induced Polarization (IP) method with the Wenner-Schlumberger arrangement consisting of eight lines. The IP method is very accurate to discuss the potential of minerals that are below the surface. The inversion process does data processing in order to obtain the actual form of resistivity and chargeability modeling. Based on the modeling, the mineral potential in Galang Sub-district, Tolitoli Regency, Central Sulawesi Province is mostly found in all trajectories namely lane 01; 02; 04; 05; 05; 06; 07. Which is marked by a very high chargeability value between 300 msec - 500 msec. The research area also discusses granite and andesite, which have high resistivity values, between 2000 Ωm – 400000 Ωm .

Keywords: Chargeability, Induced Polarization, Mineral, Resistivity Method, Wenner-Schlumberger.

INTRODUCTION

In Indonesia, the potential for mineral resources is very abundant, according to the Ministry of Energy, Mineral Resources in 2018 there are 2,100 locations of potential metal mineral resources, and there are 3,663 locations of potential non-metallic mineral resources[1]. Based on data on the regional potential of the mining and energy sector in the Central Sulawesi provincial government there are many mineral potentials owned, namely Nickel with estimated reserves of 8,000,000 tons, Galena of 100 million tons, Gold 16 million tons, Molybdenum 18 million tons, it also has a potential of Feldspar reserves of 71,211,000 m³ and many more mineral potentials that are scattered in several regencies in Central Sulawesi Province.

At the research location, Tolitoli Regency has quite a lot of mineral potentials, such as Galena, Zinc, Molybdenum, Copper, Gold, Granite, and Feldspar Sand. The minerals found in Tolitoli Regency include metal minerals such as molybdenite, gold, and lead. While non-metallic minerals consist of granite [2].

Therefore, based on the mineral potential in Tolitoli Regency, a survey was conducted to determine the distribution of minerals found in the Tolitoli Regency, especially in Galang District. The method used is an active geophysical method where measurements are made using artificial sources so that the response arises as a parameter to be measured.

One active geophysical method used is the geoelectric method. The geoelectric method used in this study is the resistivity method and the Induced Polarization (IP) method with the Wenner-Schlumberger configuration.

This study aims to make 2-Dimensional modeling and interpretation of resistivity and IP cross-sections so that the potential distribution of minerals can be identified at the research location, namely in Galang District, Tolitoli Regency, Central Sulawesi Province.

Geology Research Area

Sulawesi is a complex area due to the meeting point of three large plates namely the Indo-Australian plate which moves northward, the Pacific plate which moves westward, and the Eurasian plate which moves south-southeast and the smaller ones, the Philippine plate [3].

Based on the geological map of Tolitoli sheet, stratigraphy and lithology of the rocks making up this region based on the youngest to the oldest age, it consists of Alluvium (Qal), Reef Limestone (Ql), Granite Frozen Rock (Qtv), Sea Sedimentary Rocks (Tms), Tinombo Formation (Tts), Volcanic Rocks (Ttv), and Metamorphic Rock Complex (km). In the study area, there are several rock units namely; volcanic rocks (Ttv) whose lithology is andesite or basalt and breakthrough rock formations (gr) in the form of granite intrusion rocks [4].

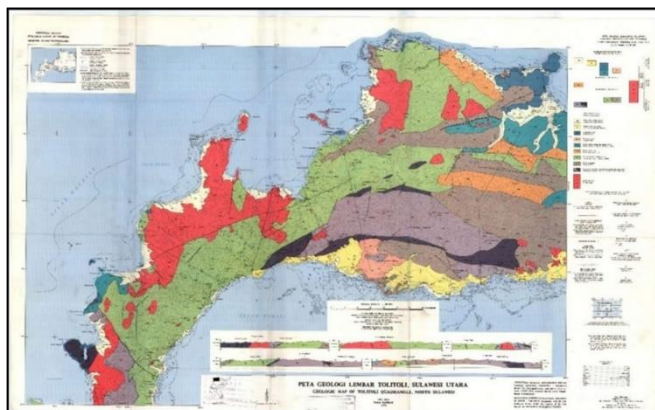


Figure 1. Geological Map of Tolitoli[4].

Resistivity Method

The resistivity method is used in the study of electrical properties of soils and in the detection of objects based on anomalies of electrical conductivity below the surface. In the geoelectric method, low-frequency direct current (DC) or alternating current (AC) is introduced into the ground by using two current electrodes (C1, C2) that are connected to the source terminal on the device. The distribution of the potential generated on the ground is mapped using two potential electrodes (P1, P2). So as to produce information about the distribution of electrical resistivity below the surface. The basic concept of this method is Ohm's law in which there is a

relationship between electric current (I) and potential difference (V), which can provide resistance values in a medium, formulated as follows[5]:

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

Where K is a geometry factor whose magnitude depends on the electrode arrangement, the electrode arrangement or the configuration used in this study is the Wenner-Schlumberger configuration.

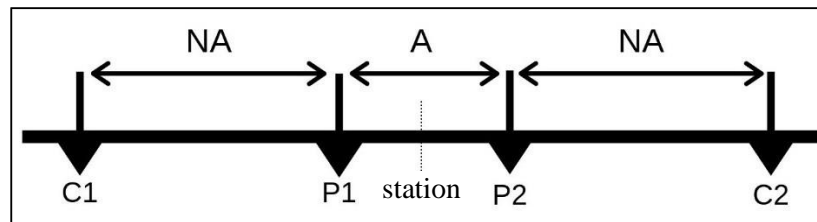


Figure 2. Wenner-Schlumberger Configuration Electrode Arrangement

The distance between the potential electrodes is A and the distance between the current electrode and the potential electrode is NA so that the distance between the electrodes is constant. Has a geometric factor value of:

$$K = \pi \times N(N + 1) \times A \quad (2)$$

Induced Polarization Method

The Induced Polarization method is very sensitive to the conductive material. Induced Polarization geoelectric method utilizes capacitive subsurface values to find zones where conductive minerals are scattered in their host rocks [6].

The principle of measuring the Induced Polarization method is that when the current is injected and then turned off, the voltage between the potential electrodes does not immediately become zero, this is because the medium below the surface will temporarily store electrical energy and will be released again, or in other words the medium in subsurface will act as a capacitor. Therefore, even if the current is cut off, the voltage will gradually drop to zero with time. This effect is called Induced Polarization or impact polarization [7].

The parameter obtained is the value of chargeability (M) in units of milliseconds (msec). Chargeability is defined as:

$$M = \frac{A}{\Delta V_c} = \frac{1}{\Delta V_c} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (3)$$

METHODS

This research was conducted in Galang Sub district, Tolitoli Regency, Central Sulawesi Province using the resistivity method and the Induced Polarization (IP) method with a Wenner-Schlumberger configuration. The measurement points in the survey consisted of 2 research blocks where each block contained 4 lines with a length of ± 235 m each and an electrode spacing of 5 m. In this study, several steps are carried out, as follows:

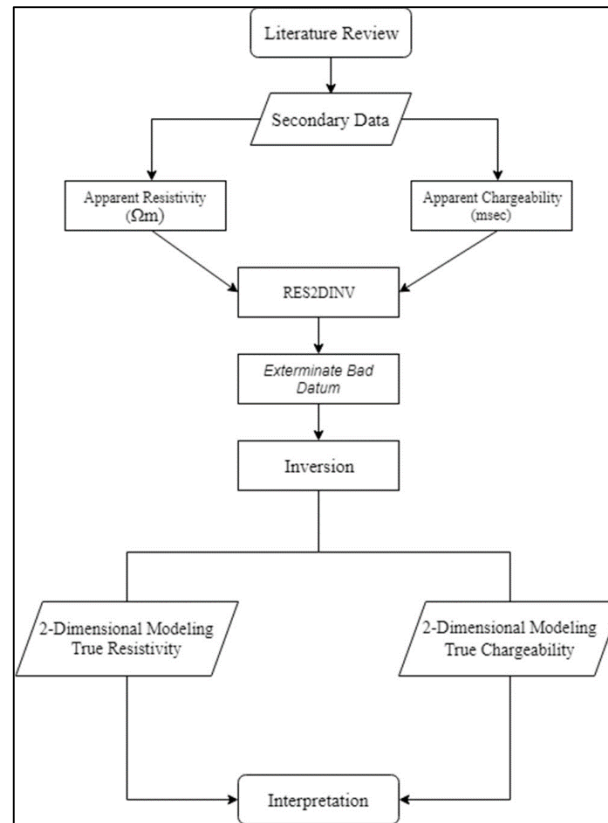


Figure 3. Research Stages

Data processing is performed using RES2DINV software to obtain a 2-Dimensional modeling of true resistivity data and true chargeability data so that it can be analyzed regarding the potential presence of minerals on each track. The 2-Dimensional modeling will be visualized in the form of 3-Dimensions to be able to analyze the pattern of the distribution of mineralized zones in each study block.

Interpretation of the existence of mineral potential in the study area is done by correlating the results of data processing with geological information in the form of resistivity and chargeability reference table and geological map of the study area. Indications of the potential for minerals in each track are indicated by high chargeability values and low resistivity values [8].

RESULTS AND DISCUSSIONS

The modeling results describe a cross-section with a track distance of ± 220 m and with depth reaching ± 46 m. This cross-section illustrates the distribution of resistivity value of subsurface rocks and illustrates the distribution of subsurface chargeability values. Chargeability indicates the ability of rocks below the surface to store electric current while resistivity indicates the ability of electrical conductivity contained in these rocks. The range of resistivity values of all trajectories ranges from 3.33 Ωm - 377971 Ωm while the chargeability values range from 16 msec - 464 msec.

The following are interpretations of each measuring track, starting from 01 - 08.

Interpretation of Line 01

In cross-section 01, the topographic shape on the track illustrates that the morphology is in the form of plain. From the IP section it can be seen that the value of the high chargeability distribution ranges from 60 msec to 90 msec, when correlated with the resistivity cross-section there is an indication of the presence of minerals with rocks of low resistivity value.

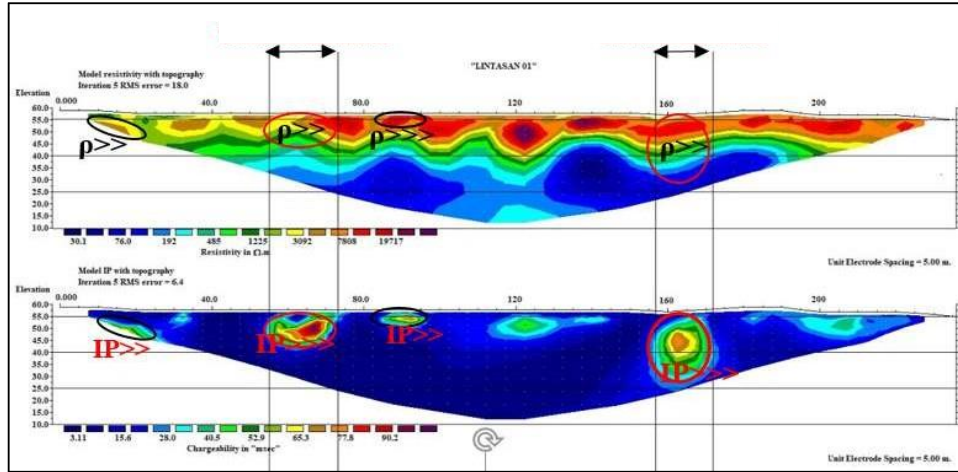


Figure 4. Interpretation of Line 01

Table 1. Potential Distribution of Mineral Line 01

Distance (m)	Depth (m)	Chargeability	Resistivity	Mineral Indication	Forming Rock	Mineral
10 – 25	5 – 12	Middle	High	Low	Andesite alliterated	Non-Metal
55 – 70	12 – 20	High	Middle	High	Sedimentary rocks	Metal
85 - 95	2 - 6	Middle	High	Low	Andesite	Non-Metal
160 - 170	12 – 20	High	Middle	High	Sedimentary rocks	Metal

Interpretation Line 02

This line is right at the foot of the hill, it can be seen from the shape of the higher topography in the west and the plains in the east. From the IP section it can be seen that the value of the high chargeability distribution ranges from 30 msec - 40 msec, when correlated with the resistivity cross-section there is an indication of the presence of minerals with rocks of low resistivity value.

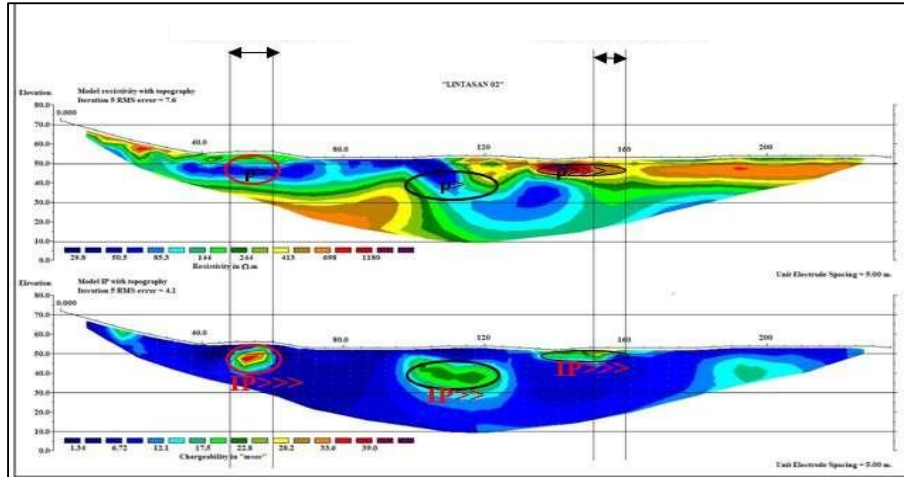


Figure 5. Interpretation of Line 02

The following is a table of mineral potentials in line 02:

Table 2. Potential Distribution of Mineral Line 01

Distance (m)	Depth (m)	Chargeability	Resistivity	Mineral Indication	Forming Rock	Mineral
50 – 60	6 – 15	High	Low	High	Clays	Metal
100 – 120	12 – 25	Middle	Low	Middle	Clays	Non-Metal
140 – 160	1 – 7	Middle	High	Middle	Granite	Non-Metal

Interpretation Line 03

Lane 03 is at the foot of the hill with its flat morphology, from the IP cross-section there is no visible mineral distribution, which is indicated by high chargeability values. Therefore, this track does not indicate the presence of minerals.

