

Vol. 4 No. 2
Oktober 2020

ISSN 2579-5821
e-ISSN 2579-5546



Jurnal

Geocelebes



Diterbitkan oleh:
Departemen Geofisika
Universitas Hasanuddin
Makassar



Volume 4 Nomor 2, Oktober 2020

P-ISSN: 2579-5821
E-ISSN: 2579-5546

**Diterbitkan oleh:
Departemen Geofisika, FMIPA
Universitas Hasanuddin**

JURNAL GEOCELEBES

Volume 4 Nomor 2, Oktober 2020

ISSN: 2579 – 5821 (Cetak)

ISSN: 2579 – 5546 (Online)

Alamat URL: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/geocelebes>

Diterbitkan berkala dua kali setahun oleh/ **Published periodically two times annually by**
Dept. Geofisika Universitas Hasanuddin/ **Geophysics Dept., Hasanuddin University**

Dewan Redaksi/ Editor Board

Editor Kepala (Chief Editor) : Muh. Altin Massinai / Universitas Hasanuddin

Redaksi yang bertugas pada Volume 4

Dewan Editor / Editorial Board:

Muh. Altin Massinai / Universitas Hasanuddin
Cahli Suhendi / Institut Teknologi Sumatera – KAUST
Ayusari Wahyuni / UIN Alauddin
Saaduddin/ Universitas Hasanuddin – University of Leeds
Jamaluddin/ Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

Mitra Bestari / Reviewer:

Bimastyaji Surya Ramadan / Universitas Diponegoro	Arif Wijaya / Universitas Muhammadiyah Mataram
Muhammad Ramli / Universitas Hasanuddin	Fita Widiyatun / Universitas Indraprasta PGRI
Winantris / Universitas Padjadjaran	Harnanti Yogaputri Utami / Institut Teknologi Sumatera
Muhammad Amin Syam / Universitas Mulawarman	Fahrudin / Universitas Lambung Mangkurat
Nanang Sugianto / Universitas Bengkulu	Aswar Syafnur / Universitas Hasanuddin
Rustan Efendi / Universitas Tadulako	Reyhan Azeriansyah / Universitas Diponegoro
Nurul Dzakiya / Institut Sains dan Teknologi AKPRIND	Muhammad Rezky Ariansyah / Universitas Hasanuddin
Rohima Wahyu Ningrum / Universitas Khairun	

Sekretariat/ Secretariat:

Departemen Geofisika, FMIPA Universitas Hasanuddin

Gedung MIPA, Kampus Unhas Tamalanrea - Jalan Perintis Kemerdekaan, Makassar
Sulawesi Selatan, 90245.

E-mail: geocelebes@sci.unhas.ac.id

Jurnal Geocelebes adalah jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Departemen Geofisika Universitas Hasanuddin. Jurnal ini diperuntukkan sebagai sarana publikasi ilmiah di bidang geofisika mulai topik teoritik hingga topik aplikasi geofisika di berbagai bidang. Artikel yang dimuat merupakan hasil penelitian yang orisinal, tinjauan (*review*) tentang kemajuan terkini dari suatu topik tertentu, studi kasus aplikasi geofisika ataupun resensi tentang perangkat lunak yang berkaitan dengan geofisika. Makalah dapat dikirimkan ke alamat email redaksi dalam bentuk *softcopy* dengan menggunakan template yang telah disediakan. Setiap makalah yang diterima akan ditinjau kelayakannya melalui proses *reviewing* yang ketat oleh Dewan Redaksi.

DAFTAR ISI

JURNAL GEOCELEBES

Volume 4, Nomor 2, Oktober 2020

ISSN: 2579 – 5821 (Cetak)

ISSN: 2579 – 5546 (Online)

Alamat URL: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/geocelebes>

Halaman Judul	i
Dewan Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
Kata Pengantar	v
Pemetaan Akuifer Air Tanah Kota Palopo Provinsi Sulawesi Selatan Menggunakan Metode Geolistrik	70
<i>Aryadi Nurfalaq, Iin Karmila Putri, Rahma Hi. Manrulu</i>	
Inversi Impedansi Elastik dan $\lambda\rho$ untuk Karakterisasi Kandungan Reservoir Batupasir	79
<i>Harsano Jayadi, Sismanto, Icha Untari Meidji, Ayusari Wahyuni, Ninasafitri</i>	
Identifikasi Struktur Bawah Permukaan sebagai Pengontrol Sebaran Mineralisasi di Dusun Plampang dan Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta	93
<i>Dicky Alviandi Rais, Amrupranadi Muhammad, Catherine Monalisa Panggabean, Dewy Widya Ningsih, Refita Khumayroh</i>	
Karakterisasi Air Daerah Panas Bumi Pencong dengan Metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) di Kecamatan Biringbulu, Kabupaten Gowa Propinsi Sulawesi Selatan	102
<i>Agustina Lolo, Candra Febryanto Patandean, Eko Ruslan</i>	
Forward Modelling Metode Gayaberat dengan Model Intrusi dan Patahan Menggunakan Octave	111
<i>Muhammad Nurul, Aisah Yuliantina, Aprillia Yulianata, Ida Bagus Suananda Yogi, dan Syamsurijal Rasimeng</i>	
Analisis Perkiraan Harga Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor	118
<i>Vini Yuliahwati, Iwan Setiawan, Lili Somantri</i>	

Analisis Ground Vibration Akibat Ledakan pada Tambang Nikel di PT. Vale Indonesia, Tbk	129
<i>A. Al'Faizah Ma'rief, Miranda</i>	
Korelasi Data Geolistrik dan <i>Electrical Logging</i> untuk Analisis Ketebalan Lapisan Batuan Piroklastik di Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang	134
<i>Syarifullah Bundang, Bushan Azikin, Sultan</i>	
Identifikasi Zona Mineralisasi Emas Menggunakan Metode Resistivitas dan Induksi Polarisasi (IP) di Desa Lintidu Kab Buol	144
<i>La Ode Muh. Yazid Amsah, Emi Prasetyawati Umar</i>	
Identifikasi Air Tanah Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang Kabupaten Maros dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger	150
<i>Nur Okviyani, Andi Sebrahim, Enni Tri Mahyuni</i>	

KATA PENGANTAR

Jurnal Gecelebes yang dikelola oleh Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar telah memasuki tahun keempat. Dewan Redaksi mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas pencapaian ini serta ungkapan terima kasih atas komitmen Tim Pengelola, Tim Editor Isi dan Layout, dalam menjalankan amanah ini. Secara khusus Dewan Redaksi mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah memasukkan karya ilmiahnya dan kepada Tim Mitra Bestari yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan saran dan koreksi yang membangun pada setiap artikel di setiap terbitan Jurnal Gecelebes.

Pada edisi Volume 4 Nomor 2 Oktober 2020 terdapat sepuluh artikel dengan dua artikel di antaranya telah dipresentasikan pada Seminar Nasional Geofisika 2019 yang telah diselenggarakan oleh Departemen Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Oktober 2019. Artikel yang diterbitkan yang secara umum membahas implementasi peran geosains khususnya geofisika dalam eksplorasi sumber daya alam dan bidang lainnya yang sesuai dengan fokus dan cakupan bidang yang diterbitkan oleh Jurnal Gecelebes. Jurnal Gecelebes menerima partisipasi dari akademisi, peneliti, praktisi industri, mahasiswa dan lainnya di bidang geosains baik dalam perspektif teoretik maupun aplikasi, baik yang berkaitan tentang bawah permukaan (litosfer) maupun atas permukaan (atmosfer), yang tentunya akan melalui serangkaian proses yaitu *submitting*, *editing*, dan *reviewing*.

Dewan Redaksi Jurnal Gecelebes membuka diri atas saran dan kritikan yang membangun demi perbaikan ke depan. Segala saran dan kritikan dapat dikirimkan melalui email gecelebes@sci.unhas.ac.id

Makassar, Oktober 2020

Dewan Redaksi Jurnal Gecelebes

PEMETAAN AKUIFER AIR TANAH KOTA PALOPO PROVINSI SULAWESI SELATAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK

Aryadi Nurfalaq^{1*}, Iin Karmila Putri¹, Rahma Hi. Manrulu²

¹Program Studi Informatika, Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia

²Program Studi Fisika, Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia

*Corresponding author. Email: aryadinurfalaq@yahoo.co.id

Manuscript received: 4 March 2020; Received in revised form: 30 April 2020; Accepted: 2 May 2020

Abstrak

Kota Palopo, Provinsi Sulawesi Selatan, di bagian timur berupa dataran rendah terdiri dari endapan aluvial yang dapat berperan sebagai akuifer air tanah. Untuk menjaga ketersediaan air tanah secara berkelanjutan, perlu memetakan potensi air tanah Kota Palopo. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akuifer air tanah Kota Palopo dan memetakan distribusi potensi air tanah. Metode yang digunakan adalah geolistrik konfigurasi Schlumberger dan pemetaan isoresistivitas menggunakan teknik interpolasi metode *Inverse Distance Weighted* (IDW). Lapisan akuifer yang mengandung air tanah memiliki nilai resistivitas 0,1 – 183 Ω m pada kedalaman 5 – 60 m yang meliputi 6,2 – 11,5% dari luas Kota Palopo dengan material berupa endapan aluvial seperti lumpur dan pasir. Daerah yang memiliki potensi air tanah terdapat di beberapa lokasi pengukuran seperti Kecamatan Wara, Wara Selatan, Wara Utara, Wara Timur, Bara, Telluwanua, dan Sendana.

Kata kunci: air tanah; akuifer; geolistrik.

Abstract

Palopo City, South Sulawesi Province, in the eastern part of the lowlands consists of alluvial deposits that can act as groundwater aquifers. To maintain the availability of groundwater in a sustainable manner, it is necessary to map the groundwater potential of Palopo City. This study aims to identify the Palopo City groundwater aquifer and map the distribution of groundwater potential. The method used is the geoelectric Schlumberger configuration and isoresistivity mapping using the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation technique. The aquifer layer containing groundwater has a resistivity value of 0.1 – 183 Ω m at a depth of 5 – 60 m which covers 6.2 – 11.5% of the area of Palopo City with material in the form of alluvial deposits such as mud and sand. Areas that have groundwater potential are found in several measurement locations such as Wara District, South Wara, North Wara, East Wara, Bara, Telluwanua, and Sendana.

Keywords: aquifer; geoelectric; groundwater.

Pendahuluan

Secara geografis, bentang alam Kota Palopo, Provinsi Sulawesi Selatan, khususnya bagian timur berupa dataran rendah. Batuan penyusun di daerah ini didominasi oleh endapan alluvial. Endapan alluvial terdiri dari pasir, lempung dan

kerikil (Djuri, Sudjatmiko, Bachri, & Sukido, 1998). Lapisan batuan ini memiliki porositas baik sehingga dapat bertindak sebagai pembawa air tanah (akuifer) (Manrulu, Nurfalaq, & Hamid, 2018). Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Palopo Nomor 9 Tahun 2012 tentang Rencana Tata

Ruang Wilayah (RTRW) Kota Palopo tahun 2012 – 2032 cekungan air tanah di Kota Palopo terletak di Kelurahan Salubattang Kecamatan Telluwanua dengan luas area lebih kurang 2.634,71 ha (Pemerintah Kota Palopo, 2012). Air tanah Kota Palopo tergolong ke dalam air tanah dangkal dengan kedalaman yang bervariasi mulai dari kedalaman 1 m hingga 12 m dengan material penyusun pasir dan kerikil yang memiliki sifat porositas dan permeabilitas baik (Manrulu, Nurfalaq, & Hamid, 2018). Di Kecamatan Sendana lapisan akuifer berupa pasir dan kerikil yang memiliki nilai tahanan jenis 21,6 – 81,3 Ω m pada kedalaman lebih dari 45 m (Usman, Manrulu, Nurfalaq, & Rohayu, 2017).

Air tanah di Kota Palopo dimanfaatkan untuk berbagai keperluan mulai dari keperluan rumah tangga, usaha air mineral hingga perhotelan/penginapan. Air tanah dimanfaatkan sebagai sumber air bersih dalam bentuk sumur, sumur pompa, dan sumur bor. Berdasarkan data BPS Kota Palopo terdapat 51 usaha penginapan dua di antaranya merupakan hotel berbintang dan lainnya berupa usaha penginapan lainnya (BPS Kota Palopo, 2017). Untuk memenuhi kebutuhan air yang cukup besar selain menggunakan PDAM juga memanfaatkan air tanah (sumur bor). Untuk menjaga ketersediaan air tanah dan mengantisipasi terjadinya eksploitasi air tanah secara berlebihan maka perlu dilakukan upaya konservasi. Upaya konservasi ini dimulai dari menginventarisasi potensi air tanah Kota Palopo dan mengetahui seberapa besar potensinya. Hal ini penting dilakukan agar air tanah Kota Palopo dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Eksploitasi air tanah secara berlebihan dapat berdampak pada penurunan muka air tanah, intrusi air laut, pencemaran air tanah dan penurunan muka tanah (*land subsidence*) (Rejekiningrum, 2009).

Salah satu metode geofisika yang digunakan dalam mengidentifikasi lapisan batuan bawah permukaan adalah metode geolistrik. Metode geolistrik mampu mengukur perbedaan tahanan jenis lapisan batuan. Lapisan air tanah yang bersifat konduktif memiliki tahanan jenis yang rendah sedangkan lapisan batuan memiliki tahanan jenis tinggi kandungan air yang sedikit (Mirna, As'ari, & Tongkukut, 2017). Metode geolistrik ini pada prinsipnya menginjeksikan arus listrik di permukaan bumi melalui sepasang elektroda arus kemudian mengukur tegangan antara kedua elektroda tersebut menggunakan sepasang elektroda potensial yang dihubungkan dengan voltmeter. Dari hasil pengukuran ini menghasilkan data kuat arus listrik yang mengalir dalam batuan dan potensial listrik. Berdasarkan data ini maka tahanan jenis (*resistivity*) batuan dapat dihitung. Metode geolistrik ini telah digunakan untuk mengidentifikasi akuifer air tanah di Daerah Pallantikang Kabupaten Jeneponto (Nurfalaq, Nawir, Manrulu, & Umar, 2018).

Geologi Regional Kota Palopo

Berdasarkan peta geologi regional lembar Malili (Simandjuntak, Rusmana, Surono, & Supaandjono, 1991) dan lembar Majene dan bagian barat lembar Palopo (Djuri, Sudjatmiko, Bachri, & Sukido, 1998) Gambar 1, Kota Palopo terdiri atas tiga formasi batuan yaitu:

1. Aluvium (Qal): lumpur, lempung, pasir, kerikil, kerakal. Satuan ini merupakan endapan sungai, rawa dan pantai. Sebarannya meliputi dataran di sebelah timur.
2. Batuan Gunung Api Lamasi (Tply): lava, breksi, tufa. Lava, bersusunan andesit sampai basal; memperlihatkan struktur aliran, amigdaloid, padu pejal.
3. Formasi Latimojong (Kls): perselingan batusabak, filit, wake, kuarsit, batugamping, batulanau sisipan konglomerat, rijang, umumnya termalihan sangat lemah.

Tabel 1. Harga resistivitas berbagai batuan, mineral (Loke, 1999);* (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990)

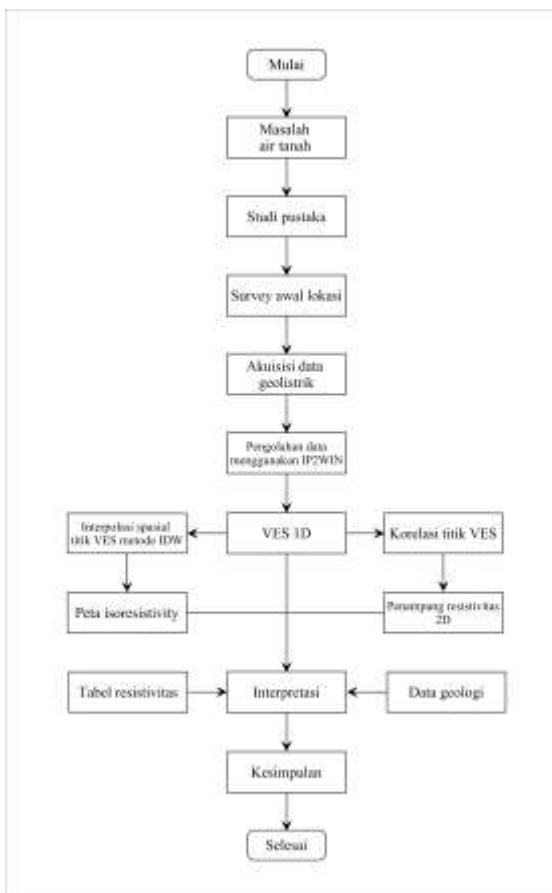
Material	Resistivity (Ωm)
<i>Igneous and Metamorphic Rocks</i>	
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$
Basalt	$10^3 - 10^6$
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$
<i>Sedimentary Rocks</i>	
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$
	200 – 8000*
Shale	$20 - 2 \times 10^3$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$
Gravel	100 – 600*
<i>Soils and water</i>	
Clay	1 – 100
Alluvium	10 – 800
Groundwater	10 – 100
	0,5 – 300*
Sea water	0,2

Interpretasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai tahanan jenis hasil pengukuran dengan tahanan jenis pada Tabel 1 untuk menentukan jenis batuan. Selain itu, dilakukan pengamatan lapangan untuk membantu dalam interpretasi data, serta merujuk pada peta geologi daerah penelitian.

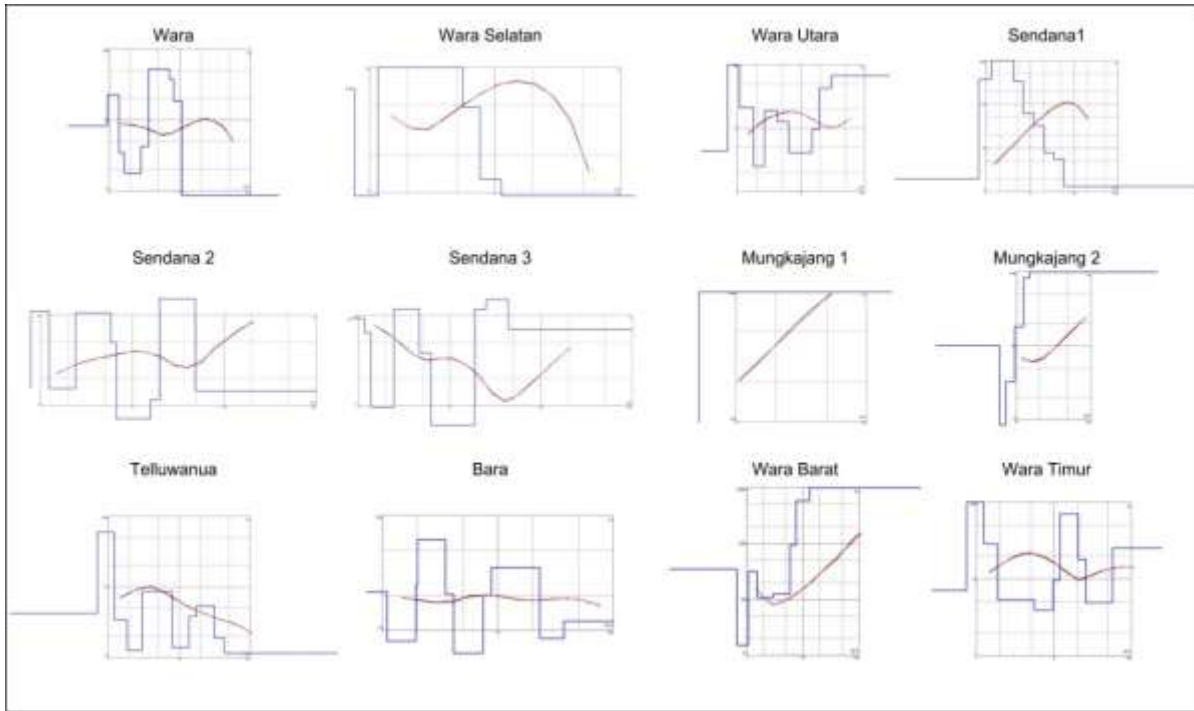
Selanjutnya pembuatan peta iso-resistivitas Kota Palopo pada kedalaman 5 m dan 60 m. Peta iso-resistivitas dibuat dengan teknik interpolasi metode *Inverse Distance Weighted* (IDW). Peta ini dibuat menggunakan perangkat lunak pengolahan data SIG untuk memetakan sebaran potensi air tanah Kota Palopo. Diagram alir penelitian. dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data geolistrik konfigurasi Schlumberger dilakukan sebanyak 12 titik sounding yang tersebar di sembilan kecamatan. Kecamatan Tellumanua dilakukan di Kelurahan Mancani, Kecamatan Bara dilakukan di Kelurahan Balandai, Kecamatan Wara Utara di Kelurahan Sabbangparu, Kecamatan Wara Barat di Kelurahan Tamarunding, Kecamatan Mungkajang di Kelurahan Latuppa sebanyak 2 titik sounding, Kecamatan Sendana sebanyak 3 titik sounding di Kelurahan Peta, Sendana dan Purangi, Kecamatan Wara Selatan di Kelurahan Takkalalla, Kecamatan Wara di Kelurahan Tompotikka, Kecamatan Wara Timur di Kelurahan Salekoe. *Vertical Electric Sounding* (VES) masing-masing titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.



Gambar 4. Vertical Electric Sounding titik pengukuran.

Tabel 2. Harga resistivitas setiap titik pengukuran pada berbagai kedalaman.

NO	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ohm,m)											
		Wara	Wasel	Warut	Sen1	Sen2	Sen3	Mung1	Mung2	Tel	Bara	Warbar	Wartim
1	0-5	523,0	144,0	12,5	3329,0	104,0	38,6	40825,0	101,0	85,5	6,3	124,0	5,4
2	5-10	183,0	12,7	4,1	625,0	7,2	2,3	40825,0	181,0	13,8	35,1	5815,0	9,5
3	10-15	0,3	1,4	4,1	319,0	7,2	5,0	40825,0	829,0	37,9	35,1	51060,0	69,7
4	15-20	0,3	0,1	42,6	319,0	1652,0	115,2	40825,0	6133,0	53,5	35,1	51060,0	69,7
5	20-25	0,3	0,1	42,6	77,6	1652,0	115,2	240000,0	6133,0	53,5	8,4	62499,0	18,1
6	25-30	0,3	0,1	42,6	77,6	1345,0	4685,0	240000,0	6133,0	53,5	8,4	62499,0	4,9
7	30-35	0,3	0,1	66,5	77,6	1345,0	4685,0	240000,0	6133,0	19,0	8,4	62499,0	4,9
8	35-40	0,3	0,1	66,5	55,7	1345,0	4685,0	240000,0	28957,0	19,0	12,0	62499,0	4,9
9	40-45	0,3	0,1	66,5	55,7	1345,0	69,9	240000,0	28957,0	11,5	12,0	62499,0	4,9
10	45-50	0,3	0,1	66,5	55,7	14,5	69,9	240000,0	28957,0	11,5	12,0	62499,0	4,9
11	50-55	0,3	0,1	66,5	55,7	14,5	69,9	240000,0	28957,0	11,5	12,0	48783,0	4,9
12	55-60	0,3	0,1	66,5	13,3	14,5	69,9	240000,0	28957,0	11,5	12,0	48783,0	25,3

Potensi Air Tanah Kota Palopo

Hasil pengukuran nilai tahanan jenis masing-masing titik VES memiliki nilai yang bervariasi. Gambar 4 menunjukkan hasil VES dari masing-masing titik pengukuran yang menyatakan perubahan tahanan jenis terhadap kedalaman ($AB/2$). Tabel 2 memperlihatkan variasi tahanan jenis terhadap kedalaman di masing-masing titik VES. Nilai tahanan jenis air tanah merujuk pada Tabel 1 dimana rentang nilai

tahanan jenis air tanah 10 – 100 Ωm (Loke, 1999) dan 0,5 – 300 Ωm (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990). Titik VES di Kecamatan Wara (Wara) memiliki nilai tahanan jenis 0,3 – 523 Ωm . Kedalaman 0 – 5 m merupakan zona tak jenuh yang tidak mengandung air tanah memiliki tahanan jenis 523 Ωm . Lapisan di bawahnya merupakan lapisan jenuh yang mengandung air tanah memiliki nilai tahanan jenis 0,3 – 183 Ωm .

Titik VES di Kecamatan Wara Selatan (Wasel) memiliki nilai tahanan jenis 0,1 – 144 Ω m. Pada titik VES ini lapisan yang akuifer yang mengandung air tanah dapat dijumpai pada kedalaman > 5 m.

Titik VES di Kecamatan Wara Utara (Warut) memiliki nilai tahanan jenis 4,1 – 66,5 Ω m. Lapisan akuifer yang mengandung air tanah terdapat pada bagian dekat permukaan hingga kedalaman > 60 m.