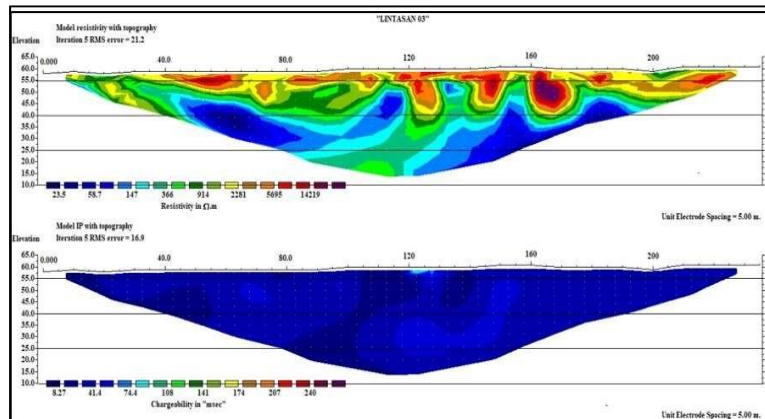


Figure 6. Interpretation of Line 03

Interpretation Line 04

Judging from the shape of the topography of this pathway has a morphology in the form of undulating hills. From a cross-section of IP chargeability, correlate high dispersion value looks that ranged from 26.8 msec – 37.1 msec, if the cross-section of the resistivity is obtained with indication of the existence of the mineral rock with low resistivity value.

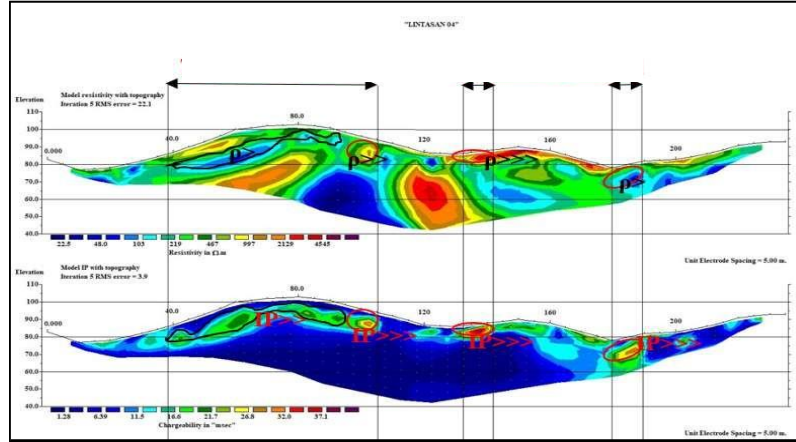


Figure 7. Interpretation Line 04

Table 1. Potential Distribution of Mineral Line 04

Distance (m)	Depth (m)	Chargeability	Resistivity	Mineral Indication	Forming Rock	Mineral
40 – 90	5 – 15	Middle	Low	Low	Clay	Non-metal
100 – 105	6 – 10	High	High	High	Andesite	Metal
125 – 135	5 – 10	High	High	High	Andesite	Metal
180 – 190	6 – 15	High	Low	High	Clay	Metal

Interpretation Line 05

Line 05 is an increasingly uphill in the hills, as seen from the cross-sectional indication IP mineral presence exists only in one location and at that location indication of vast grounds are very weak, characterized by having a value of chargeability are namely Ωm 208 – 336 Ωm and low resistivity value i.e. 6.44 Ωm – 26.5 Ωm . This mineral as they would non-metal minerals in wet rocks (clay) at a distance of 120 m – 90 m with a depth of approximately 45 m.

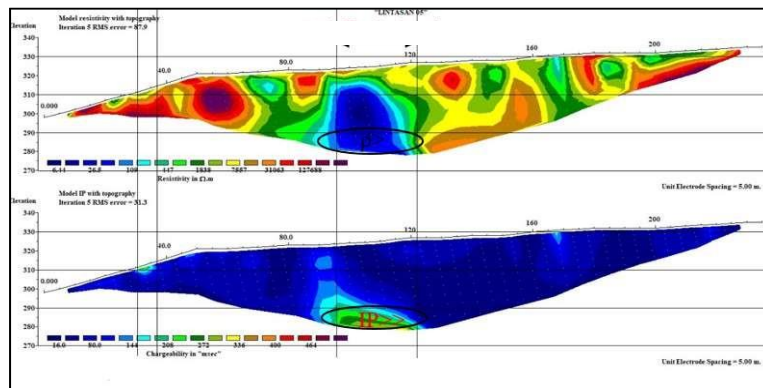


Figure 8. Interpretation of Line 05

Interpretation Line 06

Judging from the shape of the topography of this path has the morphology of the form level ground which has a basin in the middle of the path. From a cross-section of IP chargeability high dispersion value looks that ranged from 147 msec – 203 msec, if the cross-section of the resistivity is obtained be correlated with indication of the existence of the mineral rock with low resistivity value.

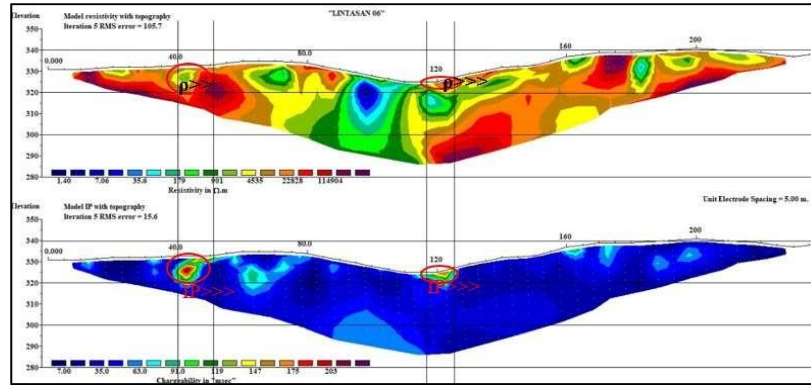


Figure 9. Interpretation of Line 06

Table 2. Potential Distribution of Mineral Line 06

Distance (m)	Depth (m)	Chargeability	Resistivity	Mineral Indication	Forming Rock	Mineral
40-50	6-12	High	Middle	High	Sedimentary	Metal rocks
120-125	1-5	High	High	High	Granite	Metal

Interpretation Line 07

Judging from the shape of the topography of this path at the foot of the Hill to the East. From a cross-section of IP chargeability, correlate high dispersion value looks that ranged from 204 msec – 236 msec, if the cross-section of the resistivity is obtained with indication of the existence of minerals with low resistivity value rocks.

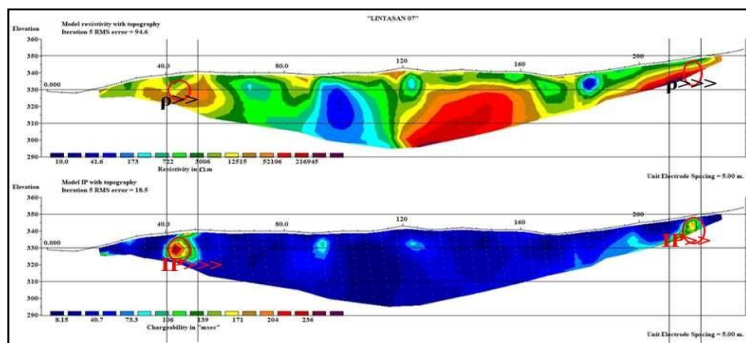


Figure 10. Interpretation of Line 07

Table 3. Potential Distribution of Mineral Line 07

Distance (m)	Depth (m)	Chargeability	Resistivity	Mineral Indication	Forming Rock	Mineral
40-50	6-12	High	Middle	High	Sedimentary	Metal rocks
215-220	6-15	High	High	High	Granite	Metal

Interpretation Line 08

Line 08 is located in the foothills with his flat morphology. From a cross-section of IP

invisible existence of distribution of minerals, indicated by the value of the chargeability high. Therefore, on this path they would not the presence of minerals.

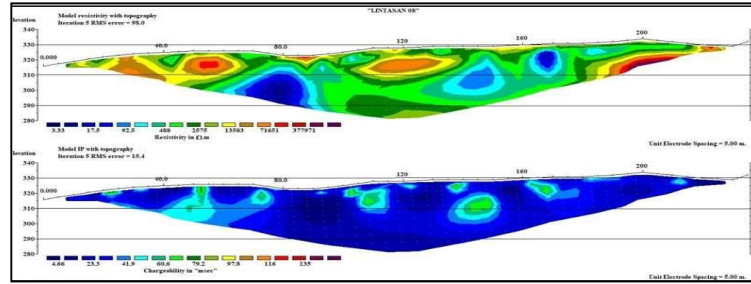


Figure 11. Interpretation of Line 08

Mineral Spread Patterns

In the analysis of mineral distribution patterns in the study area, several allegations of the distribution of mineralized zones can be seen at several points. Where there is a continuity of mineralized zones between tracks that are facing each other. Continuity is directed from north to south with the assumption that the distance of continuity is around ± 50 m. However, the estimated distribution of this mineralized zone can be optimized with closer geoelectric measurements on each trajectory, so that the mineralization zone will be clearly visible.

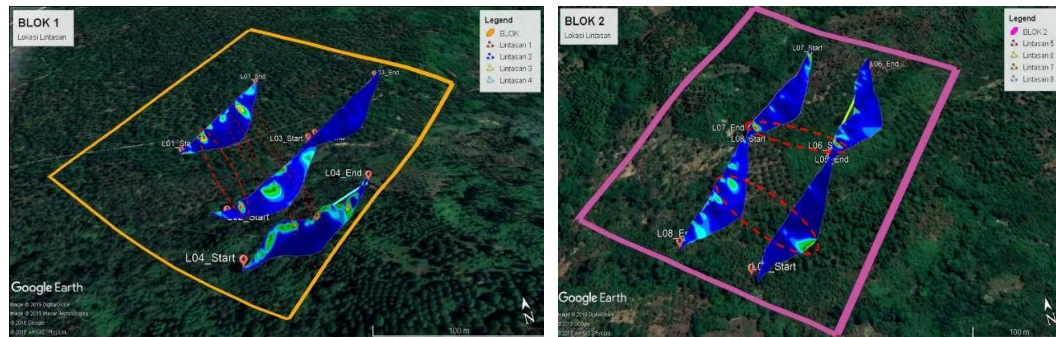


Figure 12. Spread Pattern of Mineralization Zones Block 1 (Left) Block 2 (Right)

CONCLUSION

Based on the results of the analysis and interpretation through 2-Dimensional modeling that has been correlated with the resistivity and chargeability values in the cross-section as well as with other geological information, it can be concluded as follows:

1. The identification of mineral potential is based on a low resistivity value of $<300 \mu\text{m}$ and a high chargeability value of >350 msec. The mineral potential was found in trajectories 01, 02, 04, 05, 06, 07. While in trajectory 03 and trajectory 08 there was no indication of mineral potential, because in this track there was no high chargeability value, so no mineral presence was identified.
2. Based on the fence diagram analysis pattern for estimating the mineral distribution, there is the continuity of the mineralized zone in block 1 and block 2 of the study area vertically from north to south on the crossing track, and horizontally from west to east on track 04.

REFERENCES

- [1] "Pemukhiraan Data dan Neraca Sumber Daya Mineral dan Batubara Status 2018," 2018.
- [2] H. Simangunsong and D. T. Sutisna, "Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Metal di Daerah Kabupaten

- Donggala dan Tolitoli Propinsi Sulawesi Selatan,” 2002.
- [3] A.F. Sompotan, *Struktur Geologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2012.
 - [4] N. Ratman, “Peta Geologi Lembar Tolitoli.” Direktorat Geologi, Bandung, 1976.
 - [5] M. Dr. Loke, “Tutorial: 2D and 3D electrical imaging surveys,” 2002.
 - [6] S. Arjuna, A. Susilo, and Sunaryo, “Pemetaan Sebaran Endapan Mineral Metal Berdasarkan Interpretasi Data Polarisasi Terimbas di Lapangan ‘ X ’ PT Newmont Nusa Tenggara (PT NNT),” *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 04, no. 1, pp. 78–94, 2014.
 - [7] D. S. Parasnis, *Principles of applied geophysics*, 4th ed. New York, 1962.
 - [8] B. Santoso and Subagio, “Pendugaan Mineral Kromit Menggunakan Metode Induced Polarization (IP) di Daerah Kabaena Utara, Bombana Sulawesi Tenggara,” *J. Geol. dan Sumberd. Miner.*, vol. 17, no. Agustus, pp. 179–192, 2016.

FINAL PIT PLANNING COAL MINING IN 16 PHASE 2 SEAMS IN PT. KTC COAL MINING & ENERGY, KECAMATAN. PALARAN, SAMARINDA, EAST KALIMANTAN

Ahmad Fauzan Haryono^{1,†}

¹Mining Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Syarif Hidayatullah State Islamic University Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

[†]ahmad@uinjkt.ac.id

Diterima: April 2019; Diperbaiki: Juni 2019; Disetujui: Juni 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstract

Mining stage design which is a complex problem in terms of three-dimensional geometry that is always changing, then in this thesis the pit limit, mine sequence design or mining stages are in accordance with the tolerance stripping ratio recommended by the company and the production equipment to be used in order to obtain production targets the optimal. The research was conducted using software to design the final pit and block model method to calculate the volume. The results of the research that have been carried out obtained 752,930 MT of mined reserves and Over Burden (OB) volumes of 4,439,394 BCM and Stripping Ratio (SR).

Keywords: Block model, Final Pit, stripping ratio, Volume

INTRODUCTION

The mining industry is known to be a capital intensive and technology intensive industry, which also has a very high work risk. Therefore, it is necessary to have good management in the mining process to get maximum benefits and of course pay attention to security and fluency in operations.

The first stage in implementing the final pit planning process is to get the entire reserve in the pit with more regular planning. In the final pit planning, pit, ramp, disposal, road, and drainage designs will be made for each sequence. The data needed to make the mining stages, in the form of geological data, geotechnical data, morphological data, and BESR values will be used as a basis for determining stripping ratios at each mining stage. The method used to calculate the volume in this study is to use the block method, so it is very necessary to reconstruct the topography contour and the contour of the coal structure.

The output obtained in this study is in the form of volume, tonnage and stripping ratio at each mining stage. In addition to this, the mining stage will be obtained based on the predetermined production targets, which consist of ramp, haul road, bench width, slope height, slope angle and width of the mining level. Also planned disposal area, planned disposal dimensions based on shrinkage factor and distance from the ultimate pit limit.

THEORETICAL BACKGROUND

Open Mine Design

Mining by the method of open mining is an activity of extracting minerals such as coal, ore (ore), and stone and so on where the workers deal directly with the outside air and climate. In the process, the pit is dug into the ground according to the design form until mining ends. The shape and size of the pit depends on several factors that must be understood in its planning [1].

Level Geometry

Level geometry consists of height, single slope angle, and catch bench width. The level geotechnical design is usually expressed in terms of parameters for these three aspects, namely the height, the slope angle, and the width of the level. Factors that influence level geometry, namely [4]:

1) Production

One of the objectives of determining the dimensions of the level is to be able to produce the desired production, so the level to be made needs to consider the amount of production desired. In general, the amount of production has an effect on determining the level of dimensions to be made, meaning that the accurate size of the level depends on the amount of production.

2) Material Conditions

Existing material / rock conditions can determine the equipment that must be used so that activities suitable for the production undertaken can be determined. Rock conditions that are more dominant include rock strength, development factors, rock density, and existing geological structures. Based on these material conditions can help estimate the production equipment used. In soft materials, excavation can be done directly on the surface of the material (work surface), so the distance and height of the excavation need to be taken into account in estimating the width and height of the level.

3) Production Equipment

In general, the production equipment to be used / selected is adjusted to the desired production capacity and according to the material to be worked on. With these considerations, the level dimension has good working conditions, which will affect work efficiency.

Dimension levels that are taken into account include width, length, and height. The length and width are determined by the method of dismantling the material (using mechanical or blasting tools), the ability of the loading equipment, the movement pattern of the loading and hauling equipment, as well as the location of the loading and hauling equipment used at the same time during mining and production targets and ex-mining land use plan. Here are some parameters for determining the level dimension, namely [4]:

- The range of digging tools
- Tools that work on a bench
- The depth of the drill tool used
- Consideration of the amount of reserves

Overall slope is a combined slope of several levels between haul roads. The overall slope angle is the actual angle of the entire pit wall, taking into account the haul road, catchment level and all other profiles on the tier wall. The following is a visual overall slope angle shown in Figure 1.

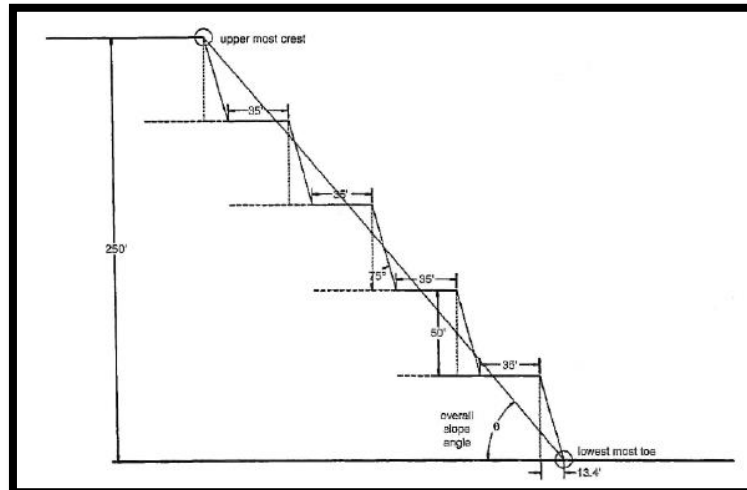


Figure 1. Overall slope angle [3]

The overall slope angle is the slope angle of the entire level made on the mining front. This slope is measured from the top crest to the last toe from the mining front.

Overall slope which in several (two) parts of the level is used as a working bench. The slope of the angle is measured from the top crest to the lowest toe from the existing level. Leveling must be engineered to have safe conditions to avoid accidents during mining operations, the stability of a slope is expressed in an index called a safety factor [2].

Dumping Design

According to Kennedy (1990), pile design is an attempt to determine the location of a pile of material resulting from the excavation and transportation of material, both valuable and not valuable, including determining the volume or tonnage, design of the pile form and time of its implementation [5].

Heap Design Parameters

The process of hoarding material, both valuable and unworthy material must consider several factors that influence, as for several pile design parameters, among others [5]:

a) Heap slope angle

Run (mine) dry rock in general has a slope angle between 34o-37o. This angle is affected by dump height, irregularity of rock blocks and dumping speed.

b) Material development factor (swell factor)

Development factors in hard rock are generally between 30% - 45% at 1m³. In situ material will expand to 1,3-1,45m³ loose material. While the material can be compressed around 5-15%.

c) Distance from the pit limit

The minimum distance is enough room for the haul road between the pit limit and the dump toe. The stability of pits due to pile must be taken into account the distance equal to or greater than the depth of the pit will reduce the risk associated with the stability of the pit slope.

d) Rise toward the dump crest

A slight incline is recommended in the direction of a dump crest with consideration of drainage and safety. Rainwater runoff is designed away from the crest. Dump trucks must use engine power to get to the crest and not glide freely. This will also reduce the risk of the vehicle being parked sliding from the peak of the waste dump (crest).

METHOD

This research was conducted in several stages including the preparation stage, the data collection stage, and the data processing and analysis stage. Data collection methods in research conducted at PT. KTC Coal Mining & Energy is done by collecting the necessary data where overall data collected includes: geological data, geotechnical data, morphological data, BESR values, production targets and others.

The data that has been collected is then processed using Surpac 6.2 software, this program is widely used because of the level of reserve analysis that approaches the actual situation in the field. In addition to analyzing, this software is used for coal mining planning and modeling.

Data processing is done by processing the model and calculations using software, while the calculation steps are as follows:

a. Topographic data

The topographic data obtained is in the form of design (str). The topographic data is then imported into a surpac basis, which is then used as a surface boundary to calculate the volume of overburden and stripping ratio.

b. Drilling database creation

Drilling data consist of coordinates, seam, depth and thickness of coal. To begin modeling using the Surpac software, a drill hole database is first prepared to be imported into the project. For making drill hole database data, there are two data formats that must be prepared, namely collar format, geology and survey format. Making this drill hole database using Microsoft Excel program which is then saved with the format (formatted tech comma delimited).

c. Making contour structure and crop line

Structure contour map is a map that illustrates the position / location of coal that is below the surface. The purpose of making a contour structure map is to determine the pattern of spread of the coal roof (top layer), floor (bottom layer), and provide a large depiction of the coal slope. While crop line is made with the aim of knowing the initial limit of mining.

d. Determination of pit limits

To determine the pit limit is to limit the population of area blocks that have an average stripping ratio of 10: 1. In this case, also consider the situation map of the study area.

e. Block modeling in surpac

A block model was created using surpac to calculate the SR value in the mining sequence so that BCM overburden and MT Coal were obtained. If the SR or production target does not match the company request, the sequence design will be repeated until the design is appropriate.

f. Disposal planning

Obtained the number of BCM overburden in the appropriate sequence design, then disposal planning is made. For disposal, planning is done by designing based on overburden which has been multiplied by the swell factor so that it gets its LCM value, calculated the disposal volume with the menu block model to get the disposal volume.

g. Planning haul road

The haul road design is made after the pit, and the disposal is finished, making it easier for planning. Haul road is designed to have a grade that does not exceed the ability of the tool to facilitate mining vehicles in the process; haul road design will be made based on the calculation of the geometry of the road in accordance with the type of vehicle used.

RESULTS AND DISCUSSION

Results and discussions include the morphology of the study area, geological modeling, mining geometry planning, disposal geometry, road geometry, mine drainage systems, block models, and long-term design.

Morphology Research Area

Topographic maps with contour lines that describe the appearance of the earth. Topographic maps can be used to process data in the design stages of mining, and mining roads. Surface in concessions of PT. KTC Coal Mining & Energy in the Tani Bhakti Block in the form of hills with a slope of 5-50 °. The maximum elevation reaches 130 masl the minimum elevation reaches 30 masl.

Overall mining concessions of PT. KTC Coal Mining & Energy is divided into 3 big blocks, namely: Simpang Pasir Block, Tegal Anyar Block, and Tani Bhakti Block. Whereas the boundaries of the research area are only in the Bhakti Farmers' Block with an area of 415.2 Ha.

Geological modeling

Seam coal in the study area is only one seam, which has a thickness of ≥ 5.1 m, with the general direction of coal distribution that is relatively north south, with a slope towards the southeast ranging from 17 ° - 20 °. In the design of mining stages in the research, area is based on the results of coal seam modeling that already exists. PT. KTC Coal Mining & Energy has drilled more than 70 drill holes to find out the spread of coal deposits in the Tani Bhakti Block.

Mining Geometry Planning

The mining technical plan is carried out to simplify the mining process and obtain reserve calculations that are in accordance with the production target, in accordance with the direction of coal distribution. The mining technical design requires several important parameters, these parameters include:

- a. The monthly production target is 63,000 tons
- b. Stripping Ratio (SR) $\leq 5.9: 1$
- c. Geotechnical recommendations for level height (10 m)
- d. Geotechnical recommendations for final width (5 m)
- e. Geotechnical recommendations for single slope 60 °

Disposal Geometry

The technical design of overburden hoarding requires several important parameters, these parameters use include:

- a. Purpose of landfill area (waste dump)
- b. Geotechnical recommendations for level height (5 m)
- c. Geotechnical recommendations for level widths (5 m)
- d. Angle of repose of overburden material (50 °)
- e. Material swell factor determined (80%)

Mining Road Geometry Design

In the design of the mine road in this study, because the largest hauling device that passes through the mine road is the Volvo A40E brand with a width of 3.7 meters, and it is planned to use two lanes then the mine road width is used: $3.7 \times 3.5 = 12.95 \approx 13$ meters. The width of the road is 13 meters including the shoulder of the berm safety, drainage, and for two lanes. While the berm safety geometry used uses 66% of the conveyance tire diameter (1.6 meter tire diameter), namely: $66\% \times 1.6 = 1.06$ meters Safety tilt used outside berm (facing the road) with an angle of 56o and the inside with an angle of 18o. while for drainage, the width and depth of the drainage are adjusted to the grader's ability to form puritans, which are 0.5 meters wide and 0.3 meters deep, in the form of triangles. Cross slope used in haul road planning is 3%, maximum grade of haul road is 8%.

Mining Flow System

Efforts to channel water into the wells and prevent standing water at the level are carried out by making a trench near the foot level. Planning for flowing at the level of the foot can be seen in Figure 2 as follows:

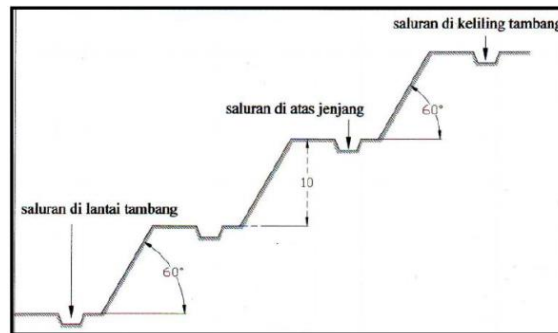


Figure 2. Channel Design

Sump (sump) is a water storage pond created for holding runoff water that is made temporarily before the water is pumped, and can function as a mud settler. The placement of wells is determined and not too close to the working area of the equipment or the mine's progress limits.

Model Block

Block model is a method used to determine the volume of material inside a block with a predetermined dimension. Material inside the block will be divided according to volume at the specified elevation.

The area of the final pit on seam 16 phase 2 is 196,943 m² while the area to be carried out back filling is seam 13 phase 6 with an area of 231,659 m² and seam 16 phase 1 with an area of 110,622 m². The dimensions of the blocks used in the pit design are 100m x 100m with the translation of material volume at every 10m.

The number of blocks used to calculate the volume in seam 16 phase 2 is 36 blocks, in the area to be performed back filling ie seam 16 phase 1 is 16 blocks and in seam 13 phase 6 is 33 blocks. Data from the block model can be seen in Figure 3

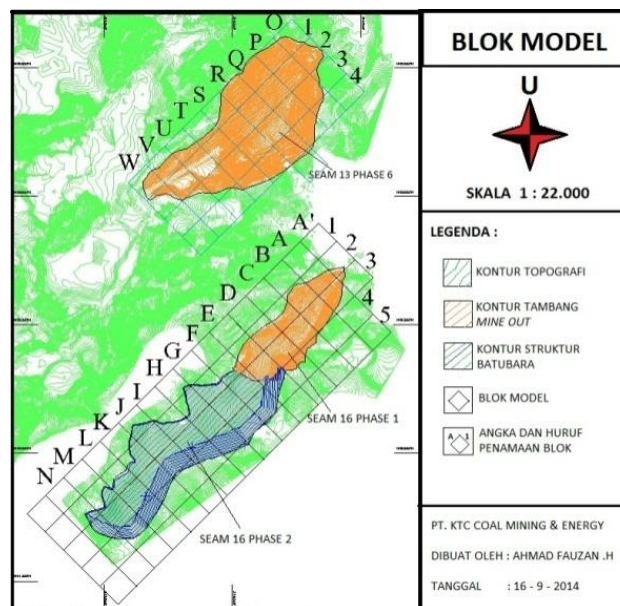


Figure 3. Block model

Long Term Design

Long-term design is long-term pit planning, which is usually designed until mine out. Long-term planning is done before making the mining sequence planning. In the final pit design plan, the BESR value plan given by PT. KTC Coal Mining & Energy is 5.9. The final pit design in the results of this study is the design of mining in seam 16 phase 2 with 752,930 MT of mined reserves and OB 4,439,394 BCM as shown in Figure 4 as follows:

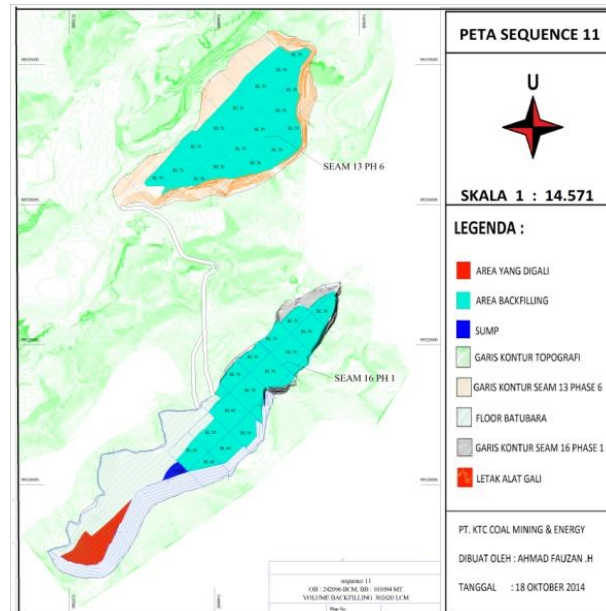


Figure 4. Final Pit Maps

CONCLUSION

From the results of research conducted on the planning of the final pit of coal mining in Seam 16 phase 2 at PT. KTC Coal Mining & Energy, the following conclusions can be made: 1. The final planned coal mining pit planned to obtain 752,930 MT of mined reserves and an Over Burden (OB) volume of 4,439,394 BCM and Stripping Ratio (SR). 2. The results of haul road planning are as follows: • Road width of 13 meters. • Safety height of 1,06 meters with an angle of 56° on the outside (facing the road) and 18° on the inside. • Drainage is triangular and has a width of 0.5 meters with a depth of 0.3 meters. • Cross slope 2% -3%. • The maximum grade of haul road is 8%. Level geometry parameters are as follows: • Geotechnical recommendations for level heights (10 m) • Geotechnical recommendations for final level width (5 m) • Geotechnical recommendations for single 60° slopes 3. Design disposal using the backfilling method for each stage of mining the following parameters: • Geotechnical recommendations for level heights (5 m) • Geotechnical recommendations for level widths (5 m) • Angle of repose of overburden material (50°) • Swell factor determined material (80%)

REFERENCES

- [1] Amankwah, Henry, 2011, *Mathematical Optimization Models and Methods for Open-Pit Mining*, LiU-Tryck, Linköping, Sweden.
- [2] Duncan, C Willey. & Christopher, W Mah., 2004, *Rock Slope Engineering*, Taylor & Francis e-Library, Inggris.
- [3] Hustrulid, W., & Kuchta, M., 1998, *Open Pit Mine Planning & Design Volume 1 – Fundamentals*, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- [4] Hustrulid, W., & Kuchta, M., 2013, *Open Pit Mine Planning & Design Volume 1 – Fundamentals 3rd Edition*, Taylor & Francis, London, U.K.
- [5] Kennedy, Bruce, A, 1990, *Surface Mining*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, Colorado.