Titik VES Kecamatan Sendana di Kelurahan Peta (Sen1) memiliki nilai tahanan jenis 13,3 – 3329 Ω m. Kedalaman 0 – 5 m memiliki nilai tahanan jenis 3329 Ω m diinterpretasikan sebagai batuan beku pejal. Kedalaman 5 – 20 m merupakan lapisan yang tidak mengandung air tanah dengan nilai tahanan jenis 319 – 625 Ω m. Lapisan di bawahnya merupakan lapisan akuifer yang mengandung air tanah memiliki nilai tahanan jenis 13,3 – 77,6 Ω m.

Titik VES di Kelurahan Sendana (Sen2) memiliki nilai tahanan jenis 7,2 – 1652 Ω m. Kedalaman 0 – 15 m merupakan lapisan air tanah dangkal memiliki nilai tahanan jenis 7,2 – 104 Ω m. Lapisan di bawahnya merupakan lapisan kedap air yang tidak dapat dilewati oleh air tanah memiliki nilai tahanan jenis 1345 – 1652 Ω m. Lapisan air tanah dalam terdapat pada kedalaman > 45 m dengan nilai tahanan jenis 14,5 Ω m. Titik VES di Kelurahan Purangi (Sen3) memiliki nilai tahanan jenis 2,3 – 4685 Ω m. Lapisan yang mengandung air tanah dangkal berada pada kedalaman 0 – 25 m dengan nilai tahanan jenis 2,3 – 115,3 Ω m. Lapisan di bawahnya merupakan lapisan kedap air yang memiliki nilai tahanan jenis 4685 Ω m. Lapisan air tanah dalam berada pada kedalaman > 40 m dengan nilai tahanan jenis 69,9 Ω m.

Titik VES Kecamatan Mungkajang di Kelurahan Latuppa sebanyak dua titik yaitu titik I (Mung1) memiliki nilai tahanan jenis 40825 – 240000 Ω m dan titik II (Mung2)

memiliki nilai tahanan jenis 101 – 28597 Ω m. Dilihat dari nilai tahanan jenisnya, lapisan batuan pada titik pengukuran ini merupakan batuan beku yang banyak tersingkap di permukaan.

Titik VES di Kecamatan Telluwanua (Tel) memiliki nilai tahanan jenis 11,5 – 53,5 Ω m. Nilai tahanan jenis yang diperoleh < 100 Ω m yang diinterpretasikan sebagai lapisan yang mengandung air tanah.

Titik VES di Kecamatan Bara (Bara) memiliki nilai tahanan jenis 6,3 – 35,1 Ω m. Nilai tahanan jenis yang diperoleh juga < 100 Ω m yang diinterpretasikan sebagai lapisan yang mengandung air tanah.

Titik VES di Kecamatan Wara Barat (Warbar) memiliki nilai tahanan jenis 124 – 62499 Ω m. Pada kedalaman 0 – 5 m merupakan lapisan yang mengandung air tanah dengan nilai tahanan jenis 124 Ω m. Sedangkan lapisan yang di bawahnya kedalaman > 5 m merupakan lapisan batuan keras yang memiliki nilai tahanan jenis 5815 – 62449 Ω m titik. Lapisan ini tidak berpotensi air tanah.

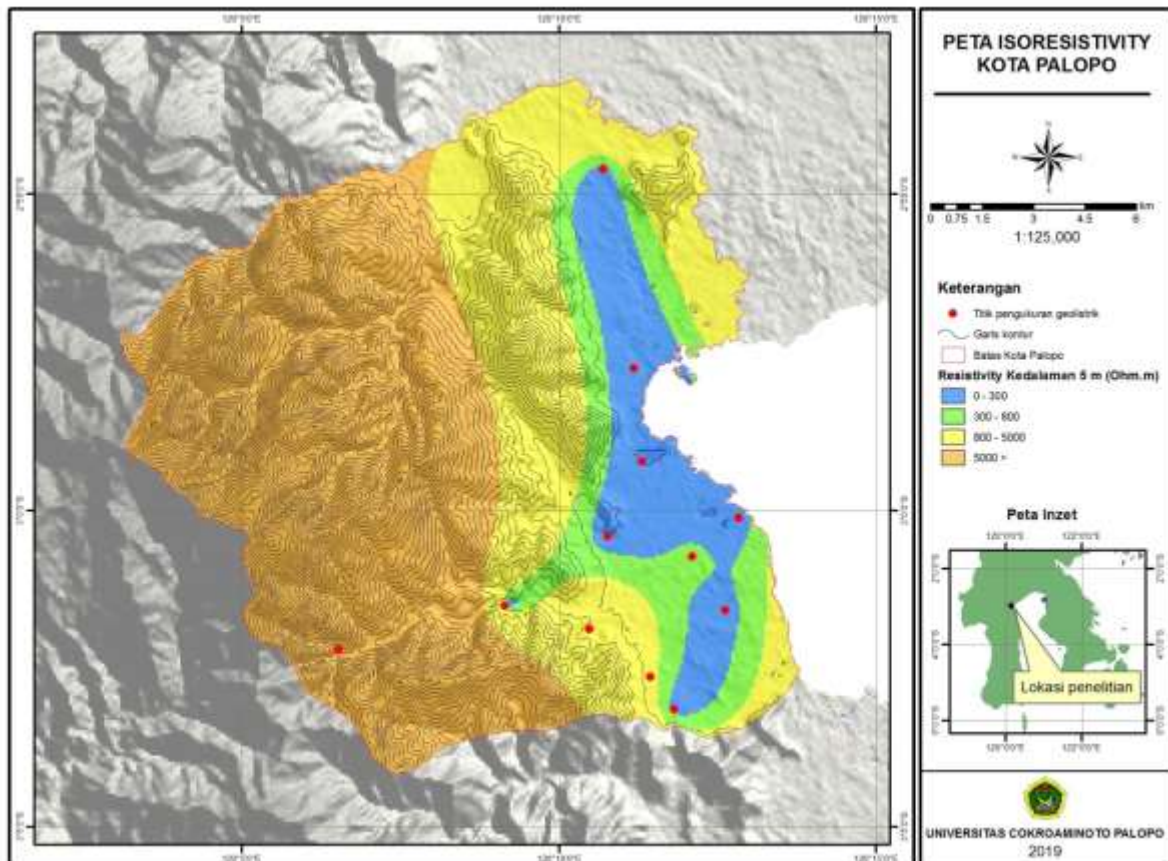
Titik VES di Kecamatan Wara Timur (Wartim) memiliki nilai tahanan jenis 4,9 – 69,7 Ω m. Daerah ini memiliki potensi air tanah yang baik. Lapisan batuan yang mengandung air tanah dapat dijumpai dari kedalaman 1 – 60 m.

Berdasarkan hasil pengukuran dari beberapa titik VES diperoleh bahwa terdapat beberapa titik yang memiliki potensi air tanah yaitu di Kecamatan Telluwanua, Bara, Wara Utara, Wara, Wara Selatan, Wara Timur dan Sendana. Khusus untuk Kecamatan Sendana terdapat lapisan impermeabel yang membagi lapisan air tanah menjadi lapisan air tanah dangkal dan lapisan air tanah dalam.

Peta Isoresistivitas Kota Palopo

Dari hasil pengukuran geolistrik pada masing-masing titik VES diperoleh variasi tahanan jenis terhadap kedalaman. Nilai tahanan jenis tersebut kemudian dipetakan sebarannya pada kedalaman yang disajikan dalam bentuk peta isoresistivitas. Gambar 5 merupakan peta isoresistivitas Kota Palopo pada kedalaman 5 m. Dalam peta tersebut dapat dilihat bahwa kawasan yang memiliki

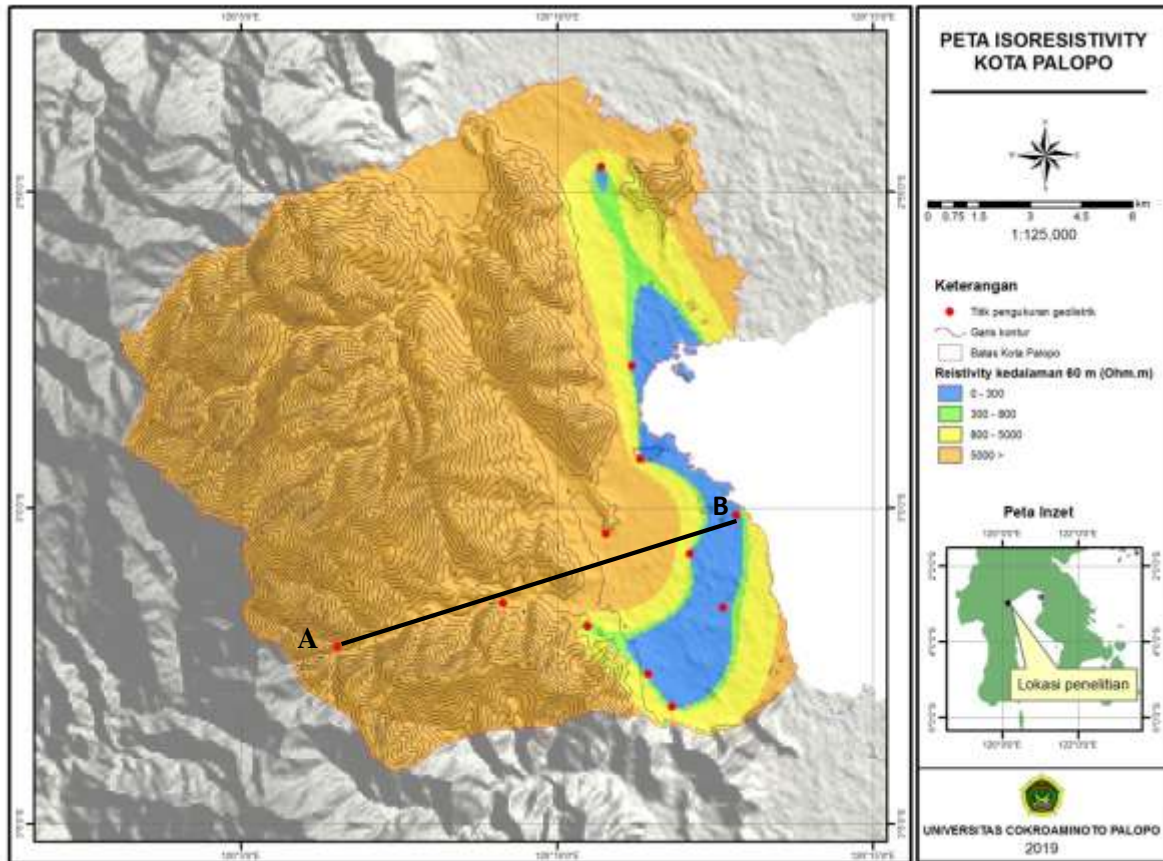
potensi air tanah terletak pada bagian timur atau daerah pesisir Kota Palopo. Hal ini ditunjukkan dengan adanya lapisan batuan yang memiliki tahanan jenis $< 300 \Omega m$ (biru). Kawasan Potensi air tanah Kota Palopo mencakup 11,5% dari luas wilayah Kota Palopo yang meliputi kecamatan Wara, Wara Selatan, Wara Utara, Wara Timur, Bara, Telluwanua dan Sendana.



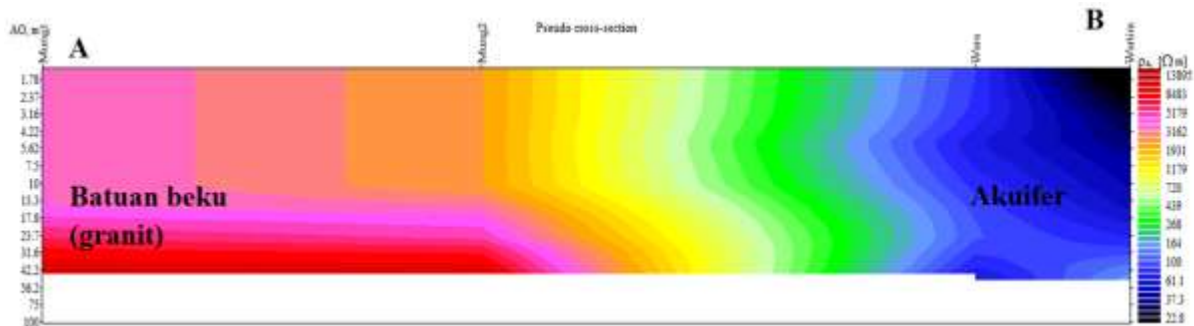
Gambar 5. Peta *isoresistivity* Kota Palopo kedalaman 5 m.

Peta Isoresistivitas Kota Palopo pada kedalaman 60 m (Gambar 6) juga memperlihatkan daerah yang memiliki potensi air tanah berada pada daerah pesisir yaitu di sebelah timur Kota Palopo. Kawasan Potensi air tanah Kota Palopo pada kedalaman ini 6,2% dari luas Kota Palopo yang meliputi tujuh kecamatan yaitu kecamatan Wara, Wara Selatan, Wara Utara, Wara Timur, Bara, Telluwanua dan Sendana.

Berdasarkan peta isoresistivitas, Kota Palopo memiliki potensi air tanah yang sangat besar. Kawasan Potensi air tanah ini terutama terletak pada daerah pesisir dimana pada daerah ini secara geologi tersusun batuan endapan alluvial. Endapan alluvial ini merupakan endapan sungai yang dapat berupa lumpur, pasir dan kerikil. Batuan ini dapat bersifat permeabel dan berpori sehingga yang dapat menyimpan air tanah.



Gambar 6. Peta isoresistivity Kota Palopo kedalaman 60 m.



Gambar 7. Penampang pengukuran geolistrik (Lintasan AB)

Untuk memperoleh gambaran bawah permukaan secara vertikal maka dibuat penampang secara 2D (Lintasan AB) (Gambar 7). Lintasan AB ini berarah timur-barat yang mengkorelasikan beberapa titik VES yaitu Mungkajang (mung1 dan mung2), Wara dan Wara Timur (wartim). Dari penampang Lintasan AB tersebut terlihat bahwa nilai tahanan jenis batuan di sebelah timur (VES Wara dan wartim) memiliki nilai tahanan jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan di bagian barat (VES mung1 dan mung2). Nilai

tahanan jenis di bagian barat lintasan berada pada rentang 1931 – 13895 Ωm (orange – merah) yang diinterpretasikan sebagai batuan beku. Sedangkan di bagian timur lintasan memiliki tahanan jenis 22,8 – 164 Ωm (hitam – biru muda) pada kedalaman 1 – 60 m. Nilai tahanan jenis ini mengindikasikan adanya potensi air tanah yang sangat besar di titik pengukuran yaitu Wara dan Wara Timur. Hal ini sejalan dengan peta geologi regional Kota Palopo (Gambar 1) dimana pada peta geologi tersebut menggambarkan sebelah barat

Kota Palopo (titik A) merupakan batuan intrusi berupa batuan granit. Batuan ini banyak tersingkap di Sungai Latuppa. Sedangkan di bagian barat (titik B) terdiri dari endapan alluvial yang terdiri dari lumpur dan pasir yang dapat bertindak sebagai akuifer.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Lapisan akuifer yang mengandung air tanah memiliki nilai tahanan jenis 0,1 – 183 Ω m pada kedalaman 5 – 60 m mencakup 6,2 – 11,5% luas Kota Palopo dengan material berupa endapan alluvial seperti lumpur dan pasir.
2. Daerah yang memiliki potensi air tanah terdapat di beberapa titik pengukuran seperti Kecamatan Wara, Wara Selatan, Wara Utara, Wara Timur, Bara, Telluwanua dan Sendana.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih penulis persembahkan kepada seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama kepada pihak Universitas Cokroaminoto Palopo dalam hal ini Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) yang telah memberikan hibah dana penelitian tahun 2019.

Daftar Pustaka

BPS Kota Palopo. (2017). *Kota Palopo dalam Angka 2017*. Kota Palopo: BPS Kota Palopo.

Djuri, Sudjatmiko, Bachri, S., & Sukido. (1998). *Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Loke, M. H. (1999). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and*

Engineering Studies. Penang: Geotomo Software.

Manrulu, R. H., & Nurfalaq, A. (2017). *Metode Geofisika (Teori dan Aplikasi)*. Kota Palopo: UNCP Press.

Manrulu, R. H., Nurfalaq, A., & Hamid, I. D. (2018). *Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo*. *Jurnal Fisika Flux* Vol 15 No. 1, 6-12.

Mirna, H., As'ari, & Tongkukut, S. H. (2017). *Pemetaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-dipol di Universitas Sam Ratulangi*. *JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE* 6 (1), 78-82.

Nurfalaq, A., Nawir, A., Manrulu, R. H., & Umar, E. P. (2018). *Identifikasi Akuifer Daerah Pallantikang Kabupaten Jeneponto dengan Metode Geolistrik*. *Jurnal Fisika FLUX* Vol.15 No.2, 117-127.

Pemerintah Kota Palopo. (2012). *Peraturan Daerah Kota Palopo Nomor 9 tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Palopo tahun 2012 – 2032*. Kota Palopo: Pemerintah Kota Palopo.

Rejekiningrum, P. (2009). *Peluang Pemanfaatan Air Tanah untuk Keberlanjutan Sumber Daya Air*. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 3 No. 2, 85-96.

Simandjuntak, T. O., Rusmana, E., Suroño, & Supaandjono, J. B. (1991). *Peta Geologi Lembar Malili, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.

Usman, B., Manrulu, R. H., Nurfalaq, A., & Rohayu, E. (2017). *Identifikasi Akuifer Air Tanah Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger*. *Jurnal Fisika Flux* Volume 14 No 2, 65 – 72.

INVERSI IMPEDANSI ELASTIK DAN $\lambda\rho$ UNTUK KARAKTERISASI KANDUNGAN RESERVOIR BATUPASIR

Harsano Jayadi^{1*}, Sismanto², Icha Untari Meidji¹, Ayusari Wahyuni³, Ninasafitri¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

²Program Studi Geofisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

³Jurusan Fisika, UIN Alauddin Makassar, Makassar, Indonesia

*Corresponding author. Email: harsanoj@gmail.com

Manuscript received: 10 March 2020; Received in revised form: 8 May 2020; Accepted: 30 May 2020

Abstrak

Penelitian ini berupa analisis inversi data seismik dengan menggunakan impedansi elastik dan $\lambda\rho$ (*lambda-rho*) untuk mengestimasi kandungan reservoir batupasir. Analisis *Inversi Amplitude Versus Offset* (AVO) dilakukan untuk mendapatkan reflektivitas impedansi elastik dan *lambda-rho* sehingga diperoleh kelas anomalnya. Dalam menentukan litologinya diperoleh sudut 30° sebagai sudut yang sensitif sehingga selanjutnya dilakukan proses inversi dengan sudut tersebut. Hasil dari analisis Anomali *Inversi Amplitude Versus Offset* (AVO) menetapkan kelas anomali respon terletak pada posisi I_p sehingga dengan menggunakan sudut 30° tersebut dilakukan pemetaan inversi impedansi elastik untuk mengetahui litologi batupasir yang diperkirakan mempunyai arah timurlaut-baratdaya. Selanjutnya untuk melakukan analisis untuk estimasi adanya fluida dengan menggunakan analisis inversi *lambda-rho* sehingga diperoleh nilai target 40-65 MPa*gr/cc pada litologi batupasir tersebut dengan arah orientasi utara-tenggara.

Kata kunci: batupasir; impedansi elastik; reservoir; $\lambda\rho$.

Abstract

This research is in the form of seismic data inversion analysis using elastic impedance and $\lambda\rho$ (*lambda-rho*) to estimate the sandstone reservoir content. Amplitude Versus Offset Inversion (AVO) analysis is performed to obtain elastic and *lambda-rho* impedance reflectivity so that the anomaly class is derived. In determining the lithology, an angle of 30° is obtained as a sensitive angle so that the inversion process with that angle is then performed. The results of the Anomaly Inversion Versus Offset (AVO) Anomaly analysis determine the response anomaly class is located at position I_p so that by using the 30° angle, the elastic impedance inversion mapping is performed to determine the sandstone lithology that is estimated to have a northeast-southwest direction. Furthermore, to carry out an analysis to evaluate the presence of fluid using *lambda-rho* inversion analysis so that the target value of 40-65 MPa*gr/cc is obtained in the sandstone lithology with a north-southeast orientation.

Keywords: elastic impedance; reservoir; sandstone; $\lambda\rho$.

Pendahuluan

Diakibatkan adanya tingkat keterbatasan dari sumber daya alam khususnya dalam sektor minyak dan gas membuat para peneliti melakukan suatu penyelidikan untuk mencari sumber cadangan baru atau

mampu mengelola sumur-sumur yang sudah beroperasi sehingga dapat menjaga keseimbangan dari permintaan produsen (Haryoko, 2013). Seismik refleksi merupakan metode yang sering dipakai, dikarenakan metode ini mampu lebih akurat dalam memberikan gambaran model

geologi bawah permukaan dalam penentuan lapisan batuan dan jebakan hidrokarbon (Jayadi dkk., 2020).

Metode seismik refleksi ini juga memiliki kemampuan dalam menganalisis sifat-sifat batuan dalam penentuan kandungan hidrokarbon baik berupa minyak dan gas bumi (Lindseth, 1982). Oleh karena itu, digunakan analisis lebih lanjut untuk mengetahui karakter reservoirnya. Dengan analisa seismik inversi yang dilakukan sehingga mampu menganalisis kandungan reservoir dengan data seismik yang digabungkan dengan data sumur yang ada (Sukmono, 2007).

Dalam geologi bawah permukaan, batuan reservoir merupakan suatu tempat di bawah permukaan bumi yang mengandung minyak dan gas bumi (Meidji dkk., 2019). Batupasir adalah batuan yang terdapat pada reservoir tersebut yang mana hampir 60% dari minyak dan gas bumi itu terdiri dari batupasir, 30% merupakan batugamping dan sisanya adalah batuan lain (Nurwidyanto dkk., 2005). Untuk melakukan analisis kandungan reservoir (Goodway et al., 1997) memperkenalkan metode *Amplitude Variation with Offset (AVO)* dengan melakukan suatu pendekatan dalam membedakan suatu reservoir dengan parameter fisika batuan yang lain berupa parameter *Lame*. Parameter ini berupa λ yang menyatakan suatu inkompressibilitas batuan dan μ yang menyatakan sifat rigiditas (Goodway dkk., 1997; Harun dkk., 2013). Parameter *lambda-rho* ($\lambda\rho$) dinyatakan sebagai suatu komponen dalam fisika batuan yang mampu melakukan indikasi adanya suatu fluida dan parameter *Mu-rho* ($\mu\rho$) sebagai indikator yang menyatakan adanya litologi yang mana kedua parameter ini dapat dianalisis menggunakan AVO (Goodway dkk., 1997).

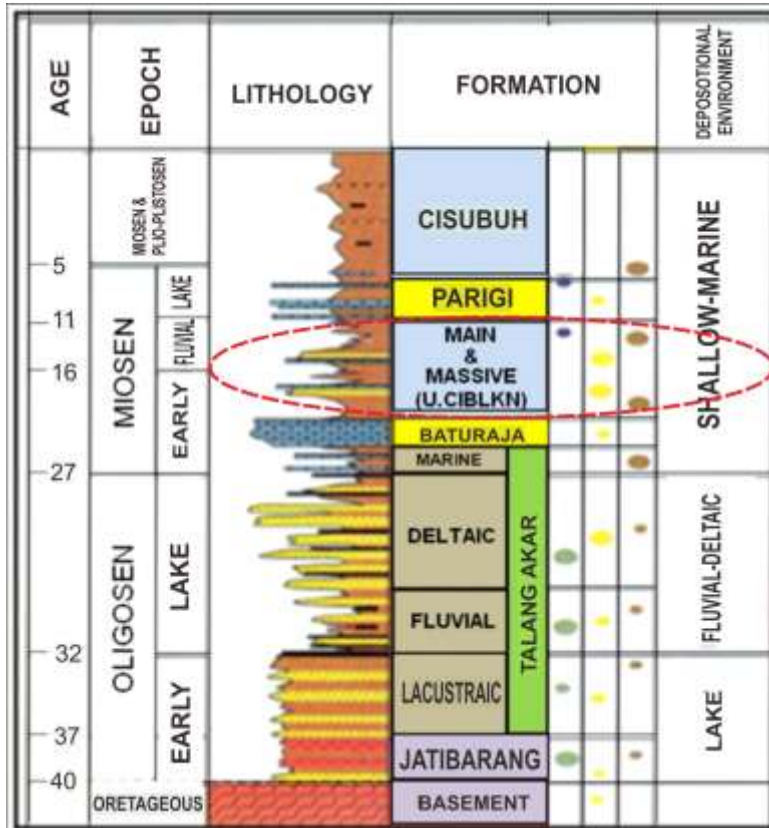
Selain konsep *lambda-rho* dikembangkan pula metode analisis lain yaitu impedansi elastik (*elastic impedance*), metode ini

menggabungkan analisis data seismik yang *pre-stack* dengan data sumur menggunakan sudut tertentu yang dikombinasikan dengan parameter data sumur untuk V_p , V_s , densitas serta sudut yang dibentuk dari gelombang yang datang sehingga diharapkan mampu melakukan proses karakterisasi reservoir yang ada (Connolly, 1999). Metode ini mampu bekerja pada sudut terbatas yang optimal yaitu $0-30^\circ$ (Hicks and Francis, 2006).