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI PLASTIK BIODEGRADABLE BERBAHAN DASAR AMPAS UBI KAYU DAN KULIT UDANG

Adina Widi Astuti^{1,†}, Hamdan Hadi Kusuma¹, dan Biaunik Niski Kumila²

¹ Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Jalan. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Ngaliyan, Semarang 50185, Indonesia

² Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

† dinawidy22@yahoo.com

Diterima: April 2019; Diperbaiki: Mei 2019; Disetujui: Mei 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstrak

Penelitian pemanfaatan fabrikasi plastik *biodegradable* telah dikembangkan karena bersifat ramah lingkungan dan terbarukan. Tujuan penelitian ini untuk membuat plastik *biodegradable* dengan *filler* berupa (kitosan dari limbah kulit udang dan tepung ampas ubi kayu dari limbah ampas ubi kayu) dengan penambahan sorbitol sebagai *matrix*, serta menganalisa menggunakan uji kuat tarik dengan standar ASTM D-638M, FTIR dan biodegradasi. Hasil penelitian ini didapatkan 4 sampel plastik *biodegradable* dengan variasi perbandingan komposisi massa *filler* (kitosan:tepung ampas ubi kayu) masing-masing sampel yaitu A (1,30: 0,70) gr, B (1,35: 0,65) gr, C (1,40: 0,60) gr dan D (1,45: 0,55) gr. Dari hasil uji sifat mekanik didapatkan nilai kuat tarik masing-masing sampel yaitu A (1,01±0,11) MPa, B (1,32±0,08) MPa, C (1,66±0,03) MPa dan D (1,97±0,06) MPa. Sedangkan nilai persen *elongasi* dari masing-masing sampel yaitu A (23,58 ± 1,39) %, B (16,67 ± 0,20) %, C (11,01 ± 1,32) % dan D (8,11 ± 0,72) %. Sedangkan nilai persen *elongasi* dari masing-masing sampel yaitu A (22.89%), B (15.90%), C (10.56%) dan D (7.85%). Penambahan komposisi massa kitosan terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tarik dan *modulus young* plastik *biodegradable*, namun untuk nilai persen *elongasinya* menurun. Uji FTIR menunjukkan bahwa di dalam plastik *biodegradable* terdapat gugus fungsi C-H, O-H, C≡C, C=N, C=C dan C-O yang merupakan gugus organik. Tingginya intensitas ikatan C≡C pada sampel dengan komposisi massa kitosan paling banyak menyebabkan ikatan lebih sukar merenggang/diputus, karena memiliki energi ikatan rata-rata yang tinggi, sehingga menambah nilai kuat tarik dan memperlambat proses biodegradasi.

Kata Kunci: Ampas Ubi Kayu, Kulit Udang dan Plastik Biodegradable

Abstract

Research on the use of biodegradable plastic fabrication has been developed because it is environmentally friendly and renewable. The purpose of this study was to make biodegradable plastic with fillers in the form (chitosan from shrimp shell waste and cassava pulp waste from cassava pulp waste) with the addition of sorbitol as a matrix, and analyze using tensile strength test with ASTM D-638M, FTIR and biodegradation standards. The results of this study found 4 biodegradable plastic samples with variations in the composition of the mass filler composition (chitosan: cassava pulp) each sample is A (1.30: 0.70) gr, B (1.35: 0.65) gr, C (1.40: 0.60) gr and D (1.45: 0.55) gr. From the mechanical properties test results obtained tensile strength values of each sample are A (1.01 ± 0.11) MPa, B (1.32 ± 0.08) MPa, C (1.66 ± 0.03) MPa and D (1.97 ± 0.06) MPa. While the percent elongation values of each sample are A (23.58 ± 1.39)%, B (16.67 ± 0.20)%, C (11.01 ± 1.32)% and D (8.11 ± 0.72)%. While the percent elongation value of each sample are A (22.89%), B (15.90%), C (10.56%) and D (7.85%). The addition of chitosan mass composition has been proven to be able to increase the tensile strength and modulus of young biodegradable plastics, but the value of percent elongation has decreased. FTIR test shows that in biodegradable plastic there are C-H, O-H, C≡C, C=N, C=C and C-O functional groups which are organic

groups. The high intensity of $C\equiv C$ bonds in the sample with the most chitosan mass composition makes the bond more difficult to stretch / break, because it has a high average bond energy, thereby increasing the tensile strength and slowing down the biodegradation process.

Keywords: Cassava Pulp, Shrimp Skin and Biodegradable Plastic.

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik di Indonesia sebagai bahan kemasan pangan untuk memenuhi keperluan sehari-hari sangat besar. Pada tahun 2012 mencapai 1,55 juta ton, kemudian pada tahun 2013 meningkat sebesar 22,58% menjadi 1,9 juta ton [1]. Disamping itu, jumlah sampah plastik di Indonesia sebesar 5,4 juta ton per tahun atau 14% dari total produksi sampah [2]. Data tersebut membuktikan bahwa kebutuhan plastik di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Kebanyakan plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetis berbahan dasar minyak bumi yang semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui [3]. Plastik tersebut sulit terurai, kira-kira membutuhkan 300-500 tahun agar dapat terdekomposisi atau terurai sempurna [2], sehingga menyebabkan kestabilan ekosistem lingkungan terganggu apabila digunakan tanpa menggunakan batasan tertentu. Sampah plastik yang tertimbun sangat mengganggu sirkulasi udara dari dan ke dalam tanah karena bahan plastik umumnya didesain untuk menghambat keluar masuknya O_2 dan CO_2 [4]. Jenis plastik yang berasal dari material *polietilen* (PE), *polipropilen* (PP), *polivinilklorida* (PVC) jika tidak sempurna terbakar (di bawah temperatur $800^\circ C$), maka akan menyebabkan terbentuknya dioksin, yaitu senyawa kimia yang sangat beracun dan merupakan penyebab kanker serta dapat mengurangi sistem kekebalan tubuh seseorang [5]. Oleh karena itu, untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya plastik sintesis, perlu dikembangkan plastik yang mudah terurai oleh mikroorganisme dalam waktu singkat, yang sering disebut dengan plastik ramah lingkungan (plastik *biodegradable*).

Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida [4]. Plastik *biodegradable* umumnya terbuat dari material yang dapat diperbaharui, seperti senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman (selulosa, amilum, kolagen, kasein, protein) dan hewan yaitu lipid [6].

Ubi kayu memiliki kandungan selulosa (serat) pada bagian akarnya. Berdasarkan [7] tahun 2010-2014, Indonesia menempati peringkat ke-3 negara sentra produksi ubi kayu di dunia, setelah Nigeria dan Thailand. Tahun 2015 produksi ubi kayu di Indonesia sebesar 21.801.415 ton dengan area perkebunan ubi kayu seluas 949.916 hektar. Perkembangan produktivitas ubi kayu di Indonesia selama 1980-2016 cenderung mengalami peningkatan, laju pertumbuhan rata-rata meningkat sebesar 2,64% per tahun yaitu produktivitas 97,51 ku/ha di tahun 1980 menjadi 239,13 ku/ha di tahun 2016.

Sebagian besar ubi kayu di Indonesia selama ini diolah menjadi tepung tapioka. Dari pengolahan industri tersebut menghasilkan sisa limbah ampas ubi kayu yang menyebabkan pencemaran lingkungan baik bagi tanah, udara, maupun air. Limbah ampas ubi kayu tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk bahan lain yang bernilai jual tinggi, misalnya menjadi bahan dasar pembuat plastik *biodegradable*. Ampas ubi kayu mengandung ligniselulosa yang terdiri dari lignin 25%, hemiselulosa 25% dan selulosa 45% berat kering [8]. Pemanfaatan ampas ubi kayu dalam pembuatan plastik dikarenakan sifatnya yang mudah terurai (*biodegradable*), dapat diperbaharui, suka dengan air (*hidrofilik*), ketersediaannya melimpah dan harganya murah [9].

Selain itu, bahan dasar plastik *biodegradable* juga memerlukan zat kimia lain, seperti kitosan sebagai bahan yang dapat memperbaiki transparansi dan sifat mekanik plastik yang dihasilkan [10]. Banyak peneliti yang telah berhasil mengolah kitosan dari beberapa hewan eksoskeleton, seperti sisik ikan bandeng [11], cangkang kerang hijau [12], cangkang bekicot [13], cangkang kepiting [14], dan kulit udang [15]. Bahan-bahan tersebut memiliki kandungan kitin yang selanjutnya dapat diolah menjadi kitosan.

Produksi udang nasional pada tahun 2014 mencapai 592.000 ton. Selama kurun lima tahun terakhir produksi udang di Indonesia rata-rata meningkat sebesar 13,9% per tahun [16]. Menurut Menteri Kelautan dan Perikanan, tahun 2013 udang menjadi komoditas andalan ekspor sektor

perikanan Indonesia dengan memberikan kontribusi terbesar dari total penerimaan devisa ekspor hasil perikanan. Udang juga menjadi komoditas yang paling besar mengalami peningkatan nilai ekspor yaitu sebesar 25,46% dibanding tahun sebelumnya [17].

Tabel 1. Data Komposisi Kulit Udang

Senyawa	Presentase (%)
Protein	53,74
Lemak	6,65
Kitin	14,61
Air	17,28
Abu	7,72

Dari proses pembekuan udang untuk ekspor berkisar antara 30-75% dari berat total udang menjadi limbah kulit udang [18]. Hal ini menjadikan industri pengolahan krustasea menghasilkan sejumlah besar limbah udang seperti bagian kepala, kulit dan ekor udang. Padahal limbah tersebut masih memiliki kandungan senyawa yang sangat potensial sebagai bahan baku kitosan. Adapun hal ini dapat dilihat pada Tabel 1 [15].

Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah kulit udang ini, dengan memprosesnya lebih lanjut menjadi kitosan, yang penggunaannya cukup luas dalam berbagai bidang dan tentunya memiliki nilai tambah yang jauh lebih baik. Selain itu, juga dapat menanggulangi masalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh limbah kulit udang, terutama pengaruh bau yang tidak sedap, pencemaran air serta estetika lingkungan yang kurang bagus.

Allah SWT telah berfirman dalam Al-Qur'an surat *Ali Imran* ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ



Artinya: “(191) (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan Kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini dengan sia-sia, Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.” [19].

Surat *Ali Imran* ayat 191 menjelaskan bahwa Allah SWT telah menunjukkan kepada orang-orang yang memahami *sunatullah* dan menarik kesimpulan yang benar terhadap ciptaan dan fenomena alam. Mereka sepenuhnya menyadari bahwa alam semesta beserta isinya tidak diciptakan secara sia-sia, tetapi masing-masing memiliki fungsi [20]. Seperti halnya dengan keberadaan limbah ampas ubi kayu dan limbah kulit udang yang tidak sia-sia, karena dapat dimanfaatkan menjadi kandidat bahan dasar pembuat plastik *biodegradable*. Di samping itu juga menjadi solusi cerdas dalam upaya mengurangi limbah plastik konvensional, limbah ampas ubi kayu dan limbah kulit udang.

METODE PENELITIAN

A. Fabrikasi Plastik *Biodegradable*

1) Pembuatan Tepung Ampas Ubi Kayu

Ubi kayu dikupas dan dipisahkan dari kulit arinya. Kemudian dibilas dengan air hingga bersih. Selanjutnya diparut hingga mendapatkan bubur ubi kayu. Bubur ubi kayu disaring dan diperas untuk memisahkannya dari pati. Ampas ubi kayu selanjutnya dikeringkan di bawah sinar matahari selama 1-2 hari atau *dioven* dengan suhu 60°C hingga kadar airnya sudah tidak ada lagi. Ampas ubi kayu yang sudah kering dihaluskan dengan cara ditumbuk, kemudian diayak supaya diperoleh tepung ampas ubi kayu dengan ukuran yang lebih halus.

2) Pembuatan Kitosan

Kulit udang dicuci menggunakan air sampai bersih, kemudian dijemur sampai kering. Setelah itu dihaluskan menggunakan *blender*, lalu diayak supaya diperoleh serbuk kulit udang dengan ukuran yang lebih halus.

Serbuk kulit udang *dideproteinasi* (penghilangan kandungan protein) dengan mencampur dan mengaduknya dalam larutan NaOH 3,5% dengan perbandingan serbuk kulit udang dengan NaOH 1:10 (m/v) pada suhu 100°C dengan 500 rpm selama 2 jam. Hasil yang didapatkan disaring dan dicuci dengan air aquadest sampai pH nya netral. Kemudian dikeringkan pada oven suhu 50°C selama 3 jam atau hingga endapan cukup kering.

Hasil *deproteinasi* kemudian *didemineralisasi* (penghilangan kandungan mineral) dengan mereaksikannya dalam larutan HCl 1 N dengan perbandingan 1:6 (m/v) pada suhu ruang dengan 500 rpm selama 30 menit. Hasil yang didapatkan disaring dan dicuci dengan air aquadest sampai pH nya netral. Kemudian dikeringkan pada oven suhu 50°C selama 3 jam atau hingga endapan cukup kering.

Hasil *demineralisasi* yaitu kitin, yang kemudian *dideasetilasi* (pemutusan gugus asetil), dengan melarutkan kitin dalam NaOH 50% selama 1 jam dengan 500 rpm pada suhu 100°C dengan perbandingan 1:10 (m/v). Hasil yang didapatkan disaring dan dicuci dengan air aquadest sampai pH nya netral. Kemudian dikeringkan pada oven suhu 50°C selama 3 jam atau hingga endapan cukup kering.

3) Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan dengan mencampur dan mengaduk 2 gr massa *filler* (kitosan dan tepung ampas ubi kayu) dalam 40 mL asam asetat 1% pada suhu 60°C selama 1 jam. Kemudian tambahkan 1 mL sorbitol selama 15 menit, hingga terbentuk satu larutan yang homogen. Larutan yang telah homogen kemudian dicetak ke dalam cetakan aluminium foil. Selanjutnya keringkan larutan yang telah dicetak pada suhu 60°C selama 3 jam dan dinginkan pada suhu ruangan selama 6 jam. Komposisi bahan yang di variabel bebaskan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Komposisi Massa *Filler* Plastik *Biodegradable*

Kode sampel	Kitosan (gr)	Tepung ampas ubi kayu (gr)
A	1,30	0,70
B	1,35	0,65
C	1,40	0,60
D	1,45	0,55

B. Karakterisasi Plastik *Biodegradable*

1) Uji FTIR

Uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam plastik *biodegradable*. Panjang gelombang yang digunakan adalah 450-4000 cm^{-1} .

2) Uji Sifat Mekanik

Uji sifat mekanik dilakukan menggunakan alat uji *Texture Analyser*. Uji ini menggunakan metode ASTM D-638M tipe M-III secara acak dengan 3 kali penarikan setiap sampelnya [21]. Uji sifat mekanik menghasilkan besaran kuat tarik, yang kemudian diukur panjang awal (l_0) dan panjang akhir (l). Data-data tersebut digunakan untuk menghitung persen *elongasi*, dimana persen *elongasi* dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 1 [21].

$$\% \varepsilon = \left(\frac{l-l_0}{l_0} \right) \times 100 \quad (1)$$

Hasil kuat tarik dan *elongasi* kemudian digunakan untuk menentukan nilai *modulus young* dengan menggunakan Persamaan 2 [21].

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2)$$

3) Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan teknik *soil burial test* yaitu sampel dikubur didalam tanah dan dibiarkan pada udara terbuka [22]. Sebelum sampel dikubur dalam tanah, setiap sampel ditimbang dengan massa 1 gr dan ditanam dalam wadah yang berbeda supaya memudahkan pengamatan. Pengamatan dan penimbangan terhadap sampel dilakukan setiap 3 hari sekali dan terus dilakukan demikian hingga sampel terurai secara sempurna (massanya 0 gram). Biodegradasi dapat diketahui dengan mengamati massa plastik yang hilang. Presentase biodegradasi dapat diketahui dengan menggunakan rumus [23]:

$$\% \text{ kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

Dimana:

W_i = Berat plastik sebelum di uji biodegradasi

W_f = Berat plastik setelah di uji biodegradasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Fabrikasi Plastik *Biodegradable*

Tepung ampas ubi kayu yang dihasilkan (Gambar 1) seperti tepung tapioka pada umumnya, namun teksturnya lebih berserat dan warnanya agak kecoklatan.



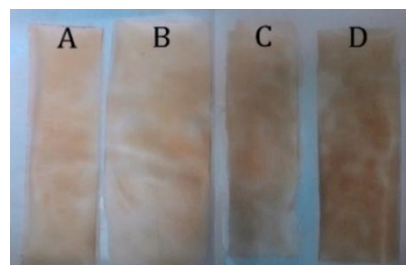
Gambar 1. Tepung Ampas Ubi Kayu

Pada proses *deproteinasi* menghasilkan endapan serbuk berwarna coklat tua, tidak berbusa dan tidak larut. Proses *demineralisasi* menghasilkan endapan serbuk berwarna coklat muda, tidak berbusa dan tidak larut. Proses *deasetilasi* menghasilkan endapan serbuk berwarna coklat kekuningan, tidak berbusa dan tidak larut. Kitosan yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kitosan dari Kulit Udang

Sampel plastik *biodegradable* yang dihasilkan (Gambar 3) memiliki tekstur transparan dan salah satu sisi permukaannya kasar, namun sisi satunya halus.



Gambar 3. Plastik *Biodegradable*

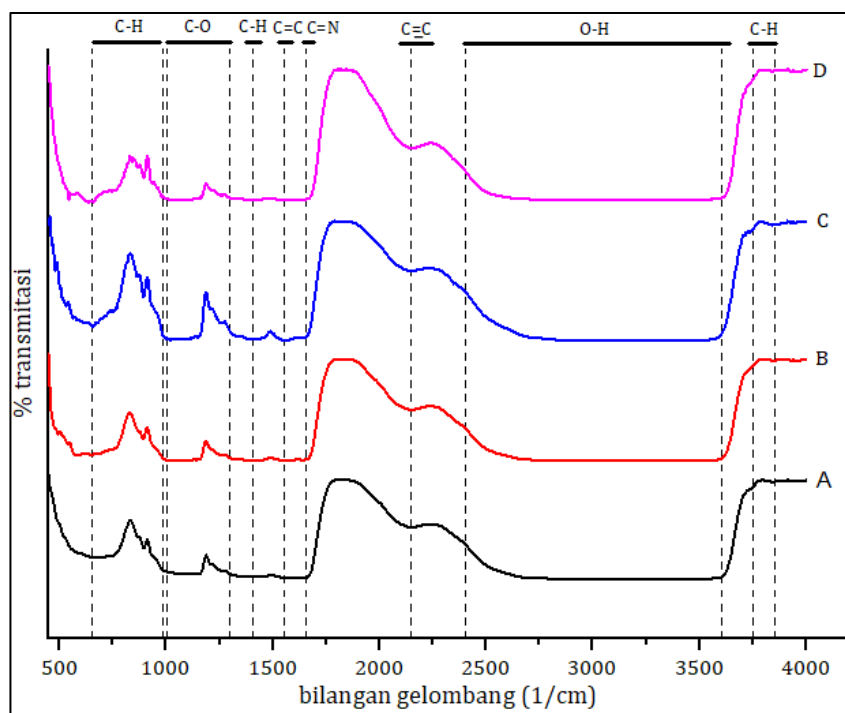
Plastik ini masih memiliki bau kecut yang dihasilkan dari penambahan asam asetat dan tepung ampas ubi kayu. Sifat fisik yang membedakan setiap sampelnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan Tekstur dan Warna pada Plastik *Biodegradable*

Sampel	Tekstur	Warna
A	Lentur	Kuning agak coklat
B	Agak lentur	Kuning kecoklatan
C	Agak kaku	Coklat agak kekuningan
D	Kaku	Coklat pekat kekuningan

b. Karakterisasi Plastik *Biodegradable*

1) Uji FTIR



Gambar 4. Hasil Uji FTIR Plastik *Biodegradable*

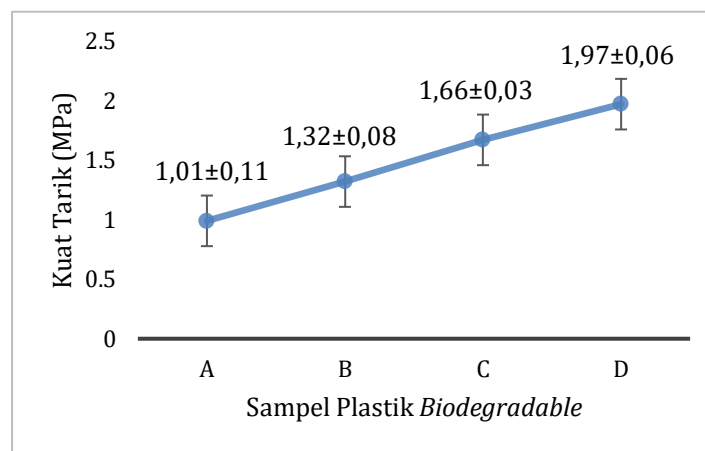
Pada Gambar 4, terdapat grafik FTIR dari 4 variasi sampel plastik *biodegradable*. Dari grafik tersebut tidak terdapat perbedaan yang mencolok antara setiap sampelnya. Secara umum terdapat beberapa puncak penyerapan, yaitu pada rentang 3750-3850 cm^{-1} yang menunjukkan terdapat gugus C-H, kemudian pada rentang 2400-3606 cm^{-1} terdapat satu puncak melebar O-H. Sampel tersebut juga menyerap inframerah pada bilangan gelombang 2150 cm^{-1} yang menunjukkan gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ alkuna dengan intensitas sedang. Serapan kuat pada 1654 cm^{-1} menunjukkan adanya $\text{C}=\text{N}$ imina. $\text{C}=\text{C}$ aromatik terdapat pada 1550 cm^{-1} . C-H alkana terdapat pada 1405 cm^{-1} . Serapan kompleks pada rentang 1006-1300 cm^{-1} menunjukkan adanya C-O alkohol. Serapan kompleks pada rentang 655-986 cm^{-1} menunjukkan adanya C-H alkena. Kandungan gugus tersebut merupakan gugus organik, sehingga bahan plastik *biodegradable* ini ramah lingkungan karena mudah terdegradasi oleh mikroorganisme [24]. Intensitas gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ semakin meningkat seiring dengan bertambahnya komposisi massa kitosan. Nilai energi ikatan rata-rata gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ adalah 812 kJ/mol, merupakan yang tertinggi dibanding gugus lainnya [25]. Semakin tinggi tingkat energi suatu ikatan, maka akan semakin sulit ikatan tersebut dilepaskan, karena membutuhkan lebih banyak energi untuk melepaskan ikatannya [26]. Hal tersebut

menyebabkan kenaikan nilai kuat tarik (Gambar 5) dan memperlambat proses biodegradasi (Gambar 8). Di samping itu, adanya gugus C-O dan O-H yang bersifat hidrofilik juga sangat memungkinkan untuk berikatan dengan air, yang memudahkan plastik untuk lebih cepat terdegradasi.

2) Uji Sifat Mekanik

a. Kuat Tarik

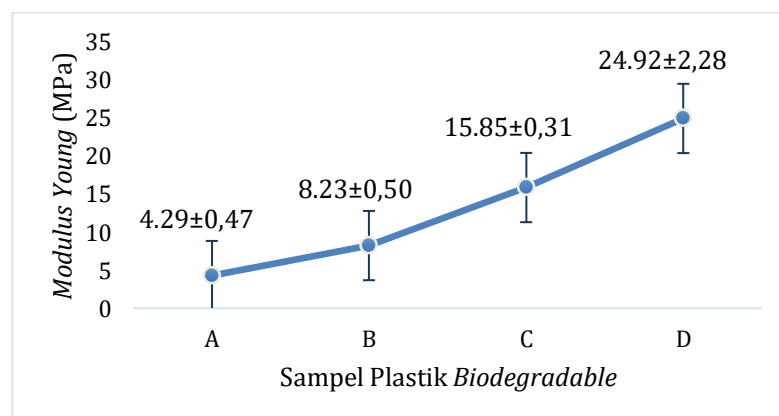
Gambar 5 menunjukkan bahwa kuat tarik plastik meningkat seiring dengan penambahan komposisi massa kitosan dan berkurangnya komposisi massa tepung ampas ubi kayu, begitupun sebaliknya. Semakin tinggi komposisi massa kitosan maka akan semakin banyak gugus $C\equiv C$ yang terdapat di dalam plastik. Hal tersebut menyebabkan ikatan antar molekul dari plastik akan semakin kuat dan sulit diputus, karena memerlukan energi yang besar untuk memutus ikatannya [27]. Penambahan komposisi massa kitosan mengakibatkan struktur molekul pada plastik *biodegradable* semakin rapat dan homogen, sehingga nilai kuat tariknya akan semakin tinggi [28].



Gambar 5. Grafik Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

b. Modulus Young

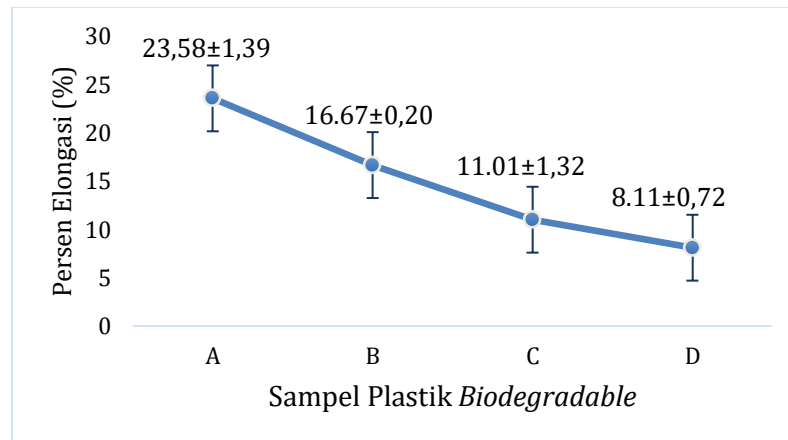
Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai *modulus young* meningkat seiring dengan penambahan komposisi massa kitosan dan berkurangnya komposisi massa tepung ampas ubi kayu, begitupun sebaliknya. *Modulus young* suatu bahan berbanding lurus dengan kuat tariknya. Plastik yang memiliki gugus $C\equiv C$ paling banyak, ikatannya sulit dilepas, sehingga cenderung lebih sukar mengalami perenggangan ketika ditarik. Hal tersebut menyebabkan dibutuhkan kuat tarik yang besar untuk membuat benda tersebut mengalami perenggangan [6].



Gambar 6. Grafik *Modulus Young* Plastik *Biodegradable*

c. Persen *Elongasi*

Gambar 7 menunjukkan bahwa persen *elongasi* menurun seiring dengan penambahan komposisi massa kitosan dan berkurangnya komposisi massa tepung ampas ubi kayu, begitupun sebaliknya.



Gambar 7. Grafik Persen *Elongasi* Plastik *Biodegradable*

Persen *elongasi* plastik berbanding terbalik dengan kuat tariknya [29]. Plastik yang memiliki gugus $C\equiv C$ paling banyak, ikatannya sulit dilepas, sehingga cenderung sukar merenggang dan memiliki nilai *elongasi* yang lebih kecil. Hal tersebut disebabkan semakin menurunnya jarak ikatan antar molekulnya [24].

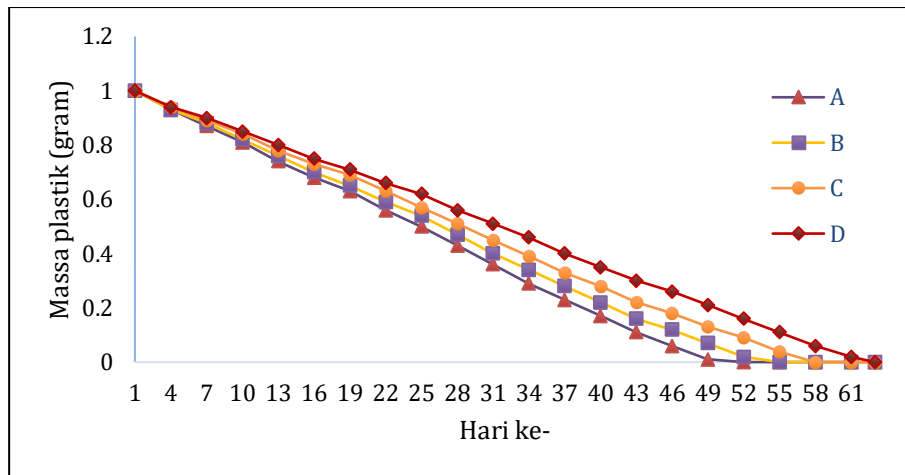
Tabel 4. Perbandingan Kualitas Plastik Konvensional dengan Plastik *Biodegradable*

Nilai	Plastik konvensional	Sampel plastik <i>biodegradable</i>			
		A	B	C	D
Kuat tarik (Mpa)	24,7-302	1,01	1,32	1,66	1,97
% <i>elongasi</i>	21-220	23,58	16,67	11,01	8,11

Tabel 4 menjelaskan bahwa sifat mekanik plastik *biodegradable* yang dihasilkan masih belum cukup baik jika dibandingkan dengan kualitas plastik konvensional.

3) Uji Biodegradasi

Gambar 8 menunjukkan lamanya proses degradasi pada masing-masing sampel A (52 hari), sampel B (55 hari), sampel C (58 hari) dan sampel D (63 hari). Sampel A dengan komposisi massa tepung ampas ubi kayu paling tinggi, mengalami degradasi paling cepat. Tepung ampas ubi kayu bersifat hidrofilik, sehingga sampel dengan komposisi massa tepung ampas ubi kayu paling banyak, membutuhkan waktu lebih cepat untuk terdegradasi. Sampel D dengan komposisi massa kitosan paling banyak, memiliki intensitas gugus $C\equiv C$ tertinggi. Hal tersebut menyebabkan ikatan antar molekul dari plastik akan semakin kuat dan sulit diputus. Di samping itu, kitosan bersifat hidrofobik, sehingga sampel dengan komposisi massa kitosan paling banyak, membutuhkan waktu lebih lama untuk terdegradasi di lingkungan [9].



Gambar 8. Uji Biodegradasi Plastik *Biodegradable*

KESIMPULAN

Tepung ampas ubi kayu dan kitosan dari kulit udang dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuat plastik *biodegradable*. Penambahan komposisi massa kitosan terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tarik dan *modulus young* plastik *biodegradable*, namun untuk nilai persen *elongasinya* menurun. Tingginya intensitas ikatan C=C pada sampel dengan komposisi massa kitosan paling banyak menyebabkan ikatan lebih sukar merenggang/diputus, karena memiliki energi ikatan rata-rata yang tinggi, sehingga menambah nilai kuat tarik dan memperlambat proses biodegradasinya.

REFERENSI

- [1] Kementerian Perindustrian RI, *Konsumsi Plastik 1,9 Juta Ton*. Diunduh di <http://www.kemenperin.go.id/> tanggal 16 Juli 2018, 2013.
- [2] Agustina, Utari, *Variasi Penambahan Gliserin Dan Asam Asetat Terhadap Kualitas Fisik Plastik Biodegradable Dari Pati Gadung (Dioscorea Hispida Denms)*. Skripsi. Palembang: Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Hlm. 11, 2015.
- [3] Patricia, Natashia Cindy, *Pengaruh Variasi Komposisi Kitosan dan Plasticizer Gliserol dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Talas*. Skripsi. Palembang: Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Hlm. 1, 2016.
- [4] Hikmah, N, *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Ambon (Musa Paradisiacal) Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Plasticizer Gliserin*. Skripsi. Palembang: Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Hlm. 1, 2015.
- [5] (PPLH) Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup, *Bahaya Bahan Plastik*. Mojokerto: Move Indonesia. Hlm. 10, 2007.
- [6] Supriyono, *Sintesis dan Karakterisasi Biodegradable Plastic Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong dengan Penambahan Kitosan*. Skripsi. Semarang: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo. Hlm. 15-23, 2016.
- [7] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, *Outlook: Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan (Ubi Kayu)*. Jakarta: Kementerian Pertanian. Hlm. xiv, 2016.
- [8] Asni, N., Saleh, D. & Rahmawati, N, *Plastik Biodegradable Berbahan Ampas Singkong dan Polivinil Asetat*. Prosiding Seminar Nasional Fisika. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta Vol.4 Oktober 2015. Hlm. 57-62, 2015.
- [9] Hidayah, B.I., Damajanti, N. & Puspawiningtiyas, E, *Pembuatan Biodegradable Film Dari Pati Biji Nangka (Artocarpus Hetrophyllus) Dengan Penambahan Kitosan*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan": Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta 18 Maret 2015. Hlm. 1-8, 2015.
- [10] Setiani, W., Sudiarti, T. & Rahmidar, L, *Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan*. *Jurnal Valensi*. 3(2): 100-109, 2013.

- [11] Aziz, N., Gufran, M.F.F.B., Pitoyo, W.U. & Suhandi, Pemanfaatan Ekstrak Kitosan dari Limbah Sisik Ikan Bandeng di Selat Makassar pada Pembuatan Bioplastik Ramah Lingkungan. *Hasanuddin Student Journal*. 1(1): 56-61, 2017.
- [12] Sinardi, Soewondo, P. & Notodarmojo, S, *Pembuatan, Karakterisasi dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau (Mytilus Viridis Linneaus) sebagai Koagulan Penjernih Air (121L)*. Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Universitas Sebelas Maret 24-26 Oktober 2013. Hlm. 33-38, 2013.
- [13] Kusumaningsih, T., Masykur, A. & Arief, U, Pembuatan Kitosan dari Kitin Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*). *Jurnal Biofarmasi*. 2(2): 64-68, 2004.
- [14] Trisnawati, E., Andesti, D. & Saleh, A, Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Kepiting sebagai Bahan Pengawet Buah Duku Dengan Variasi Lama Pengawetan. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(2): 17-26, 2013.
- [15] Fachry, A.R. & Sartika, A, Pemanfaatan Limbah Kulit Udang dan Limbah Kulit Ari Singkong sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik *Biodegradable*. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(3): 1-9, 2012.
- [16] Rofiq, R.M., Witjaksono, A. & Hartono, R, *Perikanan Budidaya Peduli Lingkungan dan Keberlanjutan*. Edisi No.14 Th 3 Mei-Juni 2015. Jakarta: Akuakultur Indonesia. Hlm. 3, 2015.
- [17] -----, *Udang jadi Andalan Ekspor Perikanan Indonesia*. Diunduh di [https://m.republika.co.id/tanggal/11 November 2018](https://m.republika.co.id/tanggal/11-November-2018), 2014.
- [18] Soegiarto, Rolanda Adora, *Aplikasi Kitosan Sebagai Pengawet Alami dari Kulit Udang Dogol (Metapenaeus Monoceros Fab.) pada Sosis Daging Sapi*. Skripsi. Yogyakarta: Program Studi Biologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Hlm. 12, 2013.
- [19] Departemen Agama RI, *Mushaf Al-Qur'an Terjemah*. Depok: Al Huda. Hlm. 76, 2002.
- [20] Rossidi, Imron, *Fenomena Flora & Fauna dalam Al-Qur'an (Seri Integrasi)*. Malang: UIN-Maliki Press. Hlm. 20-21, 2014.
- [21] Young, H.D. & Freedman, R.A., *Fisika Universitas*. Edisi 10. Jilid I. Jakarta: Erlangga. Hlm. 334-341, 2000.
- [22] Puspita, A.D., *Pembuatan dan Karakterisasi Struktur Mikro dan Sifat Termal Film Plastik Berbahan Dasar Pati Biji Nangka (Artocarpus heterophyllus)*. Skripsi. Semarang: Program Studi Fisika, Universitas Negeri Semarang. Hlm. 32-33, 2013.
- [23] Anas, A. K., Salma, A., Nugroho, F., Linguistika, W. & Filinoristi, W., *Pengaruh Variasi Massa Umbi Ganyong (Canna Edulis) pada Pembuatan Dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Umbi Ganyong*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta 2 Juni 2012. Hlm. 4, 2012.
- [24] Indriyanto, I., Wahyuni, S. & Pratjojo, W., Karakteristik Plastik *Biodegradable* Pektin Lidah Buaya. *Indo.J.Chem.Sci*. 3(2): 168-173, 2014.
- [25] Chang, Raymond, *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti*. Edisi 3. Jilid 1. Jakarta: Erlangga. Hlm. 278-280, 2005.
- [26] -----, *Energi Ikatan*. Diunduh di <https://id.wikipedia.org/> tanggal 14 Desember 2018, 2018.
- [27] Coniwanti, P., Laila, L. & Alfira, M.R., Pembuatan Film Plastik *Biodegradable* dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis *Gliserol*. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(4): 22-30, 2014.
- [28] Hartatik, Y.D., Nuriyah, L. & Iswarin., *Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradable Bioplastik*. Malang: Universitas Brawijaya. Hlm. 1-4, 2013.
- [29] Selpiana, Riansya, J.F. & Yordan, K., *Pembuatan Plastik Biodegradable dari Tepung Nasi Aking*. Sumatera Selatan: Universitas Sriwijaya. Hlm. 130-138, 2015.

ANALISIS KARAKTERISASI TEKNOLOGI DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM DAN FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM

Fawzan Ghalib Abdul Karim Bawahab^{1,†}, Elvan Yuniarti¹, Edi Kurniawan²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten
15412, Indonesia

²Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, PUSPIPTEK

[†fawzanghalib@gmail.com](mailto:fawzanghalib@gmail.com)

Diterima: April 2019; Diperbaiki: Juni 2019; Disetujui: Juni 2019; Tersedia Daring: Desember 2019

Abstrak

Pada penelitian ini, telah dilakukan analisa karakterisasi pada teknologi *Direct Sequence Spread Spectrum* dan *Frequency Hopping Spread Spectrum*, sebagai salah satu teknik *multiple-access* pada sistem komunikasi. Karakterisasi dilakukan untuk mencari bagaimana cara meningkatkan keoptimalan kedua sistem tersebut, dalam mengatasi masalah interferensi dengan sistem dan *channel* yang sama. Dan juga untuk menentukan variabel apa yang mempengaruhi keoptimalan kedua sistem tersebut. Karakterisasi dilakukan dengan menentukan variabel-variabel yang mempengaruhi keoptimalan keduanya. Hasil dari karakterisasi, diketahui variabel-variabel yang mempengaruhi kemampuan sistem DSSS yaitu nilai frekuensi *spreading* ($f_s > f_d$). Sedangkan untuk sistem FHSS yaitu nilai frekuensi *spreading* ($h_i > \frac{3}{2}f_d$ dan $h_i' > \frac{3}{2}f_d$) dan selisih antara frekuensi *hopping* data dengan frekuensi *hopping* interferensi ($|h_i - h_i'| > 3f_d$).

Kata Kunci: BER, DSSS, FHSS, Interference, Spread spectrum.

Abstract

In this study, characterization of Direct Sequence Spread Spectrum and Frequency Hopping Spread Spectrum technologies have been done, as one of the multiple-access techniques in communication systems. Characterization is done to find out how to improve the ability of the two systems, in solving interference problems with the same system and channel. And also to determine what variabel affects the ability of the two systems. Characterization is done by determining the variables that affect the ability of both. The results of the characterization, known variables that affect the ability of the DSSS system are the spreading frequency value ($f_s > f_d$). As for the FHSS system, the spreading frequency value ($h_i > \frac{3}{2}f_d$ and $h_i' > \frac{3}{2}f_d$) and the difference between frequency hopping data with frequency hopping interference ($|h_i - h_i'| > 3f_d$).

Keywords: BER, DSSS, FHSS, Interference, Spread spectrum.

PENDAHULUAN

Spread Spectrum Multiple Access (SSMA) adalah salah satu teknik *multiple-access* pada sistem komunikasi, yang bekerja dengan memperluas *bandwidth* sinyal yang dikirim menjadi jauh lebih besar dibandingkan dengan *bandwidth* dari sinyal data [1]. *Spread Spectrum* ditemukan pada akhir 1940-an. Awalnya diterapkan dalam komunikasi militer, untuk menghindari interferensi dan *encoding* oleh perangkat lain. Saat ini sistem *spread spectrum* digunakan dalam banyak sistem komunikasi. Antara lain yaitu; pada sistem komunikasi WLAN (*Wireless Local Area Networks*) IEEE 802.11 [2], sistem navigasi GPS (*Global Positioning System*) [2], sistem komunikasi satelit GLOBALSTAR [3], sistem kendali dan komunikasi pada *Drone* atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) [4], sistem komunikasi seluler generasi kedua (2G) berdasarkan standar IS-95, Wideband-CDMA pada sistem komunikasi selular generasi ketiga (3G) [2] dan sedang dikembangkan sebagai metode *multiple access* pada sistem komunikasi selular generasi kelima (5G) [5].

Selain bidang komunikasi, sistem *spread spectrum* juga banyak digunakan pada: metode watermarking digital sebagai perlindungan hak cipta atas data audio, gambar, dan video (multimedia) [6] [7] [8]; metode watermarking digital dalam bidang telemedicine [9]; rangkaian pengubah DC/DC [10], LLC Resonant [11], dan Serial AT Attachment Generasi ke-3 (SATA-III) [12] untuk mengurangi masalah interferensi elektromagnetik (EMI).

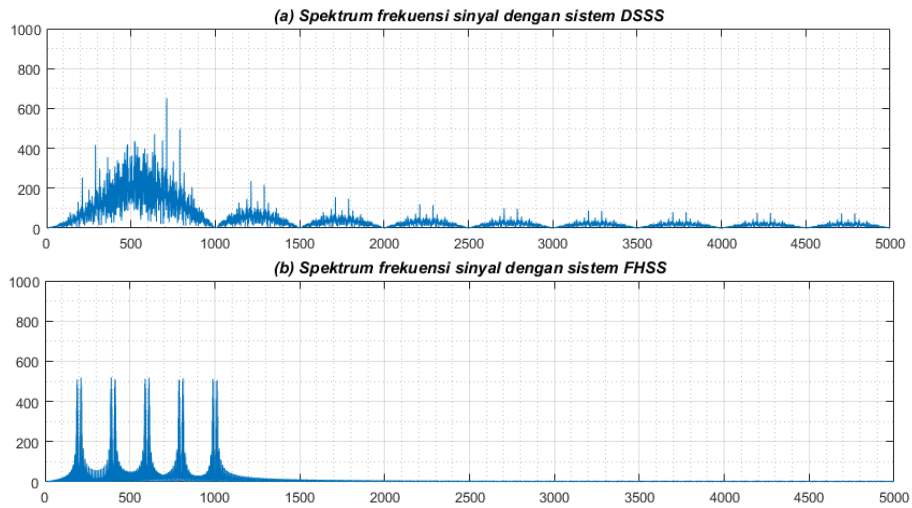
Sistem *spread spectrum* yang paling banyak digunakan adalah sistem *direct-sequence* dan *frequency-hopping*. Kedua sistem tersebut telah banyak digunakan pada perangkat komunikasi, khususnya pada sistem kendali dan komunikasi *Drone* atau UAV. Akan tetapi masih belum diketahui secara pasti bagaimana cara meningkatkan keoptimalan kedua sistem tersebut dalam menghindari interferensi; dan juga bagaimana pengaruhnya jika dalam satu tempat terdapat dua atau lebih perangkat komunikasi yang menggunakan salah satu dari kedua sistem tersebut dengan *channel* yang sama.