Dengan melakukan inversi seismik impedansi elastik dan inversi *lambda-rho* diharapkan dapat membantu mendapatkan informasi yang lebih baik di zona target yang terdapat pada Gambar 1, tentang gambaran litologi dan persebaran fluida reservoir di bawah permukaan dengan gambaran stratigrafi daerah penelitian yang berupa batupasir gampingan yang berselingan dengan napal yang akan mengalami perubahan ke batulanau dan batulempung yang seiring dengan lingkungan pengendapan batugamping.

Tatanan Geologi

Tatanan stratigrafi Jawa Barat secara umum terdiri dari batuan dasar di daerah Cekungan Jawa Barat Utara yang berumur *Pra-Tersier* sampai *Pleosen* yang memiliki kemungkinan kecil adanya akumulasi hidrokarbon terdiri atas batuan beku dan karbonat (Patmosukismo and Yahya, 1974). Formasi Jatibarang merupakan formasi yang berada di atas batuan dasar (Gambar 1), yang mengisi bagian *graben* dengan ketebalan yang bervariasi dan berkurang ke arah barat (Adnan and Sukowitono, 1991). Formasi Talang Akar secara tidak selaras terendapkan terhadap formasi Jatibarang di periode Neogen pertama (Arpandi and Patmosukismo, 1975). Formasi ini berumur *Oligosen Akhir-Miosen Awal* dengan lingkungan pengendapannya berupa daerah transisi sampai neritik, sehingga (Patmosukismo and Yahya, 1974) memasukkan formasi ini ke dalam Formasi Cibulakan bagian bawah.



Gambar 1. Stratigrafi Cekungan Jawa Barat Utara (Adnan and Sukowitono, 1991).

Formasi Baturaja merupakan formasi yang terendapkan di atas Formasi Talang Akar yang terdiri dari paparan batugamping terumbu dengan perselingan serpih dan napal (Adnan and Sukowitono, 1991). Formasi Cibulakan Atas terdiri dari batupasir gampingan yang berselingan dengan napal dan mengalami perubahan ke arah atas menjadi batulanau dan batulempung, seiring dengan perubahan lingkungan pengendapan batugamping ini berubah menjadi pasiran yang semula berupa *neritic* (Martodjojo, 2003). Formasi Parigi mulai terendapkan di atas Formasi Cibulakan Atas pada periode *Neogen* kedua, yakni formasi ini terdiri dari litologi batugamping karbonat terumbu yang berumur akhir *Miosen* Tengah sampai *Miosen* Akhir (Arpandi and Patmosukismo, 1975). Selanjutnya adanya Formasi Subuh yang berada di atas Formasi Parigi dengan litologi batulempung perselingan batupasir dan batugamping dengan umur dari *Miosen* Akhir sampai *Plio-Plistosen* (Arpandi and Patmosukismo, 1975). Selain Formasi

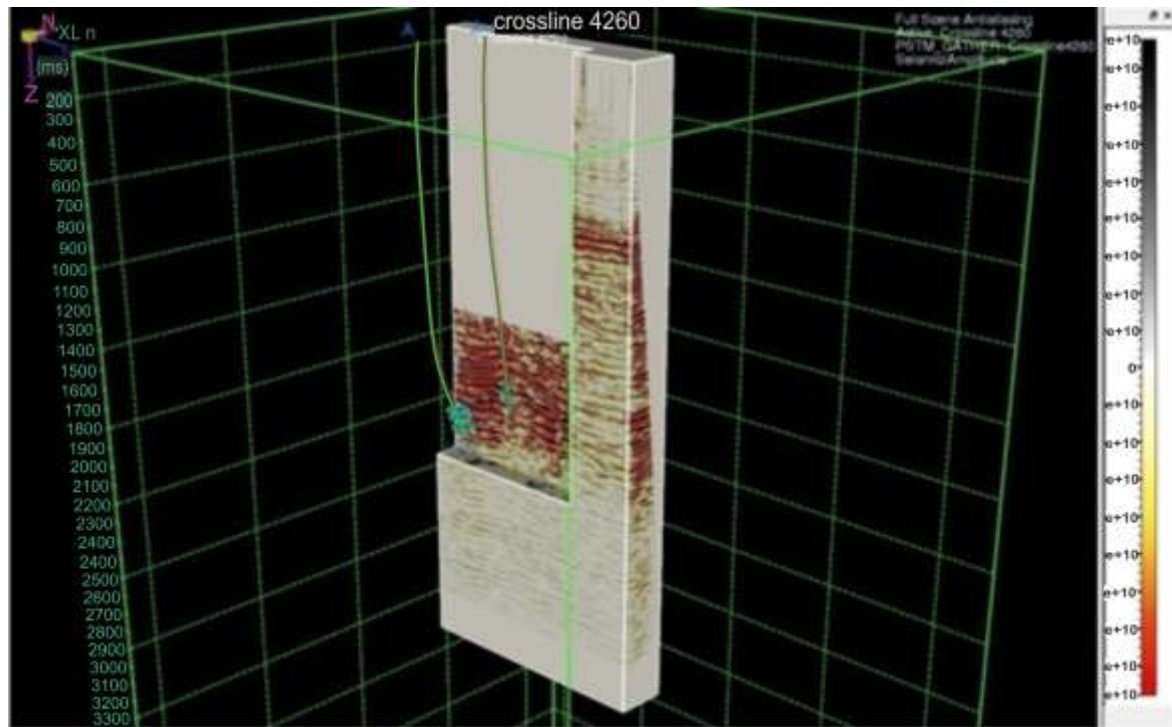
Subuh, terdapat juga Formasi Tambahan yang berupa vulkanik muda di atas Formasi Parigi yang mengalami perubahan dari breksi menjadi batupasir dan lempung ke lepas pantai.

Tektonik regional di Cekungan Jawa Barat Utara berlangsung selama Kapur Akhir sampai Eosen Awal yang ditandai dengan adanya vulkanisme *andesitik* yang dihasilkan oleh subduksi meratus (Gresko dkk., 1995).

Tetapi berdasarkan adanya pengeboran yang dilakukan di Sub Cekungan Jatibarang ditemukan interval batuan beku *andesitik* dan *piroklastik* di sumur-sumur yang berumur pada *Oligosen* Awal. Oleh karena itu, Subduksi Meratus pada Cekungan Jawa Barat Utara berhenti pada *Oligosen* Awal. Berbeda dengan (Ryacudu and Bachtiar, 1999), memberikan informasi bahwa Subduksi Meratus berhenti pada *Eo-Oligosen*.

Metode Penelitian

Data



Gambar 2. Model data seismik dan data log di penelitian dengan batasan *inline* 1080-1280 dan *crossline* 4140-4365 yang terletak di daerah Jawa Barat Bagian Utara.

Dalam penelitian ini digunakan data seismik *Pre Stack Time Migration* (PSTM) dan *Common Receiver Point* (CRP) *gather* dengan *inline* 25 meter, *crossline* 25 meter yang diolah menggunakan *Software Paradigm Probe* EPOS 4.0 dan *Vanguard* EPOS 4.0. Data sumur yang digunakan pada penelitian ini berupa data log utama yang terdiri dari log gelombang P, log gelombang S, log densitas, log *gamma ray* dan log penggabungan antara log-log utama sehingga menghasilkan log turunan impedansi elastik dan log *lambda-rho*, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

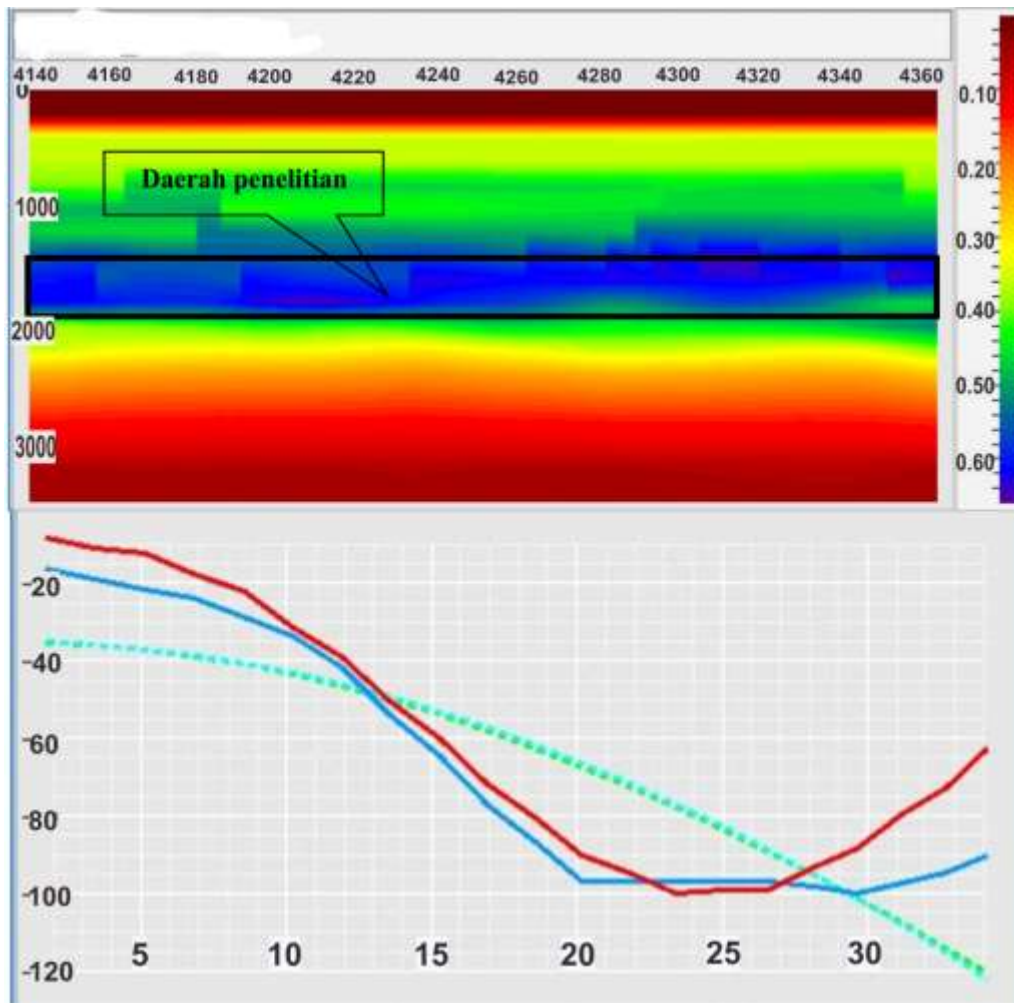
Pengolahan Data

Tahap ini dilakukan analisis data log sumur yang digabungkan dengan data seismik yang ada. Adapun hasil yang diperoleh berupa log turunan impedansi

elastik yang diperoleh dari log utama, data hasil *seismic well tie* untuk semua log, data seismogram sintetik serta sensitivitas log sumur yang satu dengan yang lain, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Untuk analisis data seismiknya dilakukan berupa tes kelayakan, analisis *AVO* dan grafiknya, reflektivitas impedansi elastik, membuat *background* model dan analisis inversi.

Pengolahan Data Sumur

Dengan menggunakan data dua sumur yaitu sumur UI-08 dan UI-10, dimana UI-10 sebagai sumur utama dan sumur UI-08 sebagai sumur untuk validasi hasil interpretasi dan hasil inversi. Pada tahap ini dibuat log turunan impedansi elastik, analisis sudut impedansi elastik dan menentukan sudut yang paling sensitif untuk pemisahan litologi dan fluida.

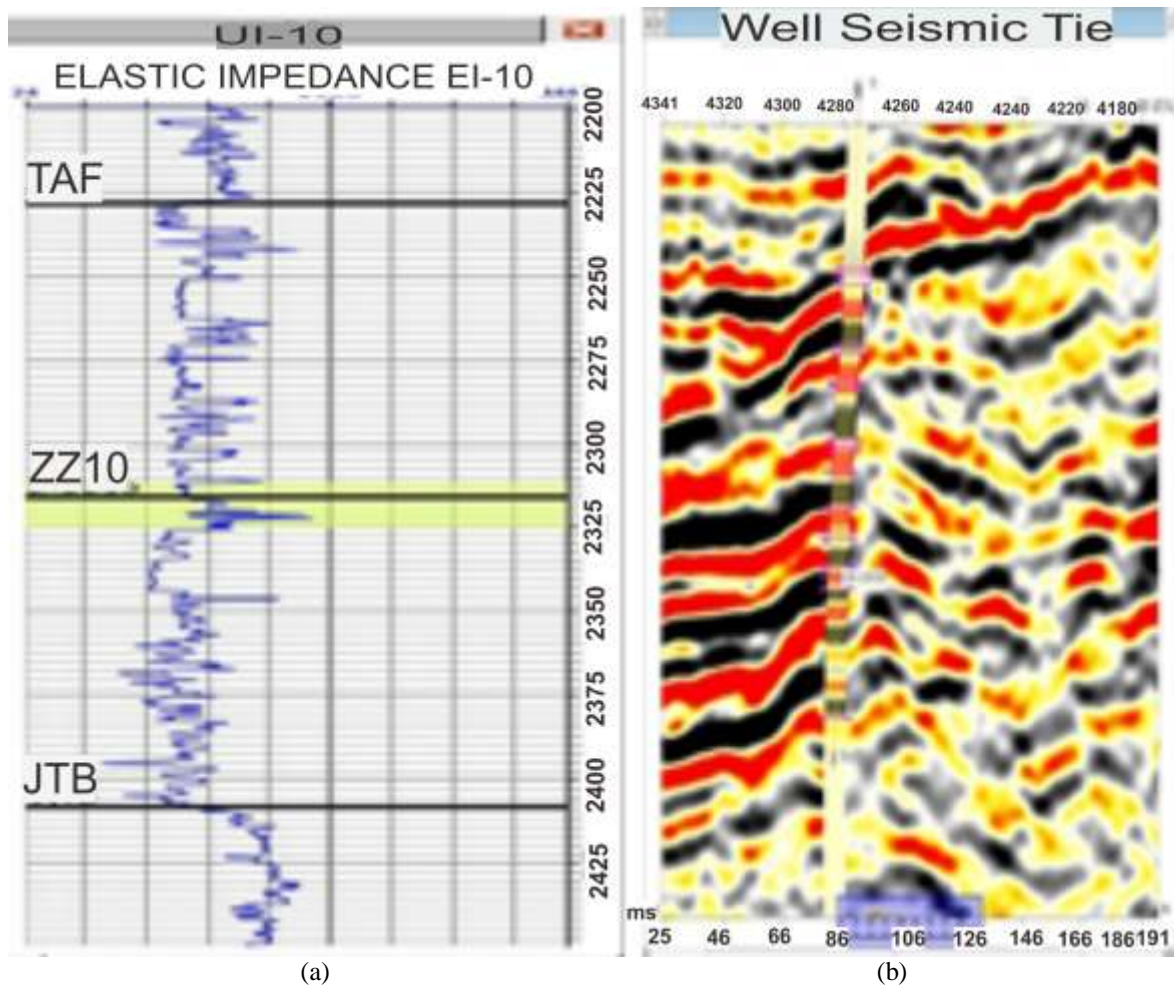


Gambar 3. (atas) Hasil tes kelayakan pengolahan inversi AVO yang dilakukan pada waktu 400 ms – 2300 ms dengan nilai *feasibility factor* lebih dari 0,3 *inline* 1141 *crossline* 4260. (bawah) Plot amplitudo terhadap sudut.

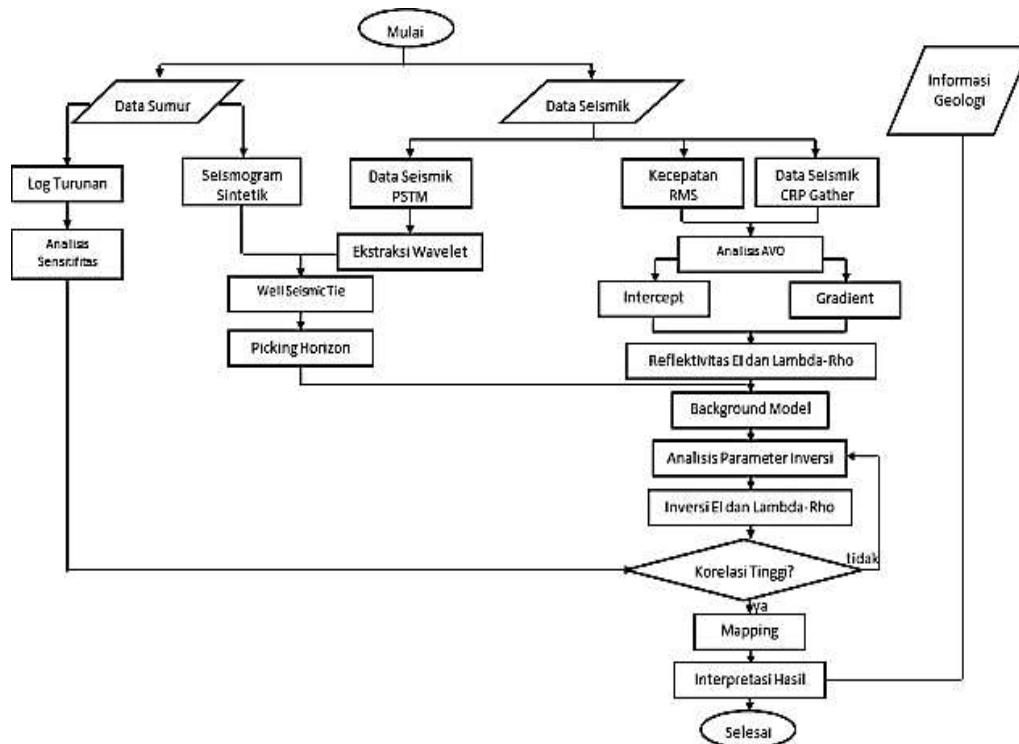
Pengolahan Data Seismik

Dalam tahap ini beberapa analisis yang dilakukan antara lain *picking horizon*/penelusuran horizon yang berguna untuk memberikan nilai waktu datang gelombang pada *shot point* yang dilakukan pada horizon TAF (*Talang Akar Formation*), horizon VJTB (*Volcanic Jatibarang Formation*). Hasil yang diperoleh memperlihatkan pada zona daerah penelitian mempunyai model struktur geologi berupa sinklin dan antiklin.

Selain ini dilakukan pula tes kelayakan (Gambar 4), yang berguna untuk menentukan tingkat kelayakan data seismik dalam zona penelitian untuk dilakukan inversi AVO. Hasil yang dicapai antara 0 dan 2 sehingga dalam inversi nilai tersebut sangat layak dan stabil jika dilakukan proses inversi (Goodway dkk., 1997). Hal ini sesuai dengan standar nilai kelayakan, di mana nilai lebih besar dari 0,3 layak dilakukan proses inversi (Goodway dkk., 1997).



Gambar 4. (a) Log turunan dari impedansi Elastik pada sudut 30° dan (b) Seismic Well Tie di sumur UI-10 pada inline 1141 dengan korelasi 0,62.



Gambar 5. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian.

Ada pun langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini diperlihatkan dalam diagram alir pada Gambar 5.

Hasil dan Pembahasan

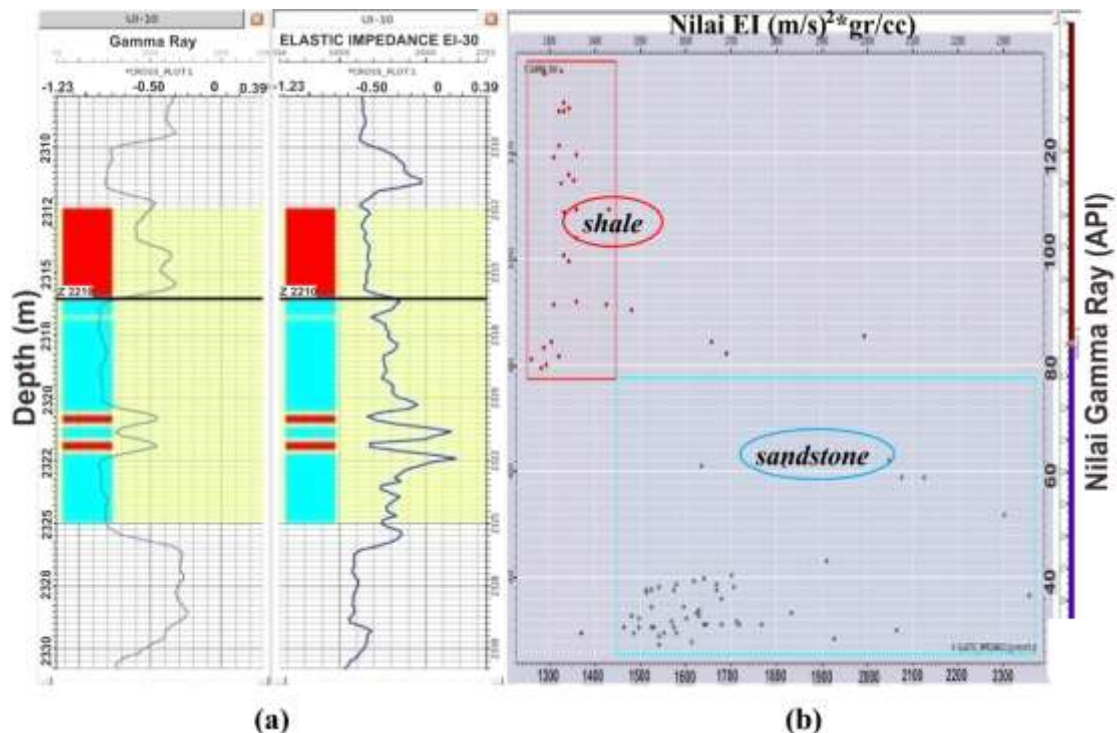
Analisa Log Sumur

Log sumur yang digunakan untuk pembuatan *background* model serta analisa log sumur yang lain sehingga nantinya diperoleh log impedansi elastik dan log λ - ρ . Dua sumur, yaitu UI-08 dan UI-10 dengan zona target yang berada pada 1789,7 ms – 1795,3 ms dan 1799,7 ms – 1799,3 ms terdapat pada litologi batupasir. Hal ini sesuai dengan daerah target dari

penelitian yang berupa zona reservoir dengan kedalaman masing-masing sumur 2389 – 2403 meter dan 2312 – 2325 meter.

Analisis Sensitivitas dan Crossplot

Dalam hal ini digunakan log sumur pada UI-10 sebagai sumur uji untuk dilakukan proses pembuatan *cross section* dan *crossplot* (Gambar 6). Untuk proses *crossplot* dilakukan antara log impedansi elastik dengan log γ ray yang sensitivitasnya sangat baik dalam membedakan litologi batupasir dan serpih serta log γ ray dengan log λ - ρ yang tujuannya untuk mengetahui adanya keberadaan fluida.



Gambar 6. Analisis log sumur dan crossplot antara log impedasni elastik dan log gamma ray pada sudut 30°.

Hasil yang diperoleh dari analisis *crossplot* tersebut adalah adanya nilai pemisahan yang baik dalam litologi batupasir dan serpih. Adanya lapisan yang *permeable* dan lapisan yang *impermeable* dengan nilai log γ ray sekitar 28 – 62 API dan berada di atas 62 API, dengan nilai *cut off* berkisar antara 62 API – 78 API.

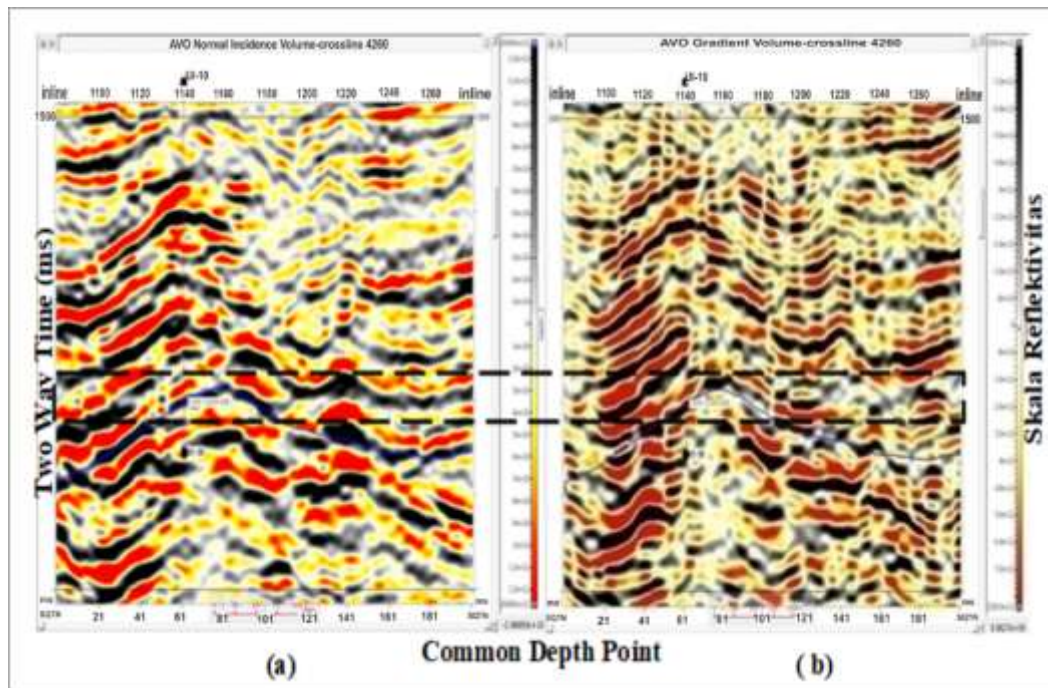
Analisis dari *crossplot* antara log γ ray dan λ - ρ pada zona yang

litologinya batupasir diperoleh nilai λ - ρ yang cukup besar dengan kisaran 48 - 83 MPa*gr/cc dan < 48 MPa*gr/cc yang diindikasikan sebagai batulempung. Nilai *cut off* dari analisis ini adalah 46 MPa*gr/cc.

Analisis Amplitude Variation with Offset (AVO)

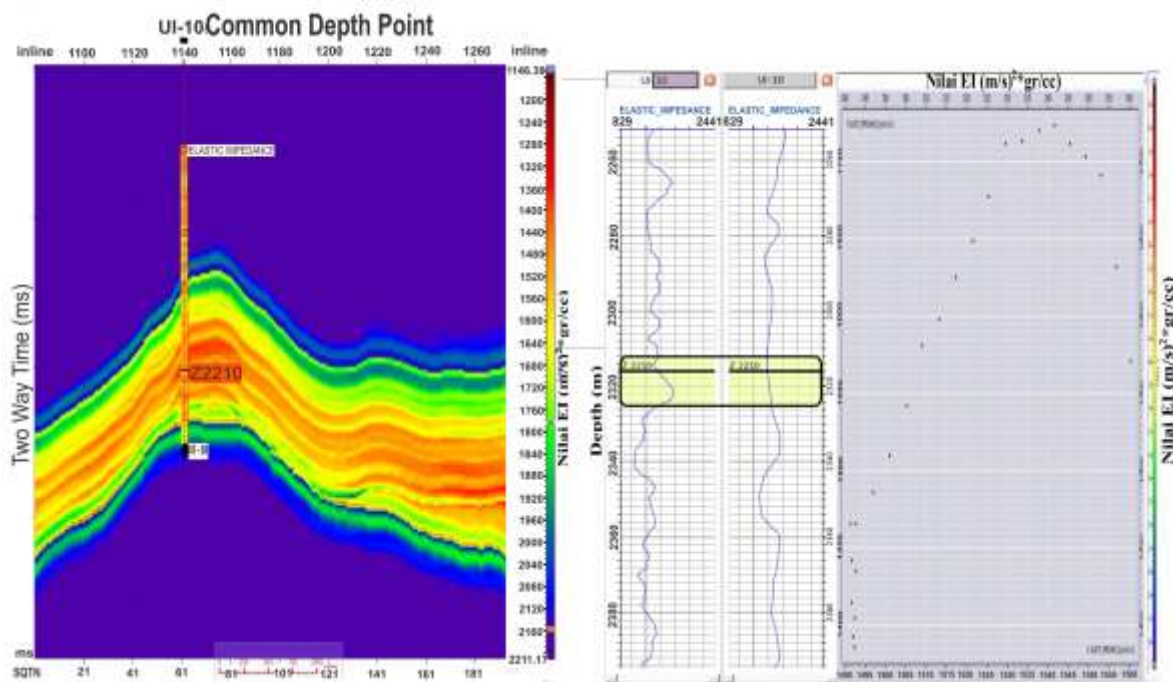
Gambar 7 memperlihatkan bahwa pada zona target Z.2210 diperoleh reflektivitas untuk sudut datang berkisar antara $-2e+10$ sampai $-5e+10$, sedangkan pada *far angle stack*, nilai reflektivitas berkisar antara -

$6e+10$ sampai $-1.2e+11$, sehingga zona target tersebut masuk dalam klasifikasi kelas (Rutherford and Williams, 1989). Sedangkan pada zona yang diindikasikan adanya keberadaan fluida hidrokarbon diperoleh nilai *intercept* dan *gradient* masing-masing bernilai positif dan negatif (Jayadi, 2016).



Gambar 7. Analisis amplitude variation with offset untuk intercept dan gradient.

Analisis Impedansi Elastik Sudut 30°



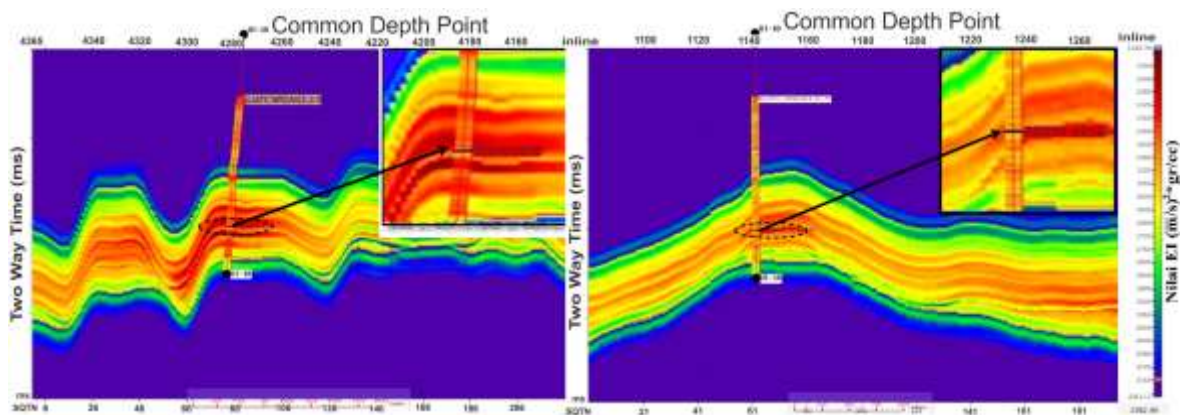
Gambar 8. Hubungan antara log impedansi elastik hasil inversi dengan log turunannya pada sudut 30°.

Untuk mendapatkan hubungan dari hasil inversi log impedansi elastik dengan log turunannya dengan sudut yang sama maka dilakukan analisis *crossplot* (Gambar 8), dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat suatu korelasi yang baik dengan nilai sekitar 0.84 (Jayadi, 2016).

Analisis Inversi Penampang

Tahap ini dilakukan analisis penampang pada sudut 30° untuk impedansi elastik, di mana analisisnya dibuat dengan cara

melakukan pemetaan pada zona target untuk arah *inline* dan *crossline*, seperti yang terlihat pada Gambar 9. Untuk *inline* 1141 pada arah utara-selatan dan *crossline* 4260 pada arah barat-timur didapatkan nilai inversi impedansi elastik untuk litologi batupasir berkisar antara $1460 - 1570$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (merah – orange) dan untuk litologi serpih berada di skala sebelah atas dan bawah dari litologi batupasir, yaitu berkisar $1146 - 1400$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (merah tua) dan $1600 - 1800$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (kuning – hijau muda).



Gambar 9. *Inline* 1141 dan *crossline* 4260 pada arah utara-selatan dan barat-timur hasil inversi impedansi elastik sudut 30° .

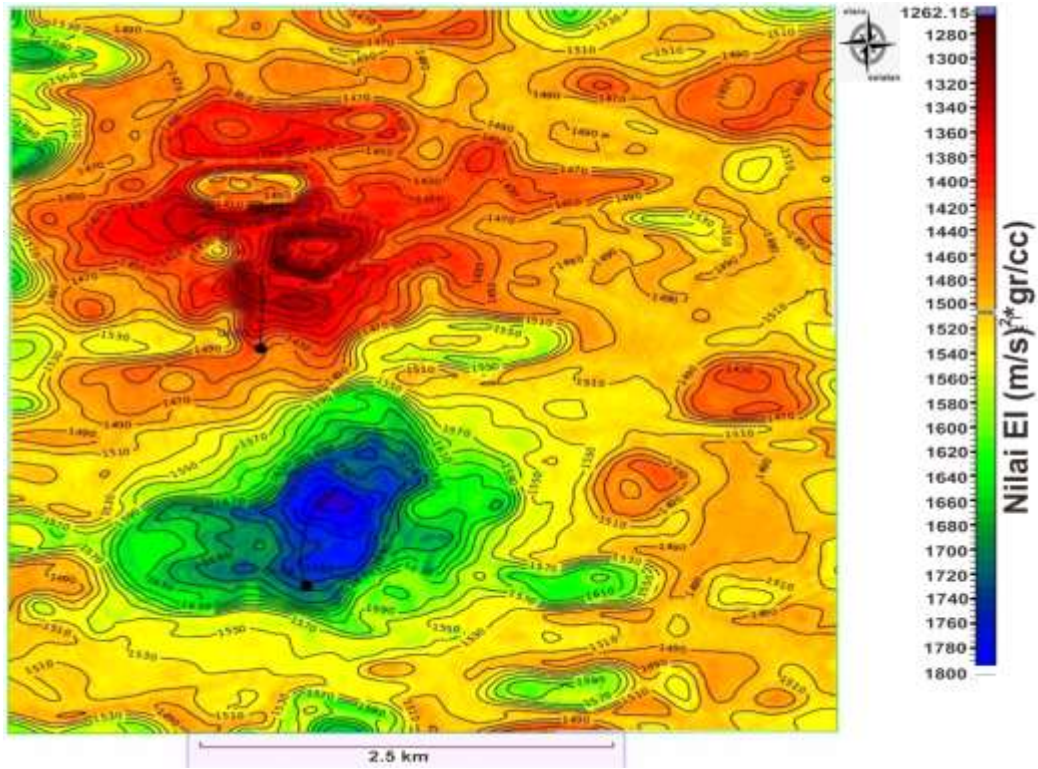
Analisis Persebaran Litologi Reservoir Batupasir

Untuk melihat model volume dari impedansi elastik dilakukan analisis dengan cara menyayat bagian zona target pada horizon Z.2210 yang nantinya akan digabungkan dengan peta *time migrated horizon* pada jarak *window* untuk bagian atas dan bawah masing-masing 2 ms dan 5 ms dari zona target.

Hasil *slicing* horizontal inversi impedansi elastik sudut 30° diperoleh bahwa litologi batupasir ditandai dengan adanya garis

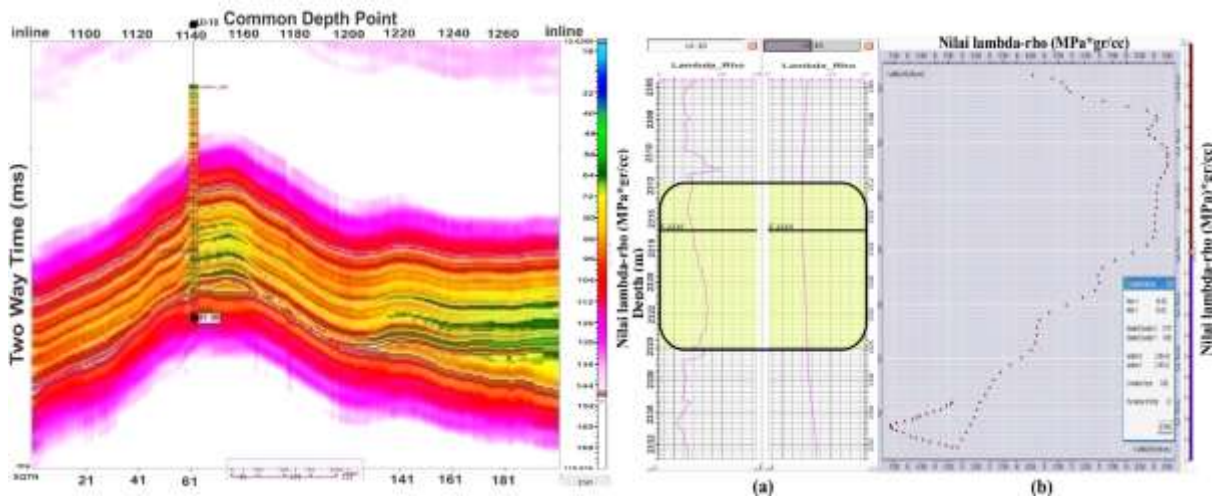
hitam, seperti yang terlihat pada Gambar 10. Adapun arah berkembangnya distribusi dari litologi batupasir relatif ke arah timur laut-barat daya dengan nilai antara $1410 - 1460$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$ (orange), nilai ini masuk dalam kisaran nilai untuk litologi batupasir dengan nilai sensitivitas bernilai $1460 - 2360$ $(\text{m/s})^2 \cdot \text{gr/cc}$.

Untuk litologi reservoir batupasir yang dilingkari warna hitam berada di sumur uji UI-10 karena sumur ini memiliki nilai impedansi elastik rendah yang mempunyai litologi batupasir.



Gambar 10. Analisis *slice horizon* pada zona target Z.2210 hasil inversi impedansi elastik yang digabungkan dengan peta horizon pada domain waktu.

Analisis Lambda Rho

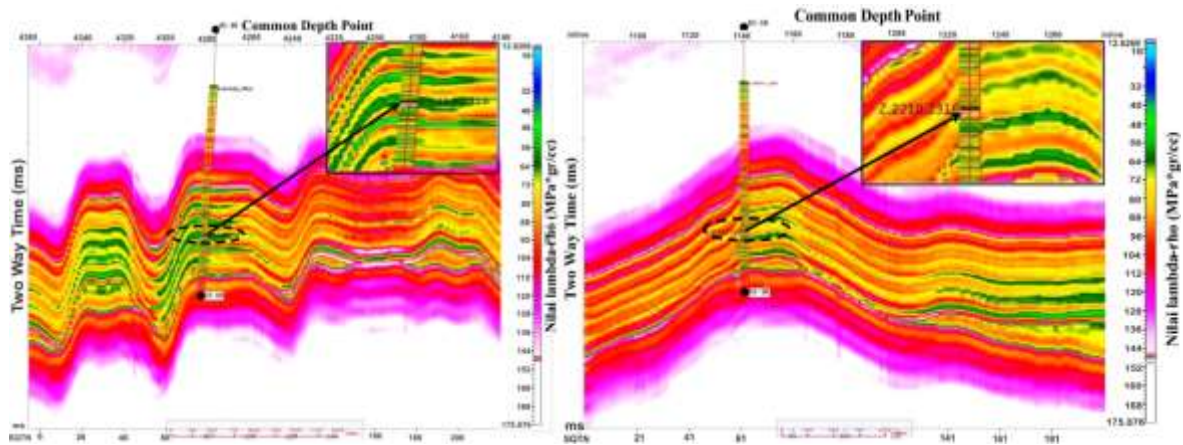


Gambar 11. (a). Analisis data log λ -rho hasil inversi terhadap log turunan λ -rho dengan arah *crossline* 4260 (b). Hubungan antara log λ -rho inversi dengan λ -rho sumur.

Untuk mendapatkan hubungan dari hasil inversi log λ -rho dengan log turunannya maka dilakukan dengan analisis *crossplot* yang dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat suatu korelasi yang baik dengan nilai sekitar 0,86, seperti yang terlihat pada Gambar 11.

Analisis Penampang Inversi Lambda Rho

Tahap ini dilakukan analisis penampang inversi λ -rho, yang analisisnya dibuat dengan cara pemetaan pada zona target untuk arah *inline* dan *crossline*, seperti pada Gambar 12. Untuk *inline* 1141 pada arah utara-selatan dan *crossline* 4260 pada arah barat-timur dengan nilai yang didapatkan menunjukkan adanya keberadaan zona fluida hidrokarbon.



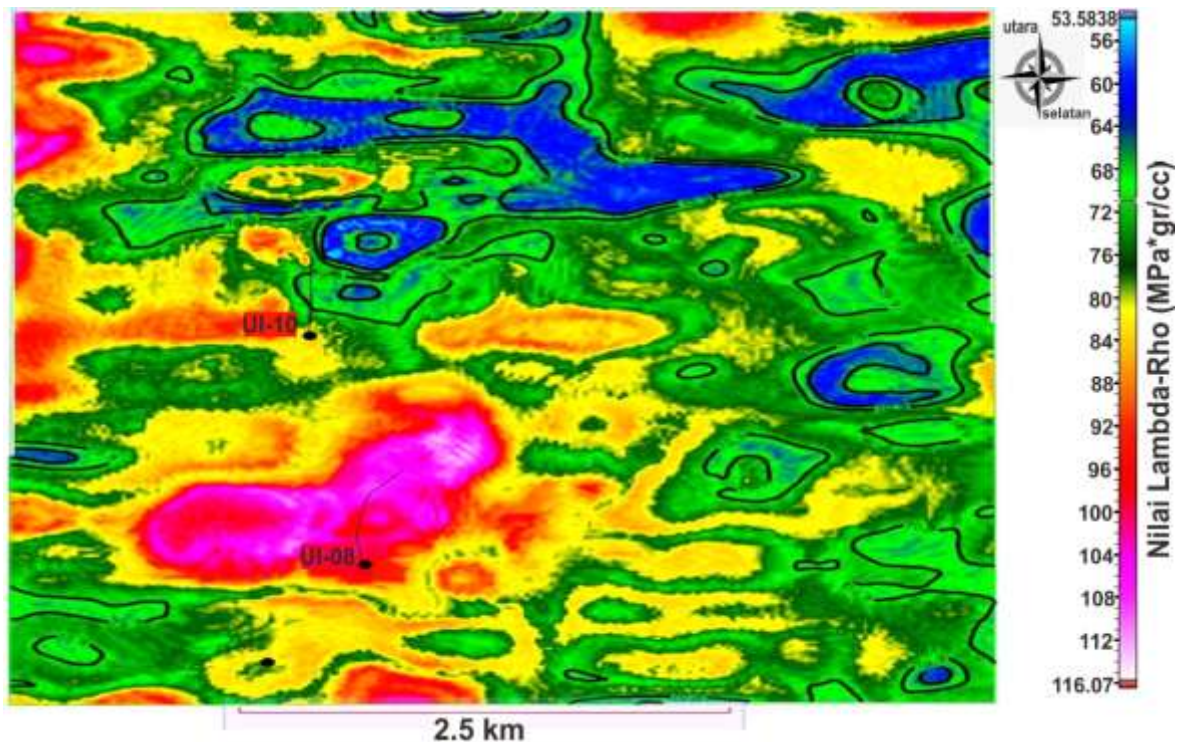
Gambar 12. Hasil inversi λ -rho inline 1141, dan crossline 4260 dengan arah masing-masing utara-selatan dan barat-timur.

Hasil inversi adanya fluida hidrokarbon dengan litologi batupasir berkisar 40 – 65 MPa*gr/cc (hijau) dan serpih berkisar dengan nilai 70 – 85 MPa*gr/cc (kuning).

Analisis Persebaran Fluida Hidrokarbon reservoir Batupasir

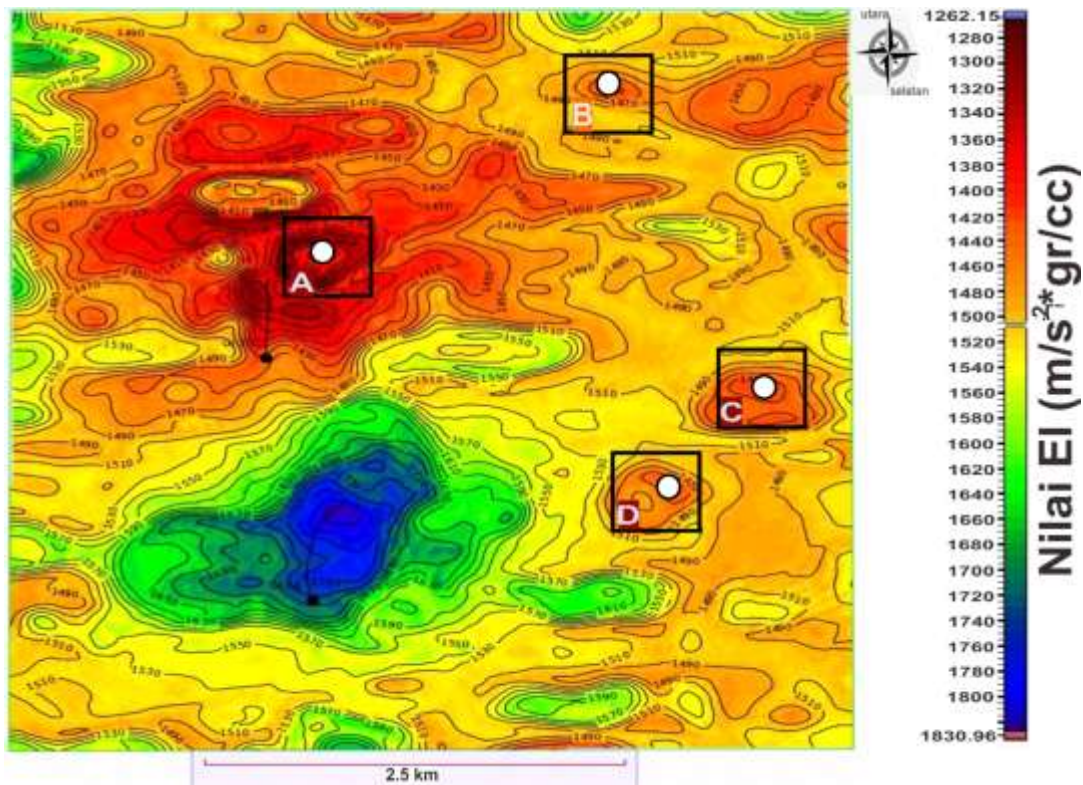
Analisis persebaran fluida pada zona target horizon Z.2210 dilakukan dengan melakukan penyayatan (*slicing*) dengan ukuran *window interval* 2 ms ke atas dan 5

ms ke bawah kemudian di gabungkan dengan peta *time migrated horizon* sehingga diperoleh persebaran nilai λ -rho. Dari hasil *slicing* diperoleh arah distribusi fluida hidrokarbon pada sumur uji UI-10 mempunyai arah utara-tenggara dengan nilai berkisar antara 53 – 78 MPa*gr/cc (biru – hijau tua), yang nilai ini memiliki kisaran dengan nilai sensitivitas fluida hidrokarbon yang berkisar antara 48 – 82 MPa*gr/cc, seperti yang terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Analisis *slice horizon* pada zona target Z.2210 hasil inversi λ -rho yang digabungkan dengan peta horizon pada domain waktu.

Estimasi Daerah Prospek Baru



Gambar 14. Sumur-sumur prospek yang diduga mengandung fluida hidrokarbon di-overlay dengan peta *time migrated* struktur impedansi elastik dengan sudut 30° .

Hasil analisis impedansi elastik dan *lambda-rho* diidentifikasi adanya keberadaan beberapa sumur prospek (A, B, C, D) yang diduga mengandung fluida hidrokarbon.

Alasan dari pendugaan sumur baru tersebut dilihat dari bentuk dan *closure* kontur, yaitu daerah untuk sumur A, B, C, dan D adalah berupa antiklin yang merupakan media perangkap hidrokarbon, namun syarat daerah tersebut dapat diakumulasi minyak adalah konturnya harus tertutup karena kontur yang tertutup itu mengindikasikan bahwa daerah tersebut memiliki struktur reservoir yang prospek.

Selain itu, hidrokarbon pada reservoir utamanya mengalami proses migrasi. Migrasi di sini maksudnya adalah migrasi sekunder, yaitu pergerakan fluida dari batuan reservoir menuju ke tempat akumulasi yang baru. Hal ini dikarenakan perbedaan massa jenis minyak dan air merupakan sumber tenaga dalam migrasi

sekunder sehingga gumpalan minyak akan selalu mencari tempat yang lebih tinggi, artinya minyak akan naik ke atas mencari tempat yang lebih dangkal seperti pada daerah prospek baru yang ditunjukkan pada Gambar 14. Daerah prospek yang baru itu merupakan daerah dangkal dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang memiliki kedalaman antara 2316 – 2320 meter dari permukaan. Minyak akan mencari tempat yang lebih tinggi jika tekanan ke atas yang terjadi dapat mengurangi tekanan kapiler (tekanan yang menghalangi minyak bergerak ke atas yang disebabkan perbedaan tetes minyak dengan fase kontinu). Adanya suatu sentakan (*triggering action*) seperti gejala gempa bumi yang memungkinkan terbentuknya suatu gumpalan dari tetes-tetes minyak yang tersebar (Koesoemadinata, 1980). Gumpalan tersebut bergerak ke atas menuju daerah prospek A, B, C, dan D dengan mengikuti kemiringan penyekat batuan reservoir dan tetes-tetes minyak yang ada di jalannya akan ikut tertarik dan membuat

gumpalan tersebut semakin besar sehingga akan mempercepat gerakannya dan pada akhirnya akan terakumulasi di daerah-daerah yang diduga prospek baru tersebut.

Jika minyak ini bukan berasal dari reservoir utamanya tetapi keluar dari batuan induk (migrasi primer) dalam bentuk koloid atau larutan, maka diperlukan suatu mekanisme yang dapat mengeluarkan minyak dari tetes minyak sebagai fase yang terpisah. Dalam hal ini dimungkinkan oleh air asin yang mengandung suatu elektrolit yang berfungsi membuat koloid menjadi tidak stabil sehingga mengakibatkan terbentuknya tetes-tetes minyak (Koesoemadinata, 1980).

Kesimpulan

Hal-hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini adalah:

1. Analisis sensitivitas log impedansi elastik untuk pemisahan litologi batupasir dan serpih berada pada sudut 30° dan pendugaan adanya fluida hidrokarbon menggunakan log λ -rho cukup baik tingkat sensitivitasnya.
2. Nilai penampang hasil inversi untuk impedansi elastik dengan sudut 30° menunjukkan adanya litologi batupasir pada zona target Z.2210 dengan nilai berkisar antara $1410 - 1570 \text{ (m/s)}^2 \cdot \text{gr/cc}$ dengan pola sebarannya litologi berorientasi pada arah timur laut-barat daya dengan impedansi rendah dan indikasi adanya fluida hidrokarbon diperoleh nilai yang berkisar antara $40 - 65 \text{ MPa} \cdot \text{gr/cc}$ dengan pola sebarannya berorientasi pada arah utara-tenggara.
3. Daerah usulan untuk lokasi pengeboran baru yaitu titik A (*inline 1230 crossline 4225*), titik B (*inline 1255 crossline 4310*), titik C (*inline 1180 crossline 4340*), dan titik D (*inline 1155 crossline 4335*) sebagai sumber prospek baru hidrokarbon.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Pihak PT. Pertamina E&P Cirebon yang telah memberikan akses data dan pengolahan data sehingga tulisan ini dapat disajikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A. and Sukowitono, S. 1991. *Jatibarang sub basin – a half graben model in the onshore of northwest Java*. 20th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 279 – 297.
- Arpandi, D. and Patmosukismo, S. 1975. *The Cibulakan Formation as one of the most prospective stratigraphic units in the north-west Java basinal area*. 4th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 181 – 210.
- Connolly, P. 1999. *Elastic impedance*. The Leading Edge 18, 438–452. <https://doi.org/10.1190/1.1438307>
- Goodway, B., Chen, T., Downton, J. 1997. *Improved AVO fluid detection and lithology discrimination using Lamé petrophysical parameters & fluid stack?, from P and S inversions*, in: SEG Technical Program Expanded Abstracts 1997, SEG Technical Program Expanded Abstracts. Society of Exploration Geophysicists, pp. 183 – 186. <https://doi.org/10.1190/1.1885795>
- Gresko, M., Suria, C., Sinclair, S. 1995. *Basin evolution of the Ardjuna rift system and its implications for hydrocarbon exploration, offshore Northwest Java, Indonesia*. 24th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 147 – 161.
- Harun, M.R., Sandria, L.A., Ilhami, A.S., Sukmawati, A., Razi, M. 2013. *Sandstone Reservoir Distribution of Cibulakan Formation Using Seismic Inversion Method: Extended Elastic Impedance (EEI)*, in *Cemara Field*,

- North West Java Basin*. 37th Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association.
- Haryoko. 2013. *Analisa Log Sumur dengan Metoda Probabilistik dan Deterministik Menggunakan Interactive Petrophysics*. Pertamina Learning Center (PLC). Bimbingan Profesi Sarjana PT. PERTAMINA EP TAHUN 2010.
- Hicks, G.J. and Francis, A.M. 2006. *Extended elastic impedance and its relation to AVO crossplotting and VP/VS*, in: 68th EAGE Conference and Exhibition Incorporating SPE EUROPEC 2006. European Association of Geoscientists & Engineers, p. cp-2.
- Jayadi, H. 2016. *Identifikasi Persebaran Litologi reservoir Batupasir Menggunakan Analisis Seismik Inversi Impedansi Elastik Di Lapangan Najlaa Formasi Cibulakan Cekungan Jawa Barat Utara*. Jurusan Fisika FST, Universitas Nusa Cendana 99–105.
- Jayadi, H., Meidji, I.U., Yusuf, Y.H.M., 2020. *Analisis Amplitude Versus Offset (AVO) Menggunakan Parameter Petrofisika Lambda Mu Rho (Lmr) dan Extended Elastic Impedance (EEI) untuk Karakterisasi reservoir Karbonat*. Jurnal Teknosains 14, 104 – 114.
- Koesoemadinata, R.P., 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi, Jilid 1 dan 2*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Lindseth, R.O. 1982. *Digital processing of geophysical data: A review*: Soc. Expl. Geophys.
- Martodjojo, S. 2003. *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat*. Penerbit ITB Bandung.
- Meidji, I.U., Jayadi, H., Saka, B.G.M., Wahyuni, A., Purwanti, R. 2019. *Karakterisasi reservoir Berdasarkan Analisis Petrofisika Batuan Dalam Penentuan Litologi dan Kandungan Hidrokarbon di Cekungan Banggai*. Jurnal Pendidikan Fisika Vol. 2(6).
- Nurwidyanto, M.I., Novianti, I., Widodo, S. 2005. *Estimasi Hubungan Porositas dan Permeabilitas pada Batupasir (Study Kasus Formasi Kerek, Ledok, Selorejo)*. Berkala Fisika Vol. 8(3) 87 – 90.
- Rutherford, S.R. and Williams, R.H. 1989. *Amplitude-versus-offset variations in gas sands*. GEOPHYSICS 54, 680–688. <https://doi.org/10.1190/1.1442696>
- Ryacudu, Bachtiar, 1999. *Geological Study on Semberah Block*. Final Report.
- Sukmono, S., 2007. *Post and Pre Stack Seismic Inversion for Hydrocarbon Reservoir Characterization*. Laboratorium Geofisika Reservoir, Program Studi Teknik Geofisika, Bandung.
- Patmosukismo, S. & Yahya, I. 1974. *The basement configuration of the north west Java area*. 3rd Annual Convention & Exhibition Proceedings, Indonesian Petroleum Association pp. 129 – 152.

IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN SEBAGAI PENGONTROL SEBARAN MINERALISASI DI DUSUN PLAMPANG DAN SANGON, DESA KALIREJO, KECAMATAN KOKAP, KABUPATEN KULON PROGO, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Dicky Alviandi Rais*, Amrupranadi Muhammad, Catherine Monalisa Panggabean, Dewy Widya Ningsih, Refita Khumayroh

Teknik Geofisika UPN “Veteran” Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author. Email: dickyalviandi55@gmail.com

Manuscript received: 2 January 2020*); Received in revised form: 31 May 2020; Accepted: 2 June 2020

Abstrak

Daerah penelitian terletak di Pegunungan Kulon Progo dan merupakan bagian dari zona Pegunungan Selatan yang berbentuk “*dome*”/ kubah dengan arah perpanjangan barat laut – tenggara. Stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi dua satuan batuan, yaitu lava andesit dan andesit porfiri. Terdapat rekahan yang terisi oleh kuarsa (*vein*) di sekitar lava andesit. Rekahan yang terisi oleh urat tersebut dapat mengakibatkan adanya mineralisasi yang dibuktikan dengan adanya mineral-mineral ubahan (*alterasi*) berupa alterasi *advanced argilic* dan propilitik yang didasarkan pada studi literatur. Daerah penelitian termasuk dalam endapan epitermal sulfida rendah. Berdasarkan adanya indikasi tersebut, dilakukan penelitian menggunakan metode geomagnetik untuk menentukan adanya struktur bawah permukaan sebagai pengontrol mineralisasi pada daerah penelitian. Dari metode geomagnetik dilakukan pengolahan hingga menghasilkan Peta Anomali Medan Magnet (HA), Peta *Reduce to Pole* (RTP), dan Peta *Tilt Derivative* (TDR). Peta RTP memiliki anomali medan magnet yang *monopole*. Berdasarkan nilai anomali medan magnet yang cenderung rendah pada Peta RTP dapat diindikasikan struktur sesar berarah barat laut – tenggara, barat – timur, serta barat daya – timur laut. Pada Peta TDR, dilakukan analisa struktur sesar berdasarkan sudut fasa dengan nilai 0 dengan hasil arah struktur sesar yaitu barat laut – tenggara, barat – timur, serta barat daya – timur laut. Indikasi struktur tersebut diduga merupakan pengontrol adanya mineralisasi pada daerah penelitian.

Kata Kunci: Alterasi; Geomagnetik; Kontrol Struktur; Kulon Progo; Mineralisasi.

Abstract

The research area is located in the Kulon Progo Mountains and is part of the Southern Mountains zone and in the form of a “*dome*” with a north – southeast extension. The stratigraphy of the study area is divided into two rock units, which are andesite and porphyry lava. There are fractures filled with quartz (*veins*) around andesite lava. The fractures filled with these veins can cause mineralization, proven by the presence of alteration minerals such as advanced argilic and propylitic alterations. The study area is included in low sulphidation epithermal deposits. Based on these indications, a study was conducted using geomagnetic methods to determine the existence of subsurface structures as a control of mineralization in the study area. From the geomagnetic method, the processing is done to produce a Magnetic Field Anomaly Map (HA), Reduce to Pole Map (RTP), and Tilt Derivative Map (TDR). The RTP map has a magnetic field anomaly that is *monopole*. Based on the value of magnetic field anomaly that tends to be low on the RTP map, it can be indicated that the structure of the fault is west-northwest – east-southeast, west – east, and west-southwest – east-northeast. On the TDR map, the structure of the fault is analyzed based on the phase angle with a value of 0 with the result of the direction of the fault structure is west-northwest – east-southeast, west – east, and west-southwest – east-northeast. The indication of the structure is suspected to be a control of mineralization in the study area.

and Tilt Derivative Map (TDR). The RTP map has monopole magnetic field anomaly. Based on the low value of magnetic field anomaly on the RTP Map, it can be indicated that the fault structure's orientation is northwest – southeast, west – east, and southwest – northeast. On the TDR Map, an analysis of fault structures conducted based on the phase angle with a value of 0, based on that analysis, the fault structure's orientation is northwest – southeast, west – east, and southwest – northeast. Indication of the structure is assumed to be the controller of mineralization in the study area.

Keywords: Alteration; Geomagnetic; Kulon Progo; Mineralization; Structure Control.

Pendahuluan

Daerah penelitian ini berada di Dusun Plampang dan Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, DI Yogyakarta. Daerah Kulon Progo ini menurut van Bemmelen (1949) merupakan suatu daerah pegunungan yang berbentuk “*dome*”/ kubah dengan arah perpanjangan barat laut – tenggara. Stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi dua satuan batuan, yaitu lava andesit dan andesit porfiri dan terdapat rekahan yang terisi oleh kuarsa (*vein*) di sekitar lava andesit. Rekahan yang terisi oleh urat tersebut dapat mengakibatkan adanya mineralisasi yang dibuktikan dengan adanya mineral – mineral ubahan (alterasi) berupa alterasi *advanced argilic* dan propilitik yang didasarkan pada studi literatur (Pambudi dkk., 2018). Menurut Subardi (2001), daerah Kulon Progo merupakan daerah yang tipe endapannya berupa endapan epitermal sulfidasi rendah. Daerah ini menarik diteliti karena diduga terdapat struktur yang mempengaruhi perkembangan endapan mineral di daerah tersebut. Metode Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang sifat fisis di dalam bumi dengan penggunaan pengukuran fisik pada atau di atas permukaan (Dobrin and Savit, 1988). Metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geomagnetik. Metode geomagnet dilakukan berdasarkan pengukuran anomali geomagnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras suseptibilitas atau permeabilitas magnetik. Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur bawah

permukaan yang mengontrol sebaran mineralisasi di daerah penelitian.

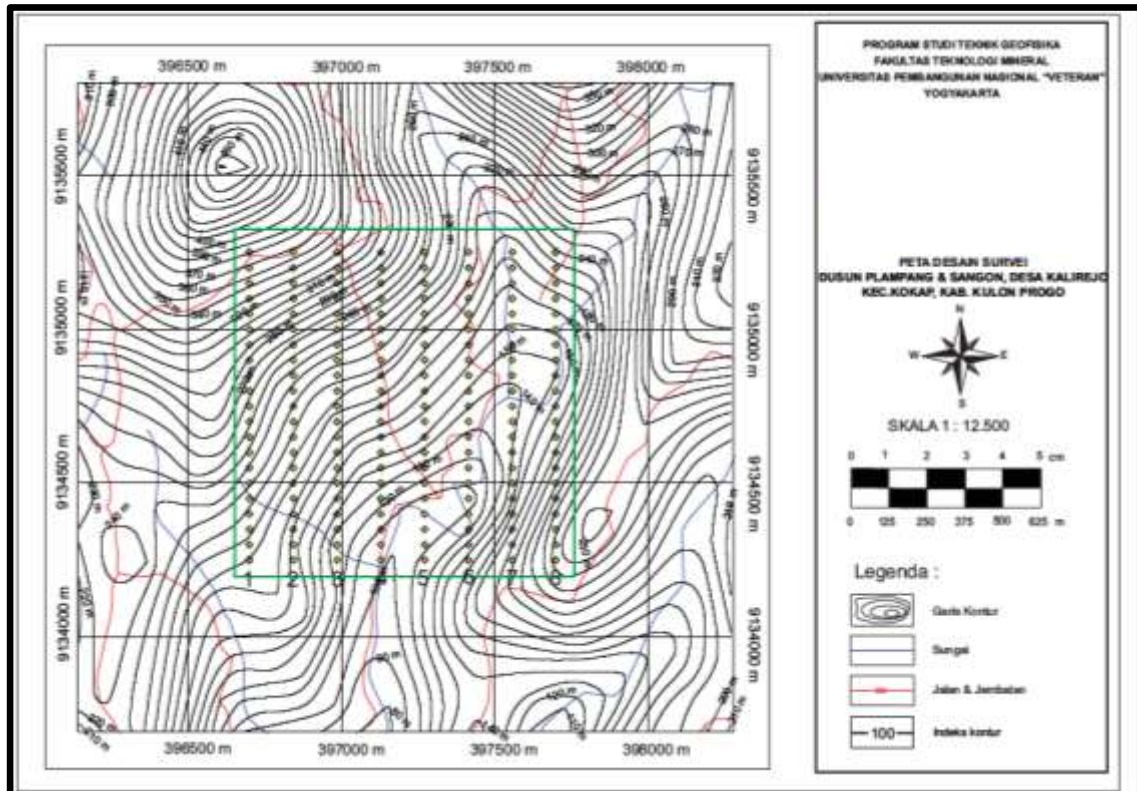
Metode Penelitian

Pada pengukuran akuisisi magnetik ini digunakan peralatan dan perlengkapan (Gambar 1) seperti Parang, Palu Geologi, *Global Positioning System* (GPS), Kompas Geologi, Sensor Arah, Tiang penyangga/*Pole*, Papan Ujian, Tas, PPM (*Proton Precession Magnetometer*), dan Kabel penghubung (*connector*).



Gambar 1. Peralatan dan Perlengkapan

Gambar 2 merupakan desain survei akuisisi data di lapangan pada hari Sabtu dan Minggu pada tanggal 6 – 7 Mei 2017 dengan total 8 lintasan yang daerah penelitiannya berada pada Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, DI Yogyakarta. Metode penelitian yang digunakan adalah metode akuisisi data magnetik menggunakan *Base-Rover* dengan luas kavling 1 km X 1 km yang memiliki koordinat dengan rentang koordinat X adalah 396500 mE sampai 39800 mE dan koordinat yang terletak pada sumbu Y memiliki rentang 9134000 mN sampai 9135500 mN.



Gambar 2. Desain Survei.

Diagram Alir Pengambilan Data

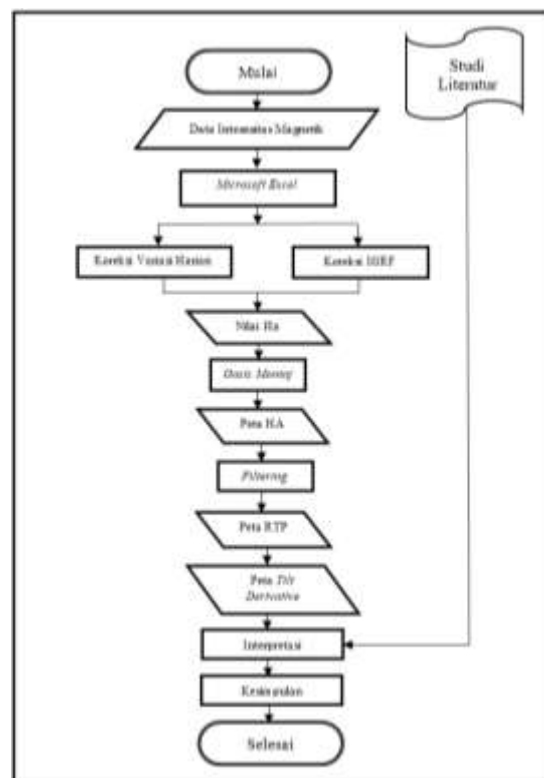
Berikut fiagram alir akuisisi data (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram Alir Pengambilan Data.

Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut diagram alir pengolahan data (Gambar 4).



Gambar 4. Diagram Alir Pengolahan Data

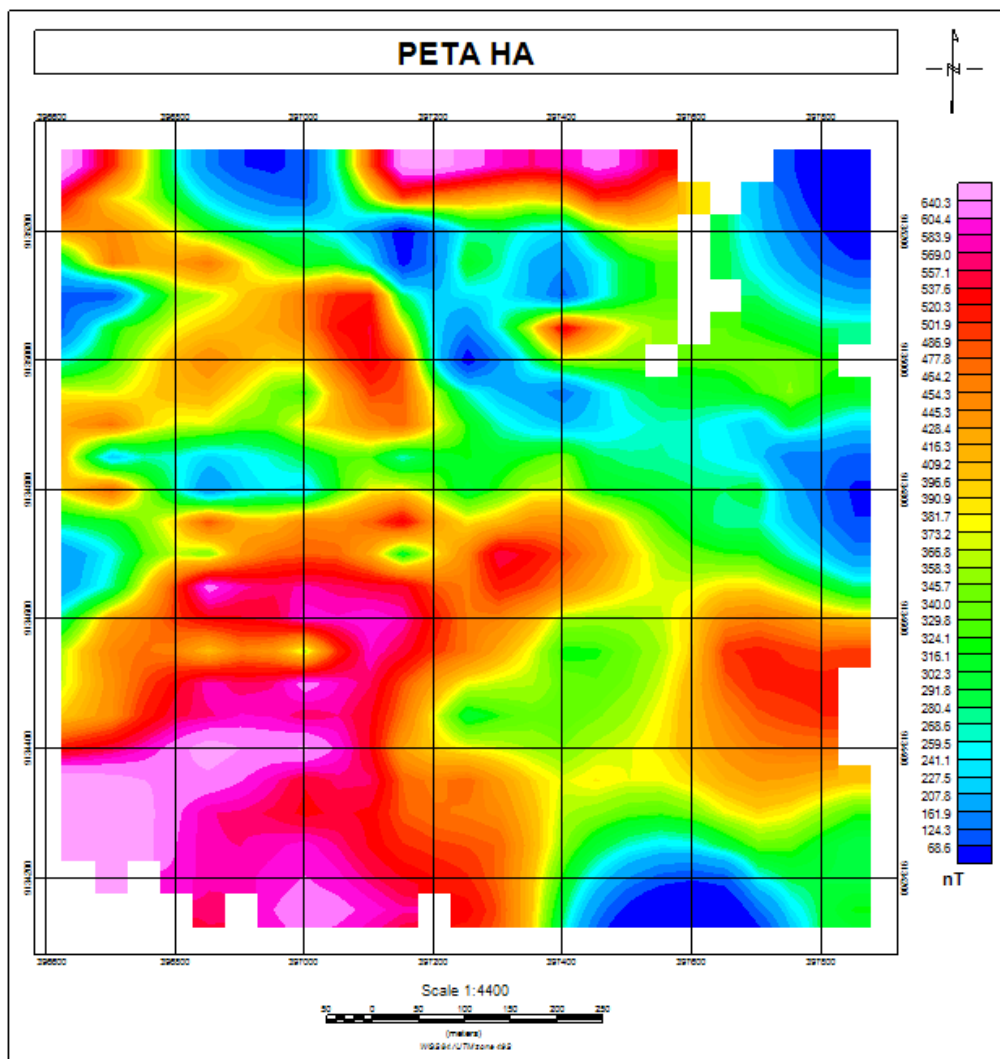
Hasil dan Pembahasan

Peta HA

Peta HA atau peta anomali medan magnet masih bersifat *dipole*. Hal tersebut dikarenakan masih terpengaruhi oleh anomali lokal dan anomali regional. Peta HA belum dapat diinterpretasikan dikarenakan variasi beda warna atau kontras warna yang terdapat pada peta HA tersebut disebabkan karena adanya medan magnet yang saling menarik atau tolak menolak (*dipole*) antara medan magnet pada batuan yang satu dan yang lainnya. Jadi, momen magnetiknya masih acak.

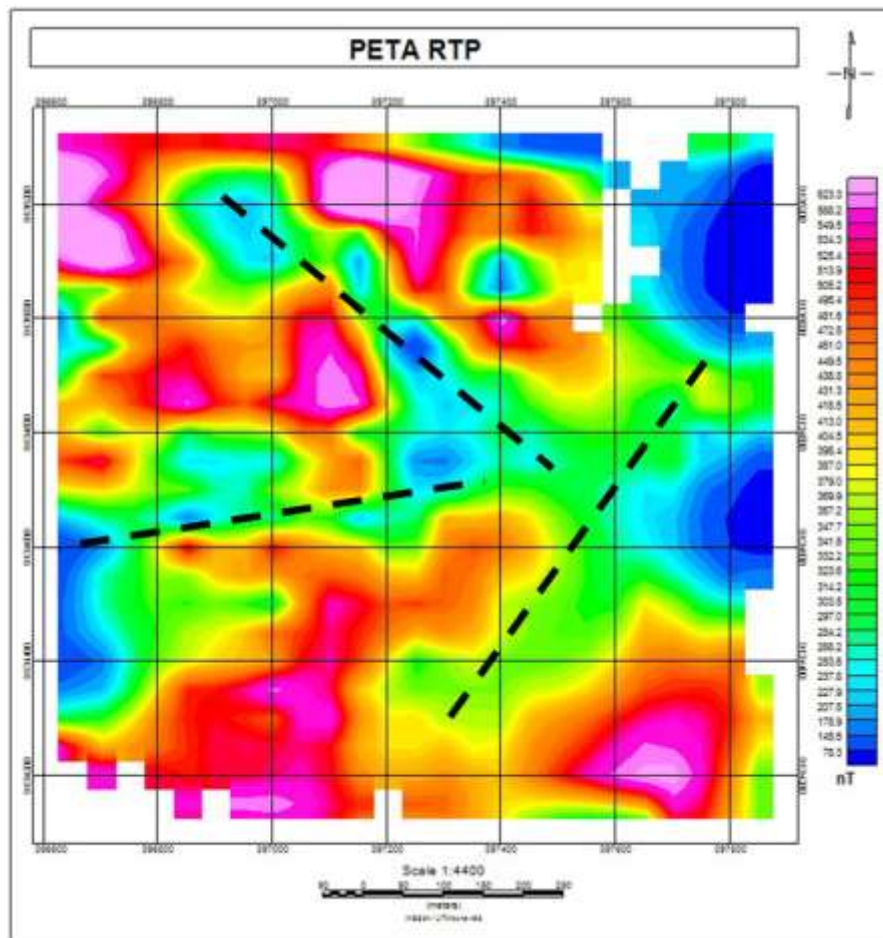
Berdasarkan skala warna, maka peta HA (Gambar 5) dapat diklasifikasikan sebagai berikut. Pada peta HA dengan skala warna

biru sampai hijau termasuk kedalam klasifikasi nilai kemagnetan yang rendah dengan rentang nilai sebesar 68,5 nT sampai dengan 358,3 nT terletak pada bagian timur laut peta dan tenggara peta. Bagian ini memiliki sifat kemagnetan diamagnetik. Untuk klasifikasi kedua yaitu dengan hijau sampai oranye kategori sedang dengan nilai 358,3 nT sampai dengan 486,9 nT yang terletak pada bagian tengah peta. Bagian ini memiliki sifat kemagnetan paramagnetik. Selain itu pada tingkatan klasifikasi dengan nilai tinggi yang digambarkan dengan warna merah dengan rentang nilai sebesar 486,9 nT sampai dengan 640,3 nT yang dapat dilihat pada bagian utara dan barat daya peta. Bagian ini memiliki sifat kemagnetan feromagnetik.



Gambar 5. Peta HA.

Peta RTP



Gambar 6. Peta RTP.

Gambar 6 merupakan Peta *Reduce to Pole* atau Reduksi ke kutub. Menurut Blakely (1995), Reduksi ke kutub adalah salah satu filter pengolahan data magnetik untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik. Filter tersebut diperlukan karena sifat *dipole* magnetik menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik. Pada dasarnya reduksi ke kutub mentransformasikan medan magnet di suatu tempat menjadi medan magnet di kutub utara magnetik. Filter RTP menyederhanakan interpretasi data magnetik pada daerah – daerah berlintang rendah dan menengah. Metode reduksi ke kutub magnetik bumi dapat mengurangi kesalahan pada saat interpretasi karena anomali medan magnetik menunjukkan langsung posisi bendanya dengan cara menyearahkan kutubnya melalui sudut inklinasi bernilai 90° dan deklinasi 0° .

Peta *Reduce to Pole* di atas memiliki rentang nilai variasi medan magnet sebesar 78,3 nT sampai 623,3 nT, bagian yang berwarna biru sampai hijau menunjukkan nilai variasi medan magnet yang rendah yaitu 78,3 nT sampai 379 nT, daerah penelitian nilai variasi medan magnet yang rendah terdapat pada bagian timur peta dan barat daya peta. Lalu indeks warna berwarna kuning sampai jingga menunjukkan nilai variasi medan magnet yang sedang yaitu 379 nT sampai 472,5 nT pada daerah penelitian daerah ini terdapat pada bagian tengah peta. Indeks warna berwarna merah sampai merah muda menunjukkan nilai variasi medan magnet yang tinggi yaitu 472,5 nT sampai 623,3 nT.

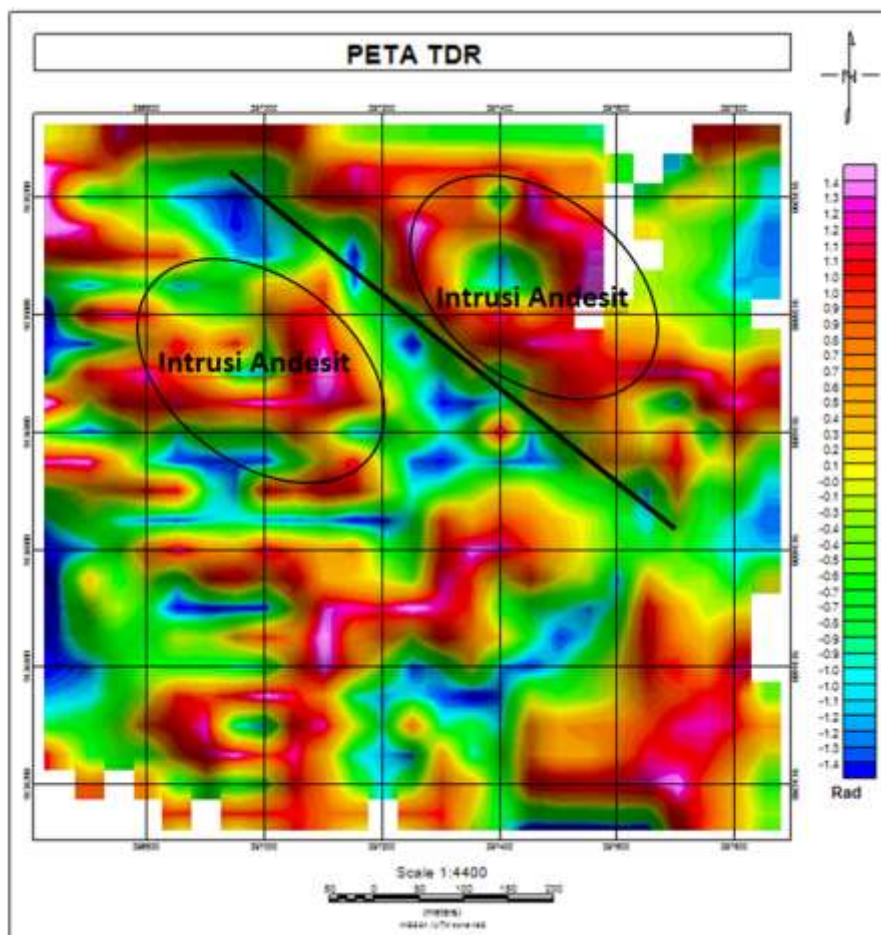
Pada Gambar 6, interpretasi sesar digambarkan dengan garis putus – putus. Terdapat struktur sesar berarah timurlaut –

barat daya serta berarah barat laut – tenggara. Hal ini sesuai jika dikaitkan dengan hasil sebelumnya oleh Widagdo dkk. (2016), pada Peta kelurusan struktur geologi daerah Pegunungan Kulon Progo daerah penelitian ini terdapat beberapa struktur yang mengontrol diantaranya yaitu struktur sesar naik yang berarah timur laut – barat daya dan terdapat sesar normal barat laut – tenggara hadir memotong batuan – batuan Formasi Kebo-Butak dan Jonggrangan.

Berdasarkan studi lapangan yang dilakukan, didapatkan bahwa rekahan-

rekahan yang terisi oleh mineral relatif berarah barat laut – tenggara. Hal ini dapat diindikasikan bahwa sesar yang berarah barat laut – tenggara merupakan sesar pengontrol terjadinya mineralisasi. Dimana zona lemah yaitu sesar maupun kekar yang berarah barat laut – tenggara sebagai tempat untuk hasil pengendapan fluida *hydrothermal* yang naik ke permukaan yang dicirikan dengan hadirnya urat kuarsa silika, kalkopirit, pirit.

Peta TDR

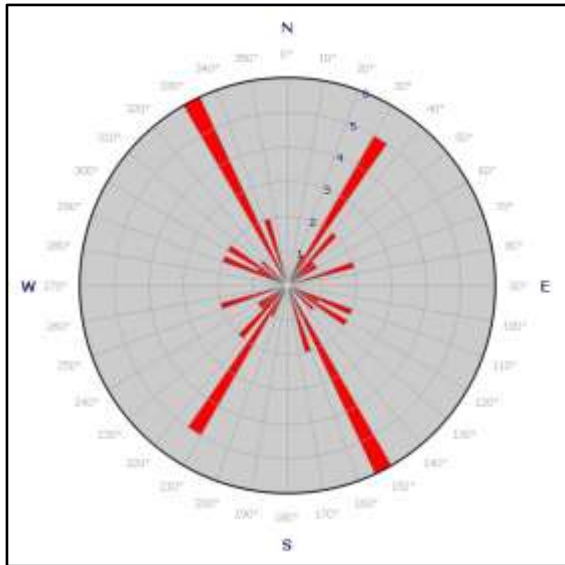


Gambar 7. Peta TDR

Filter *Tilt Derivative* (TDR) merupakan suatu metode analisa *derivative* untuk memperjelas batas – batas dan bentuk anomali target, peta *Tilt Derivative* yang dibuat berdasarkan peta RTP. Pada peta *Tilt Derivative* mengubah domain

intensitas medan magnet (nT) menjadi sudut antar fase (rad). Peta (Gambar 7) ini menggunakan sudut antar fase untuk memperjelas batas antar fase yang berguna untuk menunjukkan persebaran struktur dengan jelas pada daerah penelitian. Peta

tersebut dibuat dengan skala 1:4400. Pada peta *Tilt Derivative* dapat diinterpretasikan bahwa fase 0 pada peta di atas yang ditunjukkan oleh warna kuning menggambarkan batas struktur. Peta TDR ini menghasilkan rentang nilai -1,4 rad sampai dengan 1,4 rad.



Gambar 8. Diagram Rose.

Persebaran batas-batas anomali yang ditunjukkan oleh peta TDR ini dominan berada di daerah yang diinterpretasikan sebagai zona sesar. Batas yang ditampilkan ini diinterpretasikan sebagai pola – pola struktur kekar dan sesar yang berkembang di daerah tersebut. Berdasarkan penarikan arah batas struktur pada peta TDR dengan menggunakan Diagram *Rose* (Gambar 8), didapatkan arah dominan struktur yaitu N 150 ° E – N 160 ° E dan N 330° E - N 340 ° E yang berarti arah struktur memiliki orientasi barat laut – tenggara. Ditemukan juga arah struktur dengan arah orientasi barat daya – timur laut dengan azimuth N 30 ° E – N 40 ° E dan N 210 ° E – N 220° E. Daerah yang diinterpretasikan sebagai zona struktur tersebut merupakan zona yang menjadi *Channel Way* fluida hidrotermal pembawa mineralisasi (Gambar 9 dan 10), dibuktikan dengan ditemukannya urat – urat pada arah orientasi barat laut – tenggara dan barat daya – timur laut yang

banyak terisi oleh mineral kuarsa – silika (Gambar 11) di lapangan. Urat – urat tersebut berada pada batuan induk berupa batuan intrusi andesit, dan terdapat adanya mineral berupa pirit (Gambar 12), kalkopirit.



Gambar 9. Rekahan yang tidak terisi mineral.



Gambar 10. Rekahan yang terisi mineral.

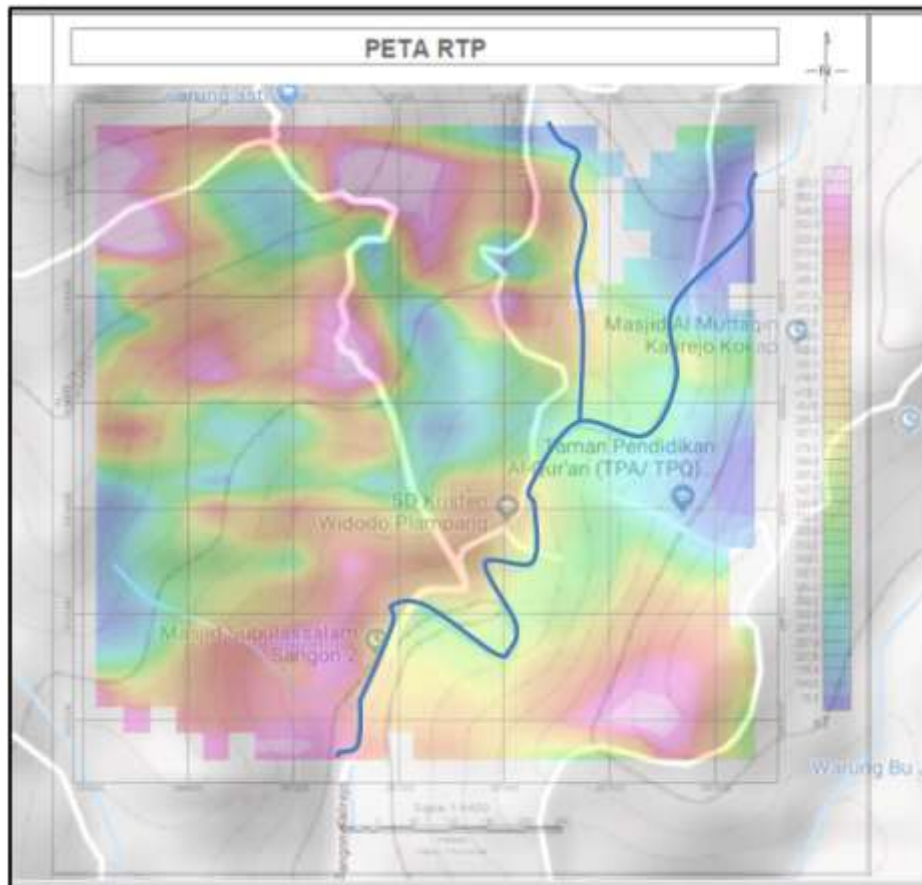


Gambar 11. Urat Silika – Kuarsa.



Gambar 12. Mineral pirit.

Daerah berwarna merah diinterpretasikan sebagai batas litologi dari intrusi andesit yang merupakan tubuh batuan karena memiliki nilai kontras anomali yang besar dengan rentang 0,9 sampai 1,4 radian. Dan dapat dikatakan akibat adanya intrusi andesit yang menerobos batuan lain di atasnya maka mineralisasi dapat terbentuk. Daerah yang berwarna biru menunjukkan nilai anomali yang rendah dengan rentang -1,4 sampai -0,9 radian dapat diinterpretasikan sebagai zona alterasi propilitik yang diakibatkan oleh adanya intrusi andesit, alterasi propilitik ini dicirikan dengan adanya mineral klorit pada lapangan, kemudian terdapat proses silisifikasi yang dapat ditemui adanya urat – urat yang terisi kuarsa proses silisifikasi ini berasosiasi dengan zona alterasi argilik yang berupa ubahan mineral lempung yang berada didekat permukaan. Gambar 13 memperlihatkan hasil overlay peta RTP dengan peta topografi.



Gambar 13. Overlay Peta RTP dengan Peta Topografi.

Kesimpulan

Daerah penelitian terdapat pada pegunungan menoreh, Kulon Progo, yang merupakan pegunungan dengan proses vulkanisme aktif terjadi pada Oligosen Akhir sampai Miosen Tengah. Aktivitas vulkanik tersebut menghasilkan komposisi batuan berupa intrusi andesit yang menerobos batuan di atasnya yang berupa batuan karbonat yang menghasilkan adanya mineralisasi di sekitar intrusi yang mengisi kekar – kekar, dan juga terdapat adanya ubahan mineral berupa alterasi silisifikasi dan alterasi argilik. Dari analisa yang telah dilakukan berdasarkan penelitian geomagnetik dan *integrate* dengan keadaan di lapangan dapat dikatakan bahwa memang benar zona struktur berfungsi sebagai *Channel Way* adanya fluida hidrotermal yang ditandai dengan adanya kekar – kekar yang terisi oleh adanya mineral kuarsa. Alterasi yang terdapat pada daerah penelitian dikontrol adanya struktur yang berupa *Channel Way* fluida *hydrothermal*. Alterasi yang ditemui pada daerah penelitian berupa alterasi propilitik dan proses silisifikasi yang berasosiasi dengan alterasi argilik yang ditandai dengan adanya mineral kalkopirit, pirit, klorit dan adanya mineral ubahan berupa mineral lempung. Mineralisasi memiliki pola urat dengan kehadiran mineral sulfida seperti kalkopirit dan pirit yang persebarannya dikontrol oleh struktur geologi yang berorientasi barat laut – tenggara.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada Magneto yang telah bersedia untuk memberikan data ini kepada kami serta beberapa pihak yang turut membantu.

Daftar Pustaka

- Blakely, R.J. 1995. *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Application*. USA: Cambridge University Press.
- Pambudi, D., Winarno, T., Aribowo, Y. 2018. *Geologi dan Mineralisasi Logam Daerah Sangon, Kokap, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Jurnal Geosains dan Tenologi, vol. 1, no. 2, pp. 74 – 80.
- Dobrin, M.B. and Savit, C.H. 1988. *Introduction to Geophysics Prospecting 4th Edition*. New York: McGraw Hill.
- Subardi. 2001. *Geologi serta Alterasi dan Mineralisasi Endapan Emas Primer pada Intrusi Andesit Tersier di Daerah Plampang dan Sekitarnya, Kokap, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*, The Haque Martinus Nijnhoff, Vol. IA, 653-732.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S., Harijoko, A. & Setiawan, A., 2016. *Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Sebaran Batuan-Batuan Di Daerah Pegunungan Kulon Progo-Yogyakarta*. Proceeding, Seminar Nasional Kebumian ke-9, Peran Penelitian Ilmu Kebumian Dalam Pemberdayaan Masyarakat, 6-7 Oktober 2016, Grha Sabha Pramana, Universitas Gadjah Mada, hal. 9.

*) Artikel ini telah dipresentasikan di Seminar Nasional Geofisika 2019 yang dilaksanakan oleh Dept. Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin di Science Building FMIPA Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Oktober 2019.

KARAKTERISASI AIR DAERAH PANAS BUMI PENCONG DENGAN METODE AAS (*ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER*) DI KECAMATAN BIRINGBULU, KABUPATEN GOWA PROPINSI SULAWESI SELATAN

Agustina Lolo¹, Candra Febryanto Patandean^{1*}, Eko Ruslan²

¹Alumni Program Sarjana Universitas Negeri Makassar, Indonesia.

²Alumni Program Sarjana Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

*Corresponding author. Email: chandrafabryanto@yahoo.com

Manuscript received: 2 January 2020*); Received in revised form: 11 May 2020; Accepted: 15 June 2020

Abstrak

Penelitian ini mengenai karakterisasi air daerah panas bumi Pencong dengan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ciri fisik, sifat kimia dan menentukan kelayakan dari cadangan panas bumi. Parameter utama untuk pengembangan daerah prospek panas bumi adalah suhu fluida di reservoir, permeabilitas, batuan reservoir, dan volume (luas dan tebal) dari reservoir. Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom, atom – atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dari hasil analisis laboratorium unsur yang dominan untuk ketiga sampel berturut – turut berupa bikarbonat, sebanyak 116,6 ppm; 120,3 ppm; dan 112,8 ppm, kemudian natrium sebanyak 112,96 ppm; 110,29 ppm; 108,5 ppm, kemudian silika sebanyak 48,46 ppm; 48,46 ppm; 48,33 ppm. Dari hasil laboratorium tersebut diperoleh nilai persentase kandungan ion HCO_3^- sebanyak 65,75%; 68,51%; 65,72%, Cl^- sebanyak 17,44%; 17,61%; 18,02% dan SO_4^{2-} sebanyak 16,78%; 13,86%; 16,25%, menunjukkan bahwa mata air panas daerah tersebut termasuk tipe air bikarbonat. Perkiraan temperatur bawah permukaan dengan menggunakan geothermometer Na – K pada daerah tersebut di tempat sampel I sampai tempat sampel III adalah 168,45°C, 148°C dan 160,02°C, dan termasuk dalam entalpi sedang dimana mempunyai batas suhu > 125°C, yang sistem pengendali mata air panas yang berada di Desa Pencong berasal dari interaksi batuan yang terjadi secara konveksi.

Kata kunci: fisik; kimia; sistem karakteristik panas bumi.

Abstract

This research is about the characterization of Pencong geothermal water with the *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Method. This study aims to determine the physical characteristics, chemical properties and determine the feasibility of geothermal reserves. The main parameters for the development of geothermal prospect areas are the temperature of the fluid in the reservoir, permeability, reservoir rock, and the volume (area and thickness) of the reservoir. The AAS method is based on the absorption of light by atoms, the atoms absorbing the light at certain wavelengths, depending on the nature of the elements. From the results of laboratory analysis the dominant elements for the three consecutive samples are bicarbonate, as much as 116.6 ppm; 120.3 ppm; and 112.8 ppm, then sodium as much as 112.96 ppm; 110.29 ppm; 108.5 ppm, then silica as much as 48.46 ppm; 48.46 ppm; 48.33 ppm. From the laboratory results, the percentage of HCO_3^- ion content was 65.75%; 68.51%; 65.72%, Cl^- 17.44%; 17.61%; 18.02% and SO_4^{2-} 16.78%; 13.86%; 16.25%, shows that the hot springs of the area are bicarbonate water types. Estimated subsurface temperature using a Na – K geothermometer in the area in places sample I to place sample III is 168.45°C, 148oC and 160.02°C, and included in the

medium enthalpy which has a temperature limit $> 125^{\circ}\text{C}$, which is a system hot springs controllers in the Pencong Village come from rock interactions that occur by convection.

Keywords: chemical; geothermal characteristic systems; physical.

Pendahuluan

Panas bumi dapat juga didefinisikan sebagai sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya, secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses pengembangan. Kerak bumi (*crust*) merupakan lapisan terluar berupa batu, mampu menahan aliran panas yang berasal dari bawah permukaan bumi. Sementara mantel bumi (*mantle*) merupakan lapisan semi-cair atau batuan meleleh atau sedang mengalami perubahan fisik akibat pengaruh tekanan dan temperatur tinggi di sekitarnya. Sedangkan bagian luar dari inti bumi (*outer core*) berbentuk *liquid* dan bagian terdalam dari inti bumi (*inner core*) berwujud padat (Saptadji, 2009).

Energi panas bumi adalah energi yang tersimpan dalam bentuk air atau uap panas pada kondisi geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi. Energi panas bumi memiliki komponen yang khas dimana terdapat lapisan dengan patahan yang terhubung dengan lapisan yang berisi fluida panas. Air permukaan dan air tanah masuk menuju sumber panas untuk mengisi ulang sistem panas bumi (Grant and Bixley, 2011). Energi panas bumi diperoleh dari proses eksplorasi dan eksploitasi.

Panas bumi dapat dicirikan dengan adanya tanda – tanda yang muncul ke permukaan yang disebut dengan manifestasi (Saptadji, 2009). Rekahan kerak bumi dan dorongan temperatur bawah bumi yang tinggi menyebabkan manifestasi panas bumi naik ke permukaan (Suparno, 2009). Manifestasi panas bumi tersebut dapat berupa tanah

panas, *geyser*, fumarol, uap panas, sinter silika dan mata air panas (Saptadji, 2009). Sebagian mata air panas yang muncul dapat mengidentifikasi adanya sistem panas bumi di bawah permukaan bumi tersebut.

Karakterisasi sumber daya panas bumi yang tersedia di suatu daerah perlu dilakukan dengan cara mempelajari ciri – ciri fisik, sifat kimia dari cadangan panas bumi tersebut. Karakterisasi tersebut bertujuan untuk menentukan kelayakan sumber daya panas bumi guna keperluan eksplorasi lanjut (Hasim dkk., 2014).

Pengembangan lapangan panas bumi dilakukan melalui beberapa tahapan. Semakin jauh tahapan penyelidikan maka data yang diperoleh akan semakin rinci. Parameter utama yang ekonomis untuk pengembangan daerah prospek panas bumi adalah suhu fluida di reservoir, permeabilitas batuan reservoir, dan volume (luas dan tebal) dari reservoir (Hazuardi, 1992).

Sebelum mengembangkan potensi panas bumi, perlu ditentukan sifat kimia dari fluida panas bumi untuk menentukan karakteristik air daerah panas bumi. Karakterisasi air daerah panas bumi dapat dilakukan dengan menggunakan diagram segitiga. Jenis air daerah panas bumi dapat diketahui dengan menggunakan diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃. Kesetimbangan air daerah panas bumi dapat ditentukan menggunakan diagram segitiga Na-K-Mg. Proses pengenceran fluida panas bumi dapat ditentukan menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B (Nicholson, 1993).

Metode geotermometer dapat dipakai untuk memprediksi suhu reservoir secara tidak langsung dengan biaya yang tidak terlalu mahal, namun hasilnya tidak terlalu jauh

dari kondisi sebenarnya di alam (di bawah permukaan). Prinsip geotermometer didasarkan pada perilaku kimiawi unsur terlarut dalam fluida para bumi (Aribowo, 2011).

Pada umumnya lapisan reservoir terdiri atas batuan sedimen, berupa batupasir, batuan karbonat (*limestone, dolomite*) dan *shale* atau kadang – kadang vulkanik. Batupasir merupakan reservoir paling banyak di dunia ini, dengan 60% dari semua batuan reservoir adalah batupasir. Batupasir adalah batu – batu yang renggang (*loose*) tapi padat (*compact*), yang terdiri dari fragmen – fragmen dengan diameter berkisar antara 0,05 mm sampai 0,2 mm. Fragmen – fragmen tersebut menyatu dan mengeras (*cemented*) (Nurwidyanto dkk., 2006).

Penelitian yang dilakukan oleh Sismanto dan Andayani (2012) mengenai estimasi suhu reservoir di daerah mata air panas Hatuasa dengan menggunakan persamaan geotermometer empiris berbasis geokimia yang melibatkan sejumlah unsur – unsur kimia. Diperoleh hasil analisis kimia sampel air panas dengan Metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) berupa konsentrasi Na, K, Ca, Mg, dan 8102. Pengukuran suhu geotermometer yang diperoleh menunjukkan rms error < 5%.

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA/ AAS) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur – unsur logam dan metaloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog, 2000).

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom, atom – atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat energi elektronik suatu atom. Spektrometri

Serapan Atom (SSA/ AAS) meliputi absorpsi sinar oleh atom – atom netral unsur logam yang masih berada dalam keadaan dasarnya (*Ground state*). Prinsip AAS pada dasarnya sama seperti absorpsi sinar oleh molekul atau ion senyawa dalam larutan (Gupta and Roy, 2007).

Hukum absorpsi sinar atau Lambert – Beer yang berlaku pada spektrofotometer absorpsi sinar ultra violet, sinar tampak maupun sinar merah, juga berlaku pada AAS. Hukum Lambert menyatakan bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi. Hukum Beer menyebutkan bahwa intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut (Khopkar, 1990). Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = -\log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon bc \quad (1)$$

$$A = -\log \frac{I_0}{I_t} = -\log T \quad (2)$$

dengan,

A : absorbansi

I_0 : intensitas sumber sinar

I_t : intensitas sinar yang diteruskan

ϵ : absorbtivitas molar (mol/liter)

b : panjang medium atau tebal nyala (nm)

c : konsentrasi atom – atom yang menyerap sinar (ppm)

T : transmittan

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day dan Underwood, 2002).

Analisis kadar logam berat seperti Pb, Cu, dan Cd dapat dilakukan dengan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Pemilihan metode spektrometri serapan atom karena mempunyai sensitivitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang

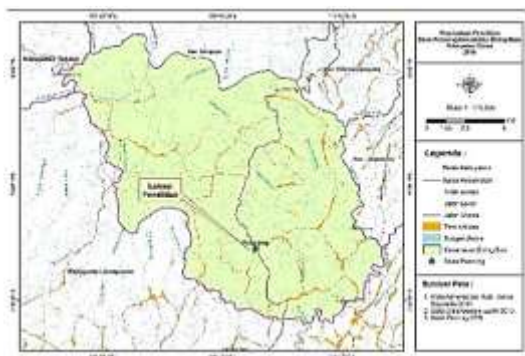
dibutuhkan sedikit (Supriyanto dkk., 2007). Analisis menggunakan AAS juga lebih sensitif, spesifik untuk unsur yang ditentukan, dan dapat digunakan untuk penentuan kadar unsur yang konsentrasinya sangat kecil tanpa harus dipisahkan terlebih dahulu.

Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar, 1990). Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur berdasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom.

Potensi panas bumi tersebut perlu dilakukan peninjauan lebih jauh mengenai karakteristik fisis dan kimia, serta sistem panas bumi yang mengendalikan mata air panas pada daerah tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fisis, sifat kimia, memperkirakan temperatur bawah permukaan, sistem panas bumi yang mengendalikan mata air panas, serta pemanfaatan mata air panas Pencong Kab. Gowa Sulawesi Selatan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode yang bersifat kualitatif dengan mensurvei daerah sebaran air panas dengan mengamati kondisi geologinya, mengukur suhu, pH, warna dan mengambil sampel air yang kemudian di analisis di laboratorium.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Desa Pencong Kec. Biringbulu Kab. Gowa.

Lokasi penelitian seperti pada Gambar 1. dilaksanakan di wilayah permandian air panas Pencong yang terletak di Desa Pencong Kecamatan Biringbulu Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan.

Pengambilan titik sampel mata air panas ditentukan berdasarkan sumber air paling besar dan belum tercampur dengan air permukaan. Langkah – langkah pengambilan sampelnya adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil sampel air panas secara langsung dari sumbernya dan memasukkan ke dalam botol sebanyak 2 liter.
2. Pengambilan sampel dilakukan pada saat musim kemarau (cuaca cerah).

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat:
 - a. *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), berfungsi untuk menganalisis kandungan unsur unsur yang terlarut di dalam sampel.
 - b. Thermometer, berfungsi untuk mengukur suhu pada sampel air.
 - c. Lakmus/ indikator, berfungsi untuk mengukur pH (tingkat keasaman).
 - d. Gelas sampel, berfungsi untuk menyimpan sampel air.
 - e. Kamera, untuk mengambil gambar pada lokasi penelitian.
 - f. Alat tulis menulis, untuk me-nulis data dari hasil penelitian
2. Bahan:

Sampel (air dari mata air panas Pencong) sebanyak 2 liter untuk masing – masing sampel.

Prosedur Kerja

1. Tahap Persiapan

Pada tahap awal untuk melakukan penelitian yang harus dilakukan ialah studi literatur. Peneliti mencari, mengumpulkan, dan mengkaji literatur – literatur yang mendukung penelitian,

- serta studi geologi baik melalui buku maupun jurnal penelitian mengenai daerah yang akan diteliti yakni prospek panas bumi di Kabupaten Gowa Desa Pencong.
2. Tahap Penelitian Lapangan
 Penelitian lapangan dilakukan dengan melakukan survei di daerah penelitian untuk mengetahui ciri fisik daerah penelitian. Ada pun kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, antara lain:
 - a. Pengambilan data – data geologi yang berada di sekitar mata air panas meliputi geomorfologi, litologi penyusun dan struktur geologi.
 - b. Pengambilan data – data ciri fisik daerah penelitian berupa pengukuran temperatur, pengukuran pH, serta pengamatan warna untuk ketiga mata air.
 - c. Pengambilan sampel air panas dari masing – masing mata air sebanyak 2 liter, guna untuk dianalisis di laboratorium untuk penentuan ciri kimia dari sumber mata air tersebut.
 3. Tahap Penelitian Laboratorium
 Sampel yang diambil dari lokasi penelitian dikarakterisasi di laboratorium produktifitas dan kualitas perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, dengan menggunakan AAS, untuk mengetahui unsur – unsur yang terkandung pada sampel tersebut. Data – data yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium dianalisis untuk penentuan ciri kimia berupa tipe fluida daerah penelitian serta mengetahui suhu bawah permukaan daerah penelitian.
 4. Tahap Analisis Data

Sampel air panas yang diambil dianalisis dengan AAS.

- a. Analisis data untuk penentuan tipe mata air

Dalam penentuan tipe air panas berdasarkan analisa geokimia mata air panas daerah penelitian menggunakan klasifikasi Diagram Trilinier (Fournier, 1979) berdasarkan kandungan relatif anion klorida, sulfat dan bikarbonat.

Jumlah kandungan ion – ion tersebut dinyatakan dalam satuan meq/L (miliequivalent per liter), sehingga harus dikonversi dari ppm menjadi meq/L.

$$\text{meq/L} = \text{ppm/BE}$$

$$\text{BE} = \text{Mr Senyawa/Valensi}$$

- b. Analisis geotermometer untuk penentuan suhu bawah permukaan Giggenbach (1988) menggunakan rumus empiris sederhana untuk menghitung suhu reservoir dengan geotermometer Na/K yaitu:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{1390}{\log\left(\frac{\text{Na}}{\text{K}}\right)+1,750} - 273,15 \quad (3)$$

dengan

Na : Konsentrasi Natrium (mg/kg)

K : Konsentrasi kalium (mg/kg)

t : Suhu terhitung ($^{\circ}\text{C}$)

Hasil dan Pembahasan

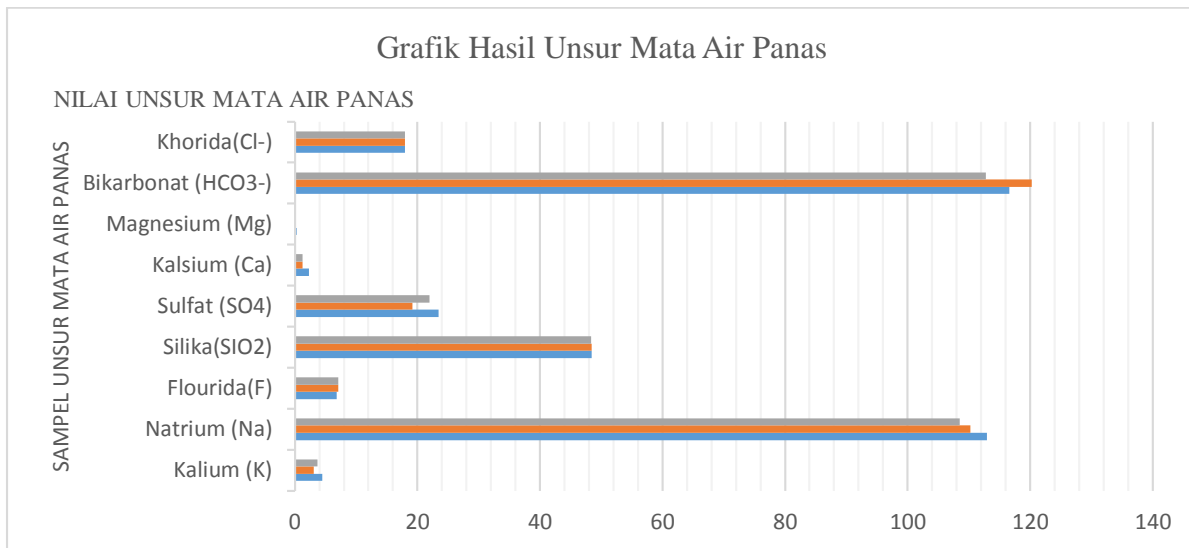
Hasil

Adapun hasil yang terdapat pada analisis laboratorium pada kandungan unsur – unsur mata air panas di daerah penelitian. Berikut ini tabel tersebut.

Tabel 1. Hasil analisis laboratorium kandungan unsur-unsur mata air panas daerah penelitian.

Parameter	Satuan	Hasil Sampel		
		1	2	3
pH	-	9,84	9,8	9,83
Kalium (K)	ppm	4,51	3,11	3,68
Natrium (Na)	ppm	112,96	110,29	108,5
Flourida (F)	ppm	6,8	7,07	7,12
Silika (SiO ₂)	ppm	48,46	48,46	48,33
Sulfat (SO ₄)	ppm	23,41	19,16	21,96

Kalsium (Ca)	ppm	2,32	1,25	1,24
Magnesium (Mg)	ppm	0,31	0,01	0,01
Bikarbonat (HCO_3^-)	ppm	116,6	120,3	112,8
Klorida (Cl^-)	ppm	18	18	18



Gambar 2. Grafik hasil unsur mata air panas.

Pada gambar 2, grafik di atas terlihat bahwa unsur bikarbonat memiliki nilai tertinggi dibandingkan nilai unsur lainnya. Warna biru merupakan sampel 1, warna jingga sampel 2, dan warna abu – abu sampel 3. Semuanya unsur mata air panas berbeda – beda nilainya pada ketiga hasil sampel tersebut yang sudah diteliti kandungan unsurnya di laboratorium.

Pada proses geokimia mata air panas daerah penelitian, diketahui adanya perpindahan panas disertai reaksi kimia dari sumber panas dengan media yang dilalui (reservoir dan batuan penutup) oleh panas hingga sampai ke permukaan. Indikasi adanya perpindahan panas dan reaksi kimia tersebut, dapat diketahui dari kandungan kadar untuk ketiga sampel berikut:

1. Sampel 1

Hasil karakterisasi memperlihatkan hasil geokimia yang paling dominan pada sampel 1 yakni HCO_3^- sebesar 116,6 ppm, Na sebesar 112,96 ppm, SiO_2 sebesar 48,46 ppm, SO_4 sebesar 23,41 ppm, dan Cl sebesar 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, F, Ca,

Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

2. Sampel 2

Hasil karakterisasi memperlihatkan hasil geokimia yang paling dominan pada sampel 2 yakni HCO_3^- sebesar 120,3 ppm, SiO_2 sebesar 48,46 ppm, SO_4 sebesar 19,16 ppm, dan Cl sebesar 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

3. Sampel 3

Hasil karakterisasi memperlihatkan hasil geokimia yang paling dominan pada sampel 3 yakni HCO_3^- sebesar 112,821,96 ppm, SiO_2 sebesar 48,33 ppm, SO_4 sebesar 21,96 ppm, dan Cl sebesar 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

a. Penentuan Tipe Mata Air

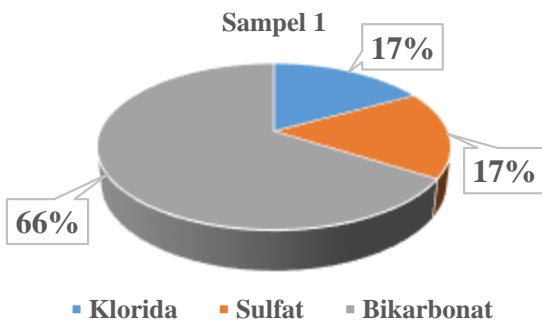
Dalam penentuan tipe air panas berdasarkan analisa geokimia mata air panas daerah penelitian menggunakan klasifikasi yang didasarkan pada kandungan relatif anion klorida, sulfat dan bikarbonat (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil perhitungan persentase kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat.

Parameter	Mata air (Mt)		
	1	2	3
%Cl	17,44530	17,6157	18,02
%SO ₄	16,7881	13,867	16,2595
%HCO ₃	65,7553	68,516	65,72
Tipe mata air panas	Bikarbonat	Bikarbonat	Bikarbonat

i. Sampel 1

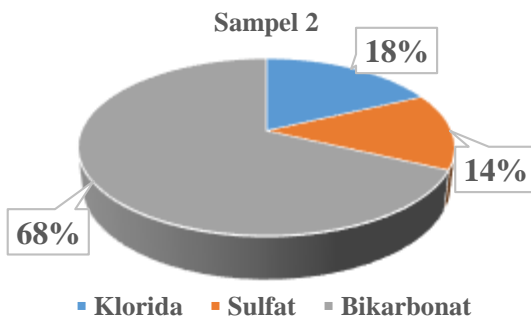
Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa presentase kandungan ion untuk penentuan tipe yang terdapat pada sampel 1 adalah klorida sebanyak 17%, sulfat sebanyak 17% dan didominasi oleh ion bikarbonat sebanyak 65%.



Gambar 3. Presentase kandungan ion untuk penentuan tipe pada sampel 1.

ii. Sampel 2

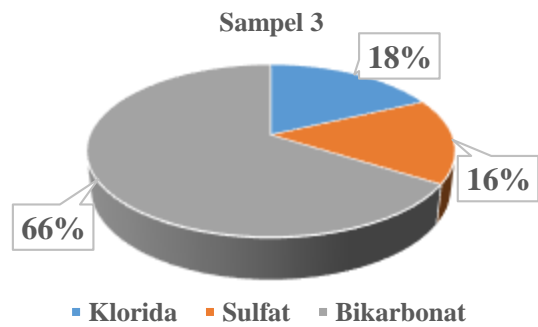
Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa presentase kandungan ion untuk penentuan tipe yang terdapat pada sampel 2 adalah klorida sebanyak 18%, sulfat sebanyak 14% dan didominasi oleh ion bikarbonat sebanyak 68%.



Gambar 4. Presentase kandungan ion untuk penentuan tipe pada sampel 2.

iii. Sampel 3

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa presentase kandungan ion untuk penentuan tipe yang terdapat pada sampel 3 adalah klorida sebanyak 18%, sulfat sebanyak 16% dan didominasi oleh ion bikarbonat sebanyak 66%.



Gambar 5. Presentase kandungan ion untuk penentuan tipe pada sampel 3.

b. Penentuan Suhu Bawah Permukaan

Hasil pengukuran temperatur bawah permukaan dengan menggunakan geotermometer Na – K pada daerah penelitian pada mata air panas I, II, dan III berdasarkan data hasil analisis sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan suhu bawah permukaan daerah penelitian.

Suhu Bawah permukaan (T °C)	St/ Mata air		
	1	2	3
	168,45	148	160,021

Pembahasan

Berdasarkan data – data dan pengamatan lapangan dari sumber mata air panas daerah penelitian maka dapat diketahui bahwa struktur sesar yang mengendalikan pemunculan mata air panas daerah

penelitian adalah sesar geser yang digambarkan pada liniasi sesar yang melintas pada daerah tersebut. Proses pemunculan mata air panas ini bermula dari struktur sesar kemudian melalui *stock* yang berperan sebagai batuan pemanas sehingga menghasilkan rekahan – rekahan yang menjadi media memunculnya air panas di permukaan sebagai mata air panas.

Manifestasi panas bumi daerah penelitian terdapat pada tiga titik mata air dengan temperatur yang berbeda – beda yakni: 49°C, 29°C, 47°C pada suhu udara 27°C, yang pada umumnya tergolong dalam air yang jernih dengan pH 9,8.

Hasil analisis laboratorium kandungan unsur – unsur mata air panas meperoleh untuk sampel 1 HCO_3^- 116,6 ppm, Na 112,96 ppm, SiO_2 48,46 ppm, SO_4 23,41 ppm, dan Cl 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm. Sampel 2 yakni HCO_3^- 120,3 ppm, SiO_2 48,46 ppm, SO_4 19,16 ppm, dan Cl 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm. Dan untuk sampel 3 yakni HCO_3^- 112.-821,96 ppm, SiO_2 48,33 ppm, SO_4 21,96 ppm, dan Cl 18 ppm. Selain unsur tersebut terdapat pula K, Na, F, Ca, Mg, yang memiliki kandungan unsur kurang dari 10 ppm.

Berdasarkan nilai persentase kandungan ion pada sampel air panas yang telah dianalisis kandungan unsur – unsur kimianya terutama kandungan anion bikarbonat (HCO_3^-) sampel 1: 65,75%, sampel 2: 68,51% dan sampel 3: 65,72%, klorida (Cl^-) sampel 1 : 17,44%, sampel 2: 17,61% dan sampel 3: 18%, dan sulfat (SO_4^{2-}) sampel 1: 16,78%, sampel 2: 13,86% dan sampel 3: 16,25%. Dari hasil presentasi kandungan ion untuk ketiga sampel maka dapat ditentukan bahwa dari ketiga mata air panas Pencong termasuk dalam tipe bikarbonat. Hal ini ditandai dengan cukup tingginya kandungan ion

bikarbonat dalam air panas dibandingkan dengan konsentrasi klorida dan sulfat, serta pH yang relatif basa (berkisar pH 9,80 – 9,84).

Perhitungan geotermometer Na – K dilakukan untuk mengetahui temperatur reservoir panas bumi di bawah permukaan. Berdasarkan sebaran mata air panas dan nilai temperatur reservoir yang ditunjukkan oleh geotermometer unsur – unsur terlarut, dapat disimpulkan bahwa reservoir panas bumi di daerah penelitian yaitu yang menyuplai air panas Pencong itu sampel I, II, III mempunyai temperatur sekitar 168,45°C, 148°C dan 160,02°C. Reservoir mata air panas pada daerah penelitian termasuk dalam entalpi sedang. Sehingga daerah penelitian kurang mampu untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik, mengingat batas temperatur untuk energi listrik yaitu $> 180^\circ\text{C}$, dengan demikian pemanfaatannya lebih ditekankan pada pemanfaatan lainnya seperti pengembangan sebagai objek wisata berupa permandian air panas.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan dan analisis geokimia air panas daerah penelitian, maka karakteristik panas bumi daerah penelitian bila ditinjau dari ciri fisik untuk ketiga mata air berwarna jernih, berbau sulfur, dengan rentang suhu 29°C - 49°C (suhu permukaan) dan pH 9,8 (relatif basa). Sifat kimia dari ketiga mata air daerah penelitian tergolong dalam tipe air bikarbonat, dengan temperatur bawah permukaan dari reservoir pada daerah penelitian berdasarkan diagram Na – K adalah 165,45°C, 148°C dan 160°C dengan pada rentang suhu tersebut tergolong pada entalpi sedang, dengan batas suhu $> 125^\circ\text{C}$. Pemanfaatan panas bumi Pencong sebagai objek wisata permandian air panas. Sistem yang mengendalikan mata air panas yang berada di Desa Pencong berasal dari interaksi batuan yang terjadi secara konveksi.

Ucapan Terima Kasih

Segala puji syukur tim penulis mengucapkan kehadiran Tuhan YME, atas segala berkat, hikmat, dan anugerah kepada Tuhan YME.

Tim penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman – teman, dan rekan lainnya yang telah membantu tim penulis, baik dalam penyedia data, meminjam alat dan juga mendukung terlaksananya karya tulis ilmiah ini. Semoga pihak – pihak yang membantu tim penulis dapat berkat, rejeki, dan hidayah dari Tuhan YME.

Daftar Pustaka

- Aribowo, T. 2011. *Aplikasi Inferensi Bayes pada Data Mining terutama Pattern Recognition*. Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Fournier, R.O. 1979. *A revised equation for Na-K geothermometer*. Geothermal Resources Council Transactions. 3, pp.221–224.
- Giggenbach, W.F. 1988. *Geothermal solute equilibria. Derivation of Na – K – Mg - Ca geothermometers*. Geochimica et Cosmochimica Acta. 52(12), pp.2749–2765.
- Grant, M.A. and Bixley, P.F. 2011. *Geothermal Reservoir Engineering 2nd Edition*. Netherland: Elsevier.
- Gupta, H. and Roy, S. 2007. *Geothermal Energy an Alternate Resource for the 21st Century*. Amsterdam: Elsevier B.V.
- Hazuardi, 1992. *Pengantar Eksplorasi Panas Bumi*. Cepu: PPT-MIGAS (Pusat Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi).
- Hasim, L.F., Robyansah, dan Hasan, T.A. 2014. *Aplikasi Geofisika Terhadap Eksplorasi Sumber Daya Panas Bumi*. Makassar: Jurusan Fisika FMIPA UNHAS.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal Fluids: Chemistry and Exploration Techniques*. Berlin: Springer-Verlag.
- Nurwidyanto, I.M., Yustiana, M., dan Widada, S. 2006. *Pengaruh Ukuran Butir terhadap Porositas dan Permeabilitas pada Batupasir*. Berkala Fisika. 9(4), pp.191–195.
- Saptadji, N. M. 2009. *Karakterisasi Reservoir Panas Bumi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sismanto dan Andayany, H., 2012. *Pengembangan Persamaan Geotermometer Empiris Untuk Estimasi Suhu Reservoir Sumber mata Air Panas*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo, 14 April 2012.
- Skoog, D. A. 2000. *Principles of Instrumental Analysis*. USA: CSB College Publishing.
- Suparno, S. 2009. *Energi Panas Bumi: A Present from the Heart of the Earth, Edisi Pertama*. Depok: Penerbit UI.
- Supriyanto, Samin dan Kamal, Z. 2007. *Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu dan Cd Pada Ikan Air Tawar Dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)*. Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta. ISSN 1978-0176.

*) Artikel ini telah dipresentasikan di Seminar Nasional Geofisika 2019 yang dilaksanakan oleh Dept. Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin di Science Building FMIPA Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Oktober 2019.

FORWARD MODELLING METODE GAYABERAT DENGAN MODEL INTRUSI DAN PATAHAN MENGGUNAKAN OCTAVE

Muhammad Nurul*, Aisah Yuliantina, Aprillia Yulianata, Ida Bagus Suananda Yogi, dan Syamsurijal Rasimeng

Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumatri Brojonegoro No. 1, Lampung 35145, Indonesia

*Corresponding author. Email: mnurul21.21@gmail.com

Manuscript received: 24 May 2020; Received in revised form: 29 July 2020; Accepted: 23 September 2020

Abstrak

Metode gayaberat merupakan metode eksplorasi geofisika untuk mengukur variasi percepatan gayaberat di permukaan bumi sebagai respon variasi batuan yang ada di bawah permukaan. Pada eksplorasi gayaberat memerlukan gambaran awal sebagai acuan dari pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pemodelan sintetik *forward modelling* berbasis OCTAVE dengan menggunakan data sintetik struktur batuan di bawah permukaan, sehingga menghasilkan model intrusi dan patahan berdasarkan perbedaan nilai percepatan gayaberat dari satu titik ke titik lain di permukaan bumi. Pemodelan sintetik dengan pendekatan parameter geologi wilayah penelitian didasarkan pada variasi harga densitas batuan. Parameter model yang digunakan pemodelan intrusi yakni nilai densitas sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$ dan kedalaman 850 meter sedangkan pemodelan patahan menggunakan nilai densitas $2,7 \text{ g/cm}^3$ dengan kedalaman 350 meter dan 360 meter serta ketebalan 500 meter. Dari pemodelan intrusi didapatkan nilai gaya tarik vertikal 0,03 mGal dan pada pemodelan patahan didapatkan nilai gaya tarik vertikal 0,0565 mGal. Berdasarkan hasil pemodelan ini diperoleh kurva jarak vs respon anomali gayaberat untuk kedua kasus. Pada model batuan intrusi diperoleh model profil dengan tipe terbuka ke bawah. Sedangkan pemodelan patahan didapatkan variasi kurva profil anomali yang menyatakan bahwa pada daerah patahan dengan perubahan arah kurva yang signifikan.

Kata Kunci: *Forward modeling*; Gayaberat; Intrusi; OCTAVE; Patahan.

Abstract

The gravity method is a geophysical exploration method to measure variations in the acceleration of gravity on the surface of the earth in response to variations in rocks that exist beneath the surface. In gravity exploration requires a preliminary picture as a reference for measurement. This study aims to make forward modeling synthetic OCTAVE based using synthetic data on subsurface rock structures, so as to produce intrusion and fracture models based on differences in the value of the acceleration of gravity from one point to another on the surface of the earth. Synthetic modeling with the geological parameter approach of the study area is based on variations in the price of rock density. The model parameters used in intrusion modeling are the density value of 2.7 g/cm^3 and the depth of 850 meters while the fracture modeling uses a density value of 2.7 g/cm^3 with a depth of 350 meters and 360 meters and a thickness of 500 meters. From intrusion modeling, the gravity vertical component of attraction force is 0.03 mGal and in the fracture modeling the gravity vertical component of attraction force is 0.0565 mGal. Based on the results of this modeling, distance curve vs. gravity anomaly response is obtained for both cases. In the intrusion rock model obtained by the profile model with an open type down. While the fracture modeling is obtained anomalous profile curve variation which states that in the fracture area with a significant change in the direction of the curve.

Keywords: Forward modeling; Gravity; Intrusion; OCTAVE; Fracture.

Pendahuluan

Metode gayaberat merupakan metode yang mempunyai tingkat kepekaan akan perubahan arah lateral atau vertikal. Oleh sebab itu, metode ini banyak dipergunakan untuk menggambarkan endapan sungai purba, struktur geologi, intrusi batuan, cekungan sedimen, batuan dasar, dan lain-lain. Perbedaan pada nilai densitas bisa disebabkan oleh perbedaan antara jarak pusat bumi ke permukaan dan perbedaan topografi. Hal ini dapat menimbulkan beragam nilai medan gayaberat pada permukaan bumi (Sarkowi, 2014). Ragam spasial pada gayaberat timbul karena adanya heterogenitas massa bumi. Sedangkan, ragam temporal ditimbulkan karena adanya efek tidal atau pasang surut akibat benda di luar angkasa dan adanya pergerakan fluida dan gas di bumi (Handayani, 2017).

Semua nilai anomali gayaberat ditimbulkan karena adanya penyebaran densitas secara lateral tidak homogen. Apabila bumi tersusun atas lapisan-lapisan yang memiliki nilai densitas seragam dalam kondisi horizontal akan menyebabkan tidak timbulnya anomali gayaberat. Bentuk dan besar dari anomali gayaberat dipengaruhi oleh densitas bawah permukaan, kedalaman, luas horizontal, dan besarnya. Timbulnya nilai gayaberat anomali disebabkan oleh kepadatan kontras, kedalaman batuan, dan dimensi anomali (Murti, 2016).

Menurut Grandis (2009), guna mendapatkan distribusi sifat fisis bawah permukaan biasanya dapat melalui proses pemodelan. Dengan kata lain, model akan mewakili keadaan sifat fisik bawah permukaan yang disebabkan oleh benda anomali dengan besaran fisis dan geometri tertentu. Tujuan mewakili keadaan sifat fisik bawah permukaan menggunakan model supaya permasalahan dapat

disederhanakan dan respons model dapat dihitung secara teori dengan menggunakan teori fisika. Pada model akan mewakili besaran maupun parameter fisis yang berbeda pada posisi (variasi spasial). Model yang dipergunakan harus dapat menggambarkan distribusi spasial dari parameter fisis tersebut. Hubungan antara respon pada model dengan parameter model bawah permukaan diibaratkan dengan persamaan matematika yang didapatkan dari dasar fisika pada materi yang diamati. Contohnya dalam perhitungan gayaberat, pada suatu distribusi rapat massa dengan bentuk geometri sederhana yaitu bola homogen akan menimbulkan efek seperti anomali percepatan gayaberat di atas permukaan bumi. Parameter model merupakan nilai dari rapat massa, kedalaman bola dari permukaan bumi, dan jari-jari bola. Sedangkan respon dari model merupakan percepatan gayaberat yang diakibatkan dari bola di permukaan bumi. Respon model didapatkan pada posisi sepanjang lintasan (x) yakni variabel bebas.

Terdapat dua pemodelan yang biasanya digunakan untuk interpretasi data, yaitu pemodelan maju gayaberat dan pemodelan inversi. Pemodelan maju atau *forward modelling* merupakan pemodelan untuk menjabarkan data dari suatu pemodelan dengan menghitung respon teoritis dan distribusi sifat dari sumber anomali. Pada pemodelan inversi atau *inversion modelling* merupakan pemodelan yang dipergunakan untuk menjabarkan pemodelan dari data hasil pengukuran di lapangan dengan menganalisa kajian teoritis terhadap model yang didapatkan. Pemodelan dapat dengan mudah diselesaikan jika dilakukan penerjemahan pada suatu bahasa pemrograman. Banyak bahasa pemrograman yang bisa dipergunakan untuk mendapatkan suatu pemodelan yaitu FORTRAN, C++, OCTAVE, dan MATLAB. Tetapi bahasa pemrograman

C++ dan FORTRAN kurang interaktif guna menjabarkan kasus pemodelan (Irwansyah, 2013).

Untuk menjelaskan suatu permasalahan diperlukannya pemahaman yang bagus terkait permasalahan itu sendiri (Andrew, 1999). Hal ini diperlukan untuk memudahkan dalam mendapatkan suatu rumusan algoritma untuk memecahkan masalah. Rumusan tersebut bisa disusun kedalam bentuk *pseudo-code* maupun *flowchart* (Carrly, 1989). Setelah mendapatkan perumusan untuk menyelesaikan suatu masalah maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan yaitu melakukan implementasi, proses ini bertujuan untuk menentukan bahasa pemrograman yang cocok serta melakukan *trial and error* mengenai bahasa pemrograman yang digunakan untuk penyelesaian masalah. Penerapan tersebut mengacu pada algoritma yang telah disusun pada langkah sebelumnya, yakni variabel-variabel yang digunakan atau alur program (Budi, 2011). Selain itu, untuk kebutuhan validasi maka penelitian ini akan dilakukan pengujian pada bahasa pemrograman yang dibuat. Guna menguji berjalan atau tidak program yang dimasukan serta memastikan jalannya program sesuai dengan yang diinginkan (Proaksis, 2000).

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *forward modelling*, hal ini dikarenakan data yang digunakan merupakan data sintetik. Penelitian ini penting dilakukan karena untuk mengetahui percepatan nilai gayaberat dengan menggunakan data sintetik yang dibuat, apakah data sintetik yang dibuat benar dan sesuai sehingga dapat dijalankan, serta diharapkan mendapatkan model intrusi dan patahan yang sesuai dan dapat dijalankan pada program yang digunakan. Patahan adalah bentuk struktur geologi akibat proses perubahan posisi batuan akibat bekerjanya tenaga endogen yang menekan struktur batuan keras sehingga antara

struktur batuan atau lapisan satu dan lainnya menjadi terpisah (Suntoko, 2017).

Forward modelling pada metode gayaberat didasarkan pada perhitungan medan gayaberat akibat beberapa distribusi massa maupun topografi, dalam domain spasial sehingga penelitian ini sangat bermanfaat dalam bidang keteknikan. Perubahan nilai gayaberat pada setiap titik di permukaan bumi dapat dimanfaatkan untuk melakukan interpolasi maupun prediksi pada bidang konstruksi (Hirt, 2014).

Forward modelling menunjukkan perhitungan medan gayaberat yang dihasilkan oleh beberapa distribusi massa sumber. Pondasi *forward modelling* adalah hukum gayaberat universal Newton (1687) yang menyatakan bahwa gaya tarik F antara dua benda sebanding dengan produk massa m , M dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak r :

$$F = G \frac{mM}{r^2} \quad (1)$$

dengan $G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ adalah konstanta gayaberat universal (Mohr et al., 2012).

Penelitian ini pernah dilakukan Umboh (2018), dengan target yang belum sempurna sehingga dilakukan penyempurnaan untuk dapat melihat model intrusi batuan bawah permukaan maupun struktur geologi yang berupa patahan dan nilai gaya tarik vertikalnya. Pemodelan ini dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan desain survei. Serta diharapkan dapat digunakan untuk melakukan *forward modelling* menggunakan suatu program OCTAVE, tidak hanya menggunakan *software* yang biasa digunakan untuk pemodelan gayaberat saja, seperti *software* Grav2dc. Program ini dapat dimodifikasi dan disesuaikan dengan kebutuhan yang tidak bisa diselesaikan dengan program yang sudah ada, misalnya ingin mengembangkan ke metode yang lebih spesifik untuk pendekatan *machine learning*.

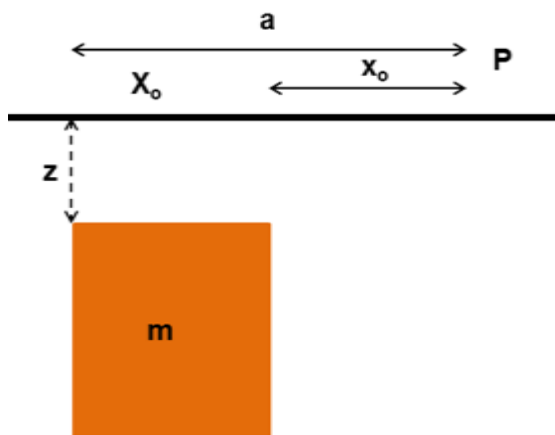
Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan seperangkat laptop dengan spesifikasi prosesor core i3 dengan RAM 4 GB dan diimplementasikan dalam bahasa pemrograman OCTAVE yang merupakan *software open source* untuk menjalankan komputasi program. Selain itu parameter model sintetik berupa harga densitas batuan dan kedalaman anomali menggunakan hasil pengukuran metode geomagnetik yang telah dilakukan oleh Alimuddin dkk. (2011), Rasimeng (2008), dan Rasimeng (2011). Kemudian terdapat *software* Grav2dc yang digunakan untuk validasi hasil pemrograman.

Konsep Pemodelan Intrusi

Penting untuk diketahui bahwa dalam melakukan pemodelan gayaberat tidak ada solusi yang unik. Hasilnya harus mendekati keadaan di wilayah penelitian. Berikut gambaran pemodelan intrusi (Gambar 1) yang digunakan,



Gambar 1. Model intrusi (Umboh, 2018).

Persamaan algoritma untuk model intrusi

$$gz = G\rho \left(a \log \left(\frac{a^2 + z^2}{a^2} \right) - \left(b \log \left(\frac{b^2 + z^2}{b^2} \right) + 2z \tan^{-1} \frac{a}{z} - \tan^{-1} \frac{b}{z} \right) \right) \quad (2)$$

Keterangan:

g_z = gaya tarik vertikal dalam mGal

G = konstanta gayaberat (m^3/kgs^2)

ρ = massa jenis batuan (gr/cm^3)

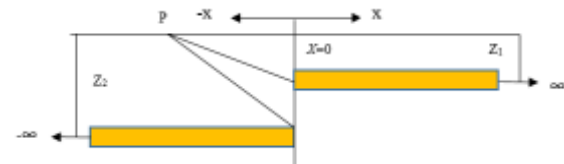
a = setengah panjang model kotak ditambah dengan $x(i) - x_0$ (m)

b = jarak lokasi pengukuran ke intrusi (m)

z = kedalaman (m)

Konsep Pemodelan Patahan

Berikut adalah gambaran yang mendasari pemodelan patahan (Gambar 2).



Gambar 2. Model patahan (Thousmalani, 2010).

Persamaan algoritma untuk model patahan

$$g_{\text{vertically faulted sheet}} = 2G \times 10^5 \times \rho_c t \left[\left(\frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \frac{x}{z_1} \right) \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{x}{z_2} \right) \right] \quad (3)$$

Keterangan:

x_0 = lokasi patahan

G = konstanta gayaberat (m^3/kgs^2)

ρ_c = massa jenis batuan (gr/cm^3)

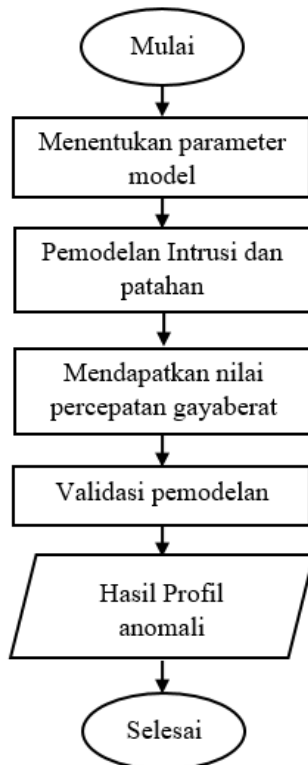
t = ketebalan lapisan (m)

z_1 = kedalaman lapisan ke-1 (m)

z_2 = kedalaman lapisan ke-2 (m)

Flowchart Penelitian

Pada penelitian ini parameter model data nilai densitas dan data kedalaman yang dipilih akan diolah kedalam program OCTAVE yang telah disiapkan. Pada program data tersebut diolah dengan algoritma model intrusi dan model patahan seperti diatas. Pengolahan akan melewati perhitungan gaya tarik vertikalnya, selanjutnya akan dilakukan proses plot nilai densitas. Setelah itu, akan dilakukan proses pemodelan dengan hasil akhir berupa gambaran profil pemodelan anomali intrusi dan anomali patahan, sehingga memodelkan keadaan bawah permukaan daerah yang diukur. Adapun *flowchart* atau diagram alir penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



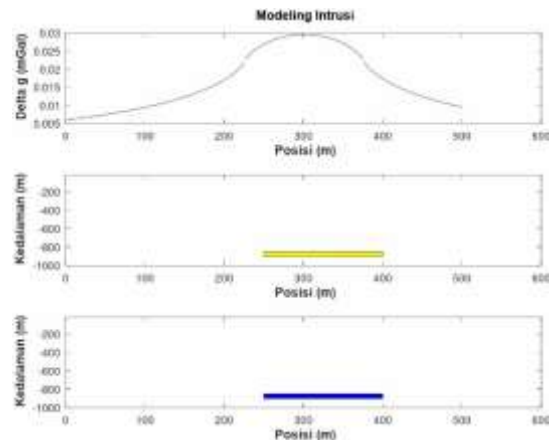
Gambar 3. Flowchart penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Pemodelan gayaberat dengan bentuk anomali intrusi dan anomali patahan dilakukan dengan menggunakan parameter model data densitas dan kedalaman yang didapatkan dari metode geomagnetik. Nilai densitas pada penelitian ini menggunakan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh (Alimuddin dkk., 2011). Data parameter model nilai densitas dan kedalaman dimasukkan pada pemodelan intrusi untuk membuktikan apakah program yang dibuat dapat berjalan dengan baik dan juga pemodelan dapat menggambarkan anomali bawah permukaan.

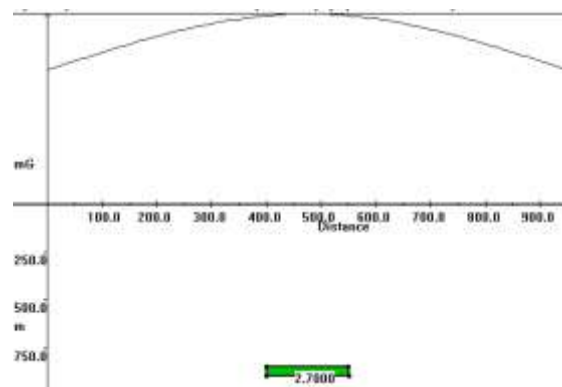
Berdasarkan pemodelan pada Gambar 4, nilai densitas batuan yang digunakan masing-masing $2,7 \text{ gr/cm}^3$ atau 2700 kg/m^3 . Kedalaman anomali batuan sebesar 850 meter dengan ketebalan lapisan batuan 50 meter. Hasil pemodelan sintetik pada profil memperlihatkan bahwa kurva batuan ke-1 terhimpit oleh kurva batuan ke-2, dan diperoleh gaya tarik vertikal sebesar $0,03 \text{ mGal}$. Pada profil pemodelan anomali

intrusi respon pada kurva naik kemudian turun menampakkan adanya anomali yang berada dibawah permukaan.



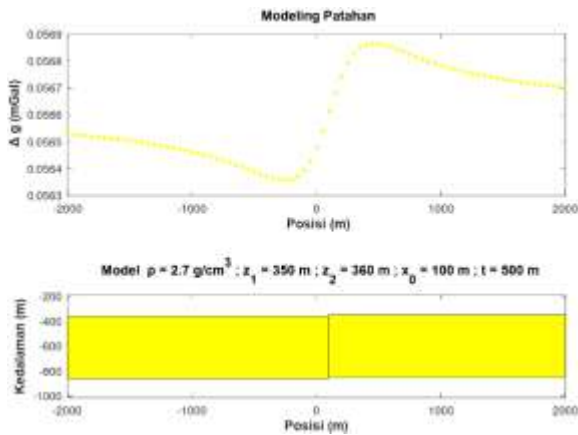
Gambar 4. Profil pemodelan anomali intrusi.

Validasi program dilakukan guna menguji apakah program dapat menggambarkan anomali intrusi dan anomali patahan dengan menggunakan data Alimuddin dkk. (2011), Rasimeng (2008), dan Rasimeng (2011). Program yang digunakan adalah *software* Grav2dc sehingga didapatkan profil penampang anomali (Gambar 5) di bawah.



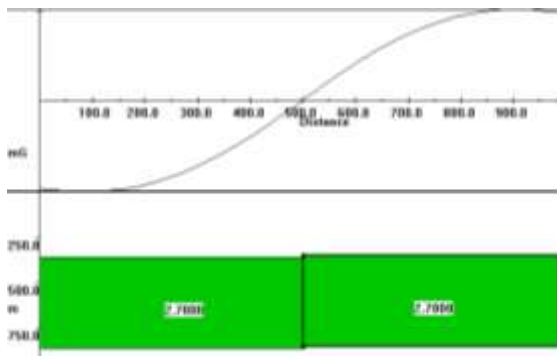
Gambar 5. Validasi pemodelan anomali patahan.

Gambar di atas merupakan profil pemodelan intrusi menggunakan *software* Grav2dc. Nilai densitas yang digunakan $2,7 \text{ gr/cm}^3$ dengan kedalaman anomali batuan sebesar 850 meter dan ketebalan lapisan batuan 50 meter. Hasil pemodelan dan kurva memiliki respon yang sama dengan hasil pemodelan program OCTAVE. Berdasarkan hal tersebut program dapat berjalan dengan baik dan berhasil.



Gambar 6. Profil pemodelan anomali patahan.

Berdasarkan pemodelan di atas (Gambar 6) nilai densitas batuan yang digunakan masing-masing $2,7 \text{ gr/cm}^3$ atau 2700 kg/m^3 . Kedalaman anomali batuan sebesar 350 meter dan patah sedalam 10 meter dengan ketebalan lapisan batuan 500 meter. Diperoleh juga nilai gaya tarik vertikal sebesar $0,0565 \text{ mGal}$ pada titik patahannya. Hasil profil pemodelan sintetik memperlihatkan bahwa kurva anomali patahan berubah arah secara signifikan yang menandakan adanya patahan.



Gambar 7. Validasi pemodelan anomali patahan.

Gambar 7 merupakan validasi profil pemodelan patahan menggunakan *software* Grav2dc. Nilai densitas yang digunakan $2,7 \text{ gr/cm}^3$ dengan kedalaman 350 meter dengan selisih patahan 10 meter. Hasil pemodelan beserta kurva memiliki respon yang memiliki kesamaan dengan hasil pemodelan program OCTAVE, dengan begitu program berjalan dengan baik.

Pada kedua model didapatkan bahwa parameter model yakni densitas dan

kedalaman memiliki peranan yang penting dalam membentuk nilai perubahan gayaberat, sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Katrinavia dkk. (2015). Pada kedua model didapatkan perbedaan nilai percepatan gayaberat sebagaimana persamaan percepatan gayaberat sama dengan perkalian konstanta gayaberat dengan massa bumi dibagi dengan jari-jari bumi, dalam hal ini diasumsikan kedalaman. Sehingga didapatkan pemodelan patahan memiliki nilai lebih besar dari pemodelan intrusi karena kedalaman pemodelan patahan lebih dangkal daripada pemodelan intrusi. Program pemodelan ini bila menggunakan model geometri yang berbeda maka harus menggunakan formula yang disesuaikan dengan model geometri tersebut.

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa pada profil pemodelan intrusi didapatkan bahwa respon kurva terbuka kebawah yang menandakan adanya anomali pada titik pengukuran. Dari profil pemodelan intrusi didapatkan nilai gaya tarik vertikal $0,03 \text{ mGal}$. Pada profil pemodelan patahan juga didapatkan perbedaan nilai yang menyatakan bahwa terdapat daerah patahan pada perubahan arah kurva yang signifikan dan dari profil pemodelan patahan didapatkan nilai gaya tarik vertikal $0,0565 \text{ mGal}$. Pemodelan anomali gayaberat dapat menggunakan parameter kedalaman posisi dan densitas. Program OCTAVE yang dibuat berhasil dijalankan, menandakan pemodelan ini dapat digunakan dalam memodelkan anomali gayaberat sebelum dilakukan pengukuran di lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Eureka Blessing Gracia Umboh dan teman-teman yang telah membantu banyak memberikan semangat dan masukan

sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Alimuddin., Rasimeng, S., dan Brotopuspito, K. S. 2011. *Pemodelan Struktur Geologi Berdasarkan Data Geomagnetik Di Daerah Prospek Geothermal Gunung Rajabasa*. In: Seminar Nasional Sains Dan Teknologi– IV. Bandar Lampung, pp.197–208.
- Andrew, K. 1999. *Basics of Matlab and Beyond*. Jakarta : Erlangga.
- Budi, R. 2011. *Pemrograman*. Bandung: Informatika Bandung.
- Carrly. 1989. *OCTAVE User's Guide*. New York: The Math Works inc.
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Handayani, L. dan Wardhana, D. D. 2017. *Eksplorasi Gayaberat untuk Airtanah dan Topografi Batuan Dasar di Daerah Serang, Banten*. Riset Geologi dan Tambang, 27(2), pp.157–167.
- Hirt, C. and Kuhn, M. 2014. *A band-limited topographic mass distribution generates a full-spectrum gravity field – gravity forward modelling in the spectral and spatial domain revisited*. Journal of Geophysical Research – Solid Earth, 119, pp.3646–3661.
- Irwansyah., Khairuman, T. dan Ismail, N. 2013. *No Design of Inversion Modelling 1-D Gravity Data Using a Method of Singular Value Decomposition (SVD) Based on Matlab Title*. Journal of The Aceh Physical Society, 2, pp.1–6.
- Katrinavia, Y. P., Setyawan, A. dan Supriyadi. 2015. *Pemodelan Anomali Gaya Berat Akibat Curah Hujan dan Dinamika Air Tanah di Daerah Semarang*. Jurnal Fisika Indonesia, 19(55), pp.42–44.
- Mohr, P. J., Taylor B.N. and Newell, D. B. 2012. *CODATA recommended values of the fundamental physical constants: 2010*. Reviews of Modern Physics, 84, pp.1527-1605.
- Murti, M. D. dan Nurhasan. 2016. *Pemodelan Dua Dimensi Data Gaya Berat (Gravity) pada Zona Sesar Lembang*. Prosiding SKF 2016. Bandung, pp.305–314.
- Bauch, G., Proaksis, J. G. and Salehi, M. 2000. *Contemporary Communication System Using Matlab*. USA : Brooks/Cole.
- Rasimeng, S. 2008. *Analisis Sesar Gunung Rajabasa Lampung Selatan Sebagai Daerah Prospek Geothermal Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet Total*. J. Sains MIPA, 14(1), pp.67–72.
- Rasimeng, S. 2011. *Penentuan Curie Point Depth Data Anomali Geomagnetik dengan Menggunakan Analisis Spektrum (Studi Kasus: Daerah Prospek Geothermal Segmen Gunung Rajabasa Lampung)*. In: Seminar Nasional Sains Dan Teknologi – Iv. Bandar Lampung, pp.325–332.
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suntoko, H. dan Wicaksono, A. B. 2017. *Identifikasi Patahan pada Batuan Sedimen Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole di Tapak RDE Serpong, Banten*. Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, 19(2), pp.81–88.
- Thoushmalani, R. 2010. *Application of Gravity Method in Fault Path Detection*. Australian Journal of Basic and Applied Science. 4(12), pp.6450-6460.
- Umboh, E. B. G., Mardhotilla, A., Faturahman, R., Sulaiman, M. I., Logis, A. A. dan Al-Baany, M. F. 2018. *Forward Modeling Metode Gravity*. Komputasi Geofisika, pp.50–59.

ANALISIS PERKIRAAN HARGA LAHAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN RUMPIN KABUPATEN BOGOR

Vini Yuliatwati*, Iwan Setiawan, Lili Somantri

Pendidikan Geografi, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154, Indonesia.

*Corresponding author. Email: viniyuliatwati12@upi.edu / viniyuliatwati18@gmail.com

Manuscript received: 21 June 2020; Received in revised form: 4 August 2020; Accepted: 23 September 2020

Abstrak

Pemetaan perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor sangat diperlukan, mengingat kenaikan harga lahan sangat pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Pemetaan perkiraan harga lahan yang terdiri dari beberapa parameter yaitu data penggunaan lahan (sawah, pemukiman), aksesibilitas lahan positif (jalan, pendidikan, pemerintahan), dan aksesibilitas lahan negatif (sungai, industri, kuburan). Oleh karena itu perlunya meneliti harga lahan untuk memudahkan memberikan informasi penting dalam pengambilan keputusan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis parameter peta perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor dan menganalisis peta perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor. Metode penelitian yang digunakan adalah skor dan pembobotan dengan menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pemrosesan data dan tahap analisis data. Hasil pemetaan estimasi harga lahan dibagi menjadi 5 kelas harga lahan. Nilai lahan sangat tinggi memiliki luas 9,74 km², nilai lahan tinggi 5,36 km², nilai lahan sedang 20,94 km², nilai lahan rendah 65,08 km², dan nilai lahan sangat rendah 37,82 km².

Kata Kunci: Harga lahan; pemetaan; Sistem Informasi Geografis.

Abstract

Mapping land prices estimation in the Rumpin District Bogor Regency is very necessary, due to economic growth. Land price mapping which consists of several parameters, like Land Use data (rice fields, settlements), Positive Land Accessibility (roads, education, government), and Negative Land Accessibility (rivers, industry, cemeteries). Therefore it is necessary to examine estimates of land prices to make it easier to provide important information in decision making. The purpose of this study was to analyze the parameters of the estimated land price map in the Rumpin District Bogor Regency and analyze the map of the estimated price of land in the district of Rumpin District Bogor Regency. The research method used is a score and weighting using qualitative and quantitative. The study was conducted in three stages, namely the preparation phase, the data processing stage