Penelitian ini dimaksudkan untuk merancang dan mensimulasikan sistem DSSS dan FHSS, dan juga dilakukan analisa karakterisasi pada kedua sistem tersebut. Perancangan program simulasi dilakukan berdasarkan fungsi matematis dan langkah-langkah pemrosesan sinyal digital pada kedua sistem, dan dengan menggunakan software Matlab. Sedangkan analisa karakterisasi dilakukan dengan program simulasi, yang akan mensimulasikan proses interferensi dengan sistem dan *channel* yang sama. Dan akan divariasikan variabel-variabel yang terdapat pada masing-masing sistem. Dengan begitu akan diketahui variabel-variabel apa saja yang mempengaruhi keoptimalan masing-masing sistem. Parameter yang digunakan untuk menentukan seberapa besar keoptimalan masing-masing sistem yaitu nilai BER. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai referensi, untuk meningkatkan keoptimalan sistem DSSS dan FHSS pada sebuah perangkat komunikasi. Sedangkan model program simulasi diharapkan dapat digunakan untuk perkembangan teknik *multiple-access* baru, yang lebih tahan terhadap interferensi.

Bagian selebihnya paper ini disusun sebagai berikut. Pada bagian kedua disampaikan mengenai sistem *spread spectrum* serta pemrosesan sinyal pada sistem DSSS dan FHSS. Pada bagian tiga dipaparkan mengenai perancangan program simulasi. Bagian empat menampilkan hasil simulasi. Bagian lima menampilkan pembahasan dari hasil simulasi. Paper ini diakhiri dengan kesimpulan.

Spread spectrum (penyebaran spektrum) adalah salah satu teknik *multiple-access* yang bekerja dengan memperluas *bandwidth* sinyal yang dikirim menjadi jauh lebih besar dari sinyal data. Sistem komunikasi *spread spectrum* berguna untuk; mengurangi interferensi, membuat komunikasi yang lebih aman dan sulit dideteksi, mengurangi *multipath fading* dan sebagai teknik *multiple-access*. Sinyal *spread spectrum* menyebabkan interferensi yang relatif kecil pada sistem lain yang beroperasi pada pita spektrum frekuensi yang sama [1].

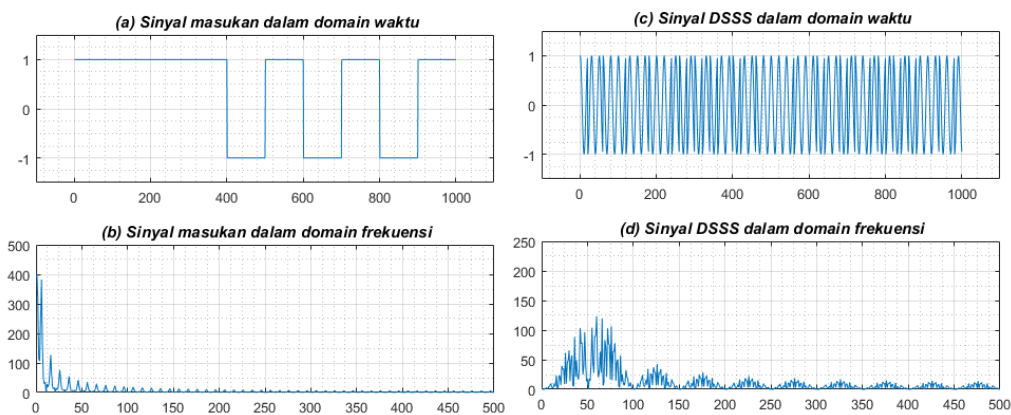
Sistem *spread spectrum* yang paling banyak digunakan adalah sistem *direct-sequence* dan *frequency-hopping*. Sistem *direct-sequence spread spectrum* (DSSS) mentransmisikan sinyal pada satu frekuensi namun pada pita yang sangat lebar. Sedangkan sistem *frequency-hopping spread spectrum* (FHSS) mentransmisikan sinyal dengan pita sempit, namun dengan cepat melompat dari satu frekuensi ke frekuensi berikutnya (beberapa milidetik pada setiap frekuensi).



Gambar 1. Spektrum frekuensi sinyal dengan sistem (a) DSSS & (b) FHSS

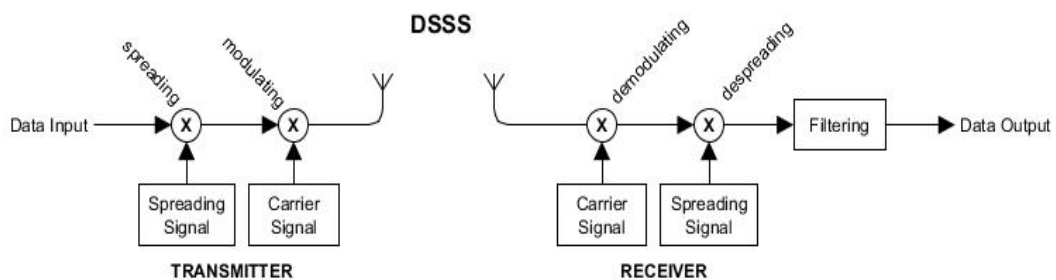
Direct Sequence Spread Spectrum

Direct sequence spread spectrum merupakan jenis spread spectrum yang paling luas dikenal dan paling banyak digunakan, karena sistem ini dikenal paling mudah implementasinya dan memiliki kecepatan data (*data rate*) yang tinggi. Sebagian besar peralatan atau piranti LAN nirkabel yang ada di pasaran sekarang ini menggunakan teknologi DSSS. DSSS merupakan suatu metode untuk mengirimkan data dimana pengirim dan penerima keduanya berada pada set frekuensi yang lebar. Saluran yang lebar ini memungkinkan perangkat untuk memancarkan lebih banyak informasi pada *data rate* yang lebih tinggi dibanding FHSS.



Gambar 2. Bentuk sinyal masukan dalam domain (a) waktu dan (b) frekuensi dan bentuk sinyal DSSS dalam domain (c) waktu dan (d) frekuensi

Berikut adalah blok diagram pemrosesan sinyal sistem DSSS pada sisi *transmitter* dan *receiver*:



Gambar 3. Blok diagram pemrosesan sinyal pada *transmitter* dan *receiver* dari sistem DSSS

Berikut adalah persamaan matematis dari sinyal yang dikirim pada *transmitter* dengan sistem DSSS [1]:

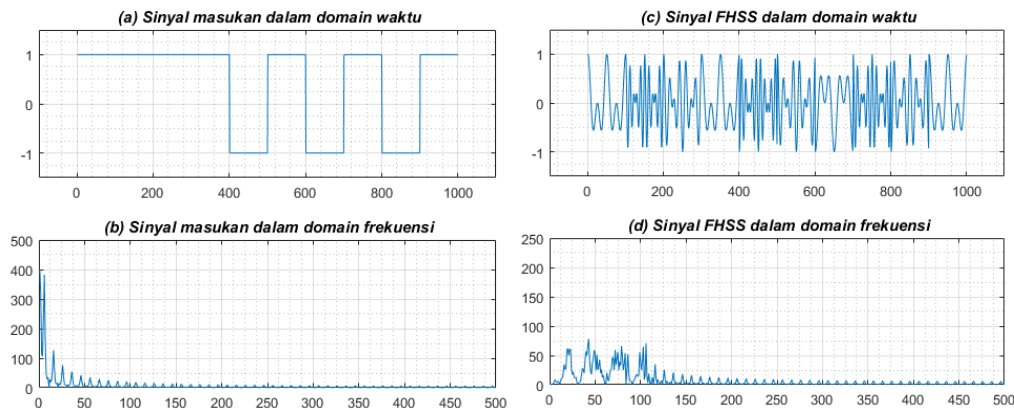
$$\begin{aligned}
 t(t) &= d(t)p(t)c(t) & (1) \\
 d(t) &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} d_i \psi(t - iT_d) \\
 p(t) &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} p_i \psi(t - iT_s) \\
 c(t) &= A \cos(2\pi f_s t + \theta) \\
 \psi(t - iT) &= \begin{cases} 1, & 0 \leq (t - iT) < T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Dimana $t(t)$ adalah fungsi sinyal data yang dikirim dari *transmitter*, $d(t)$ adalah fungsi sinyal data, $p(t)$ adalah fungsi sinyal *spreading*, $c(t)$ adalah fungsi sinyal *carrier*, $\psi(t)$ adalah fungsi unit *impulse*, t adalah waktu (s), A adalah amplitudo sinyal, θ adalah besar fasa sinyal ($^\circ$), d_i adalah deret data, T_d adalah periode sinyal data (s), p_i adalah deret *pseudo noise*, T_s adalah periode sinyal *spreading* (s) dan f_s adalah frekuensi sinyal *spreading* (Hz).

Direct sequence spread spectrum (DSSS) bekerja dengan menyebarkan sinyal data dengan sinyal *spreading* (sinyal *pseudo-random*) yang frekuensinya lebih besar daripada frekuensi dari sinyal data (*bitrate*), kemudian memodulasi sinyal tersebut dengan sinyal *carrier*. Di *receiver*, sinyal data dihasilkan dari perkalian dengan sinyal *carrier* dan sinyal *spreading* yang sama pada *transmitter*, membalik proses pengkodean pada *transmitter*. Dan proses terakhir pada *receiver* yaitu *filtering*, untuk menghilangkan sinyal-sinyal lain selain sinyal yang sama pada *transmitter*. Dan berikut adalah gambar perubahan bentuk sinyal pada sistem DSSS, mulai dari pembentukan sinyal pada *transmitter* sampai dengan proses perbandingan sinyal *input* dengan sinyal *output*.

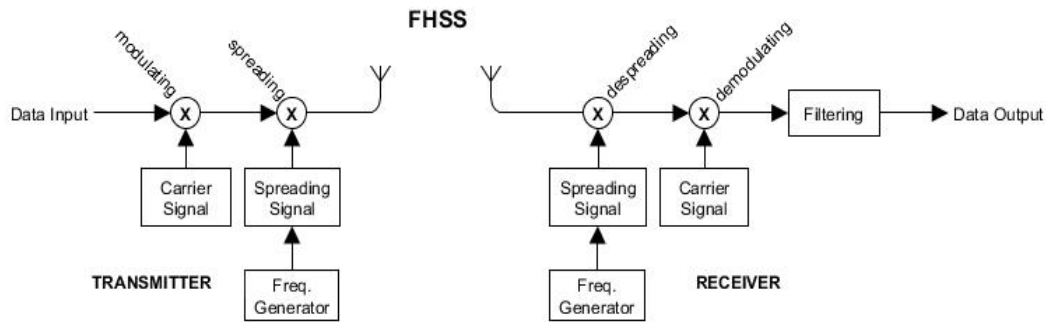
Frequency Hopping Spread Spectrum

Pada sistem *frequency hopping spread spectrum* frekuensi sinyal *spreading* akan terus berubah atau melompat (*hopping*) pada interval waktu yang ditentukan sebelumnya [13]. *Transmitter* memilih besar frekuensi yang akan digunakan berdasarkan deret frekuensi *spreading*.



Gambar 4. Bentuk sinyal masukan dalam domain (a) waktu dan (b) frekuensi dan bentuk sinyal FHSS dalam domain (c) waktu dan (d) frekuensi

Berikut adalah blok diagram pemrosesan sinyal sistem FHSS pada sisi *transmitter* dan *receiver*:



Gambar 5. Blok diagram pemrosesan sinyal pada *transmitter* dan *receiver* dari sistem FHSS

Berikut adalah persamaan matematis dari sinyal yang dikirim pada *transmitter* dengan sistem DSSS [1]:

$$\begin{aligned}
 t(t) &= d(t)p(t)c(t) & (2) \\
 d(t) &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} d_i \psi(t - iT_d) \\
 p(t) &= A \cos(2\pi t h(t) + \theta) \\
 c(t) &= A \cos(2\pi f_d t + \theta) \\
 h(t) &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} h_i \psi(t - iT_d),
 \end{aligned}$$

dimana $h(t)$ adalah fungsi frekuensi *hopping* (Hz), h_i adalah frekuensi *hopping* (deret frekuensi *spreading*, Hz) dan f_d adalah frekuensi sinyal data (Hz).

Prinsip kerja sistem FHSS tidak jauh berbeda dengan sistem DSSS. Perbedaannya pada sistem FHSS sinyal data demodulasi terlebih dahulu dengan sinyal *carrier*. Kemudian disebarakan dengan sinyal *spreading* yang frekuensinya lebih besar dari frekuensi data, dan nilainya terus berubah. Setiap saat, frekuensi sinyal *spreading* dipilih dari rentang frekuensi yang telah ditentukan dan hanya diketahui oleh pengguna sistem. Oleh karena itu, proses komunikasi sulit diganggu jika tidak diketahui frekuensi yang digunakan atau pola frekuensi *spreading* mereka [9]. Dan berikut adalah gambar perubahan bentuk sinyal pada sistem DSSS, mulai dari pembentukan sinyal pada *transmitter* sampai dengan proses perbandingan sinyal *input* dengan sinyal *output*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Agustus 2018. Adapun tempat penelitian dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika (P2F), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK) Serpong, Gedung 440-442, Tangerang Selatan. Dengan alat yang digunakan berupa 1 buah Personal Computer (PC) dan bahan berupa *Software* MATLAB versi R2015b. Penelitian ini hanya menggunakan 1 buah alat dan 1 bahan, hal ini dikarenakan penelitian ini berupa pembuatan program simulasi. Penelitian ini meliputi beberapa tahap. Secara garis besar tahapan tersebut terbagi atas penurunan persamaan matematis, pembuatan program simulasi dan pengambilan data dari program simulasi.

Persamaan matematis sistem DSSS dan FHSS diperoleh dari penurunan fungsi gelombang untuk sinyal yang dikirim *transmitter* pada kedua sistem. Kemudian sinyal tersebut digabungkan dengan sinyal interferensi yang memiliki sistem dan frekuensi *spreading* yang sama, dengan cara dijumlahkan. Dan dilakukan proses demodulasi dan despreading seperti pada *transmitter*. Fungsi tersebut diturunkan sampai hanya tersisa fungsi $d(t)$ sebagai fungsi dari data yang dikirim *transmitter*. Dengan begitu data yang diterima oleh *receiver* akan sesuai dengan data yang dikirim oleh *transmitter*, dan sistem dikatakan optimal. Penurunan persamaan matematis dari sistem DSSS dan FHSS ini akan digunakan sebagai penyesuaian dengan data hasil dari program simulasi. Jika data yang diperoleh sesuai dengan model matematisnya, maka program yang dibuat dapat dikatakan sesuai dengan langkah-langkah pemrosesan sinyal pada sistem DSSS dan FHSS. Dan data yang diperoleh dari program yang dibuat dapat dikatakan valid.

Program yang dibuat akan digunakan untuk mensimulasikan proses pengiriman dan penerimaan sinyal dari kedua sistem. Dan juga untuk pengambilan data yang akan dijadikan parameter dalam melakukan analisa karakterisasi pada kedua sistem, yaitu nilai BER. BER merupakan sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah, atau sebaliknya. Kemudian dibagi dengan sejumlah bit yang diterima atau diproses selama beberapa periode yang telah ditetapkan.

$$BER = \frac{\text{Jumlah bit error}}{\text{Jumlah keseluruhan bit}} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

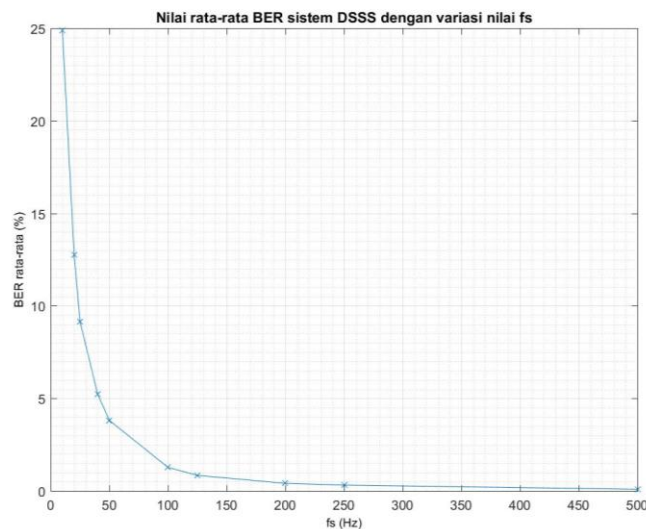
Karakterisasi sistem DSSS dan FHSS dilakukan dengan *running* Program yang telah dibuat dan memvariasikan variabel-variabel (frekuensi *spreading*, *bitrate* dll) yang mempengaruhi keoptimalan sistem. Kemudian dilihat nilai BER yang dihasilkan. Dengan begitu akan diketahui bagaimana pengaruh nilai frekuensi *spreading*, *bitrate* dan variable-variabel lain terhadap kemampuan dari masing-masing sistem untuk menghindari interferensi dengan sistem dan *channel* yang sama. Dan juga akan dibuktikan dengan hasil dari penurunan persamaan matematis. Berikut adalah hasil dan pembahasan dari *running* Program DSSS dan FHSS:

DSSS

Untuk Program Karakterisasi DSSS, dilakukan 2 kali pengambilan data karakterisasi. Pertama dengan cara memvariasikan nilai frekuensi *spreading* dengan nilai *bitrate* tetap (10 Hz) dan yang kedua dengan memvariasikan nilai *bitrate* dengan nilai frekuensi *spreading* tetap (500 Hz). Dan berikut adalah tabel dan grafik data BER yang dihasilkan dari kedua proses tersebut:

Tabel 1. Data BER Program Karakterisasi DSSS dengan variasi nilai frekuensi *spreading*

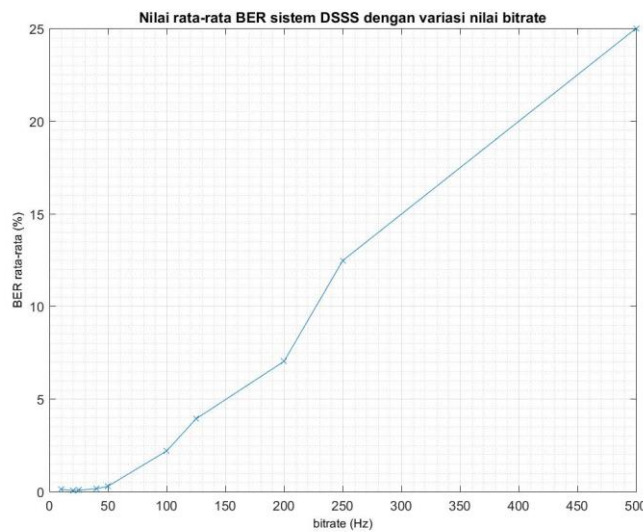
No	Frekuensi <i>spreading</i> (Hz)	BER (%)
1	10	24.864
2	20	12.764
3	25	9.162
4	40	5.238
5	50	3.810
6	100	1.270
7	125	0.840
8	200	0.410
9	250	0.314
10	500	0.092



Gambar 6. Data BER Program Karakterisasi DSSS dengan variasi nilai frekuensi *spreading*

Tabel 2. Data BER Program Karakterisasi DSSS dengan variasi nilai *bitrate*

No	Bitrate (Hz)	BER (%)
1	10	0.120
2	20	0.052
3	25	0.073
4	40	0.147
5	50	0.287
6	100	2.194
7	125	3.924
8	200	7.028
9	250	12.463
10	500	24.993



Gambar 7. Data BER Program Karakterisasi DSSS dengan variasi nilai *bitrate*

Hasil dari *running* program diatas dapat dilihat bahwa pada sistem DSSS, semakin besar nilai frekuensi *spreading* ketika nilai *bitrate* tetap maka sistem ini semakin optimal. Dan sebaliknya, semakin besar nilai *bitrate* ketika nilai frekuensi *spreading* tetap maka sistem ini semakin kurang optimal. Berdasarkan penurunan fungsi matematis yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa syarat agar sistem DSSS lebih optimal untuk menghindari interferensi yaitu jika:

$$f_s > f_d$$

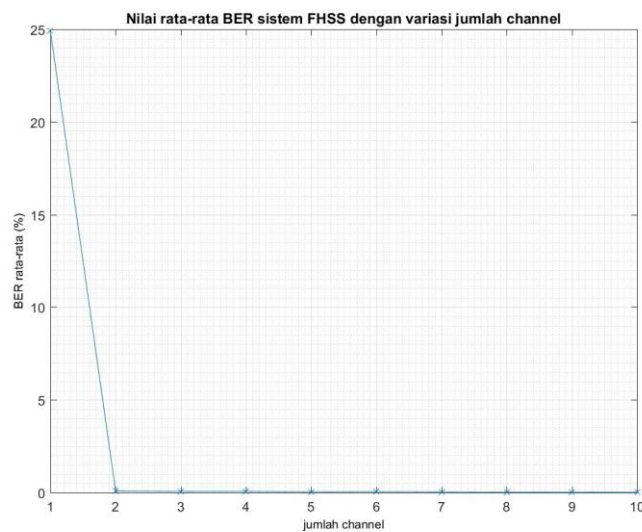
Dan syarat tersebut telah sesuai dengan data yang telah diperoleh diatas.

FHSS

Selanjutnya untuk Program Karakterisasi FHSS, juga dilakukan 2 kali pengambilan data karakterisasi. Pertama dengan cara memvariasikan jumlah *channel* (frekuensi *hopping* h_i) dengan nilai *bitrate* tetap (10 Hz). Dan yang kedua dengan memvariasikan nilai selisih antara *channel* sinyal data dengan *channel* sinyal interferensi (selisih antara frekuensi *hopping* data h_i dengan frekuensi *hopping* interferensi h_i') dengan nilai *bitrate* tetap (10 Hz). Dan berikut adalah tabel dan grafik data BER yang dihasilkan dari kedua proses tersebut:

Tabel 3. Data BER Program Karakterisasi FHSS dengan variasi jumlah *channel*

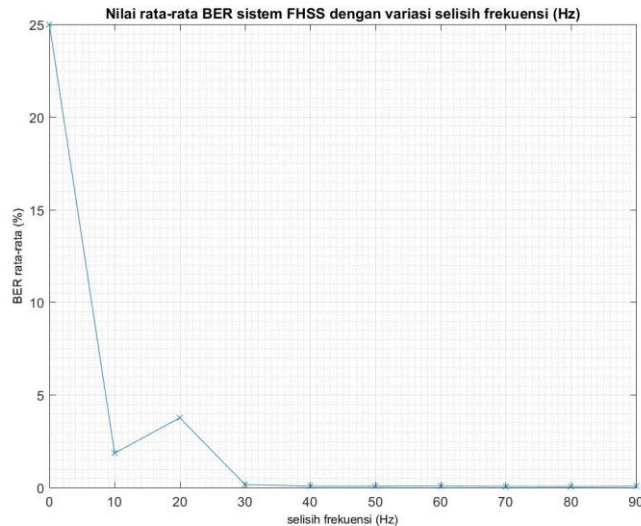
No	Frekuensi spreading (Hz)	Jumlah channel	BER (%)
1	50	1	24.910
2	50, 75	2	0.086
3	50, 75, 100	3	0.062
4	50, 75, 100, 125	4	0.064
5	50, 75, 100, 125, 150	5	0.032
6	50, 75, 100, 125, 150, 175	6	0.046
7	50, 75, 100, 125, 150, 175, 200	7	0.030
8	50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225	8	0.016
9	50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250	9	0.022
10	50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275	10	0.012



Gambar 8. Data BER Program Karakterisasi FHSS dengan variasi jumlah *channel*

Tabel 4. Data BER Program Karakterisasi FHSS dengan variasi selisih antara *channel* data dengan *channel* interferensi

No	Frekuensi spreading (Hz)	Selisih channel		BER (%)
		(Hz)	(Bitrate)	
1	20 dan 20	0	0	24.996
2	20 dan 30	10	1	1.852
3	20 dan 40	20	2	3.762
4	20 dan 50	30	3	0.162
5	20 dan 60	40	4	0.072
6	20 dan 70	50	5	0.074
7	20 dan 80	60	6	0.078
8	20 dan 90	70	7	0.066
9	20 dan 100	80	8	0.050



Gambar 9. Data BER Program Karakterisasi FHSS dengan variasi selisih antara *channel* data dengan *channel* interferensi

Hasil dari *running* program diatas terlihat bahwa pada sistem FHSS banyaknya *channel* tidak terlalu mempengaruhi kemampuan sistem FHSS untuk menghindari interferensi dengan sistem dan *channel* yang sama. Dengan catatan: jumlah *channel* yang digunakan harus lebih dari satu. Jumlah *channel* hanya berpengaruh ketika terdapat banyak sinyal interferensi. Misalnya jika terdapat 3 sinyal dengan sistem FHSS maka untuk lebih memvariasikan nilai frekuensi *hopping* jumlah *channel* yang digunakan harus lebih dari atau sama dengan 3.

Dari hasil dari *running* program juga terlihat bahwa pada sistem FHSS untuk meningkatkan kemampuan sistem ini maka: nilai selisih antara frekuensi *hopping* data dengan frekuensi *hopping* interferensi harus lebih besar dari 3 kali dari nilai *bitrate* ($|h_i - h'_i| > 3f_d$). Terlihat pada grafik, nilai BER mulai stabil ketika selisih antara frekuensi *hopping* data dengan frekuensi *hopping* interferensi diatas 3 kali nilai *bitrate*.

Berdasarkan penurunan fungsi matematis yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa syarat agar sistem FHSS lebih optimal untuk menghindari interferensi yaitu jika:

$$|h_i - h'_i| > 3f_d$$

Dan syarat tersebut telah sesuai dengan data yang telah diperoleh diatas.

KESIMPULAN

Program untuk mensimulasikan pemrosesan sinyal pada sistem DSSS dan FHSS telah berhasil dibuat menggunakan *software* MATLAB, dimana hasil dari *running* program sesuai dengan model matematis dari kedua sistem tersebut. Maka program dapat dikatakan telah sesuai dengan langkah-langkah pemrosesan sinyal pada sistem DSSS dan FHSS. Dan data yang diperoleh dari program yang dibuat dapat dikatakan valid.

Variabel yang mempengaruhi kemampuan sistem DSSS untuk menghindari interferensi dengan sistem dan *channel* yang sama, yaitu nilai frekuensi *spreading* ($f_s > f_d$). Sedangkan untuk sistem FHSS yaitu nilai selisih antara frekuensi *hopping* data dengan frekuensi *hopping* interferensi ($|h_i - h'_i| > 3f_d$).

REFERENSI

- [1] D. Torrieri, Principles of Spread-Spectrum Communication Systems, Maryland: Springer International Publishing Switzerland, 2015.

- [2] J. Meel, "Spread Spectrum: applications," De Nayer Instituut, Hogeschool Voor Wetenschap & Kunst, Rotselaar, 1999.
- [3] K. Wesolowski, Introduction To Digital Communication Systems, John Wiley & Sons Ltd, 2009.
- [4] M. Ednch dan R. Schmalenberger, "Combined DSSS/FHSS approach to interference rejection and navigation support in UAV communications and control," *IEEE Seventh International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications*, pp. 687-691, 2002.
- [5] I. V. Bolo, T. P. Espera, R. V. Marquez, C. D. Ambatali dan N. I. Bernardo, "Performance Evaluation of Spread Spectrum-based Multiple Access Combined with 5G Filter-based Multi-carrier Waveforms," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2017.
- [6] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton dan T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, 1997.
- [7] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton dan T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, pp. 243-246, 1996.
- [8] Y. Xiang, I. Natgunanathan, D. Peng, G. Hua dan B. Liu, "Spread Spectrum Audio Watermarking Using Multiple Orthogonal PN Sequences and Variable Embedding Strengths and Polarities," *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 26, no. 3, pp. 529-539, 2018.
- [9] A. Singh, B. Kumar, M. Dave dan . Mohan, "Robust and Imperceptible Spread-Spectrum Watermarking for Telemedicine Applications," *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, vol. 85, no. 2, pp. 295-301, 2015.
- [10] F. Pareschi, R. Rovatti dan G. Setti, "EMI Reduction via Spread Spectrum in DC/DC Converters: State of the Art, Optimization, and TradeoffsEMI Reduction via Spread Spectrum in DC/DC Converters: State of the Art, Optimization, and Tradeoffs," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 2857-2874, 2015.
- [11] H.-P. Park, M. Kim dan J.-H. Jung, "Spread Spectrum Technique to Reduce EMI Emission for an LLC Resonant Converter Using a Hybrid Modulation Method," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 33, no. 5, pp. 3717-3721, 2018.
- [12] H. Alsuraistry, J. Cheng, J. Lin, Y. Kuo, J. Tsai dan T. Huang, "A 6-GHz spread spectrum clock generation with EMI reduction of 30.2 dB for SATA-III applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 59, no. 3, pp. 622-624, 2017.
- [13] L. Nurmalia dan M. Pinem, "Analisis Perbandingan Teknologi Spread Spectrum FHSS dan DSSS pada Sistem CDMA," *SINGUDA ENSIKOM*, vol. 4, no. 1, pp. 30-35, 2013.
- [14] T. Tsui dan T. Clarkson, "Spread-Spectrum Communication Techniques," *Electronics & Communication Engineering Journal*, pp. 3-12, 1994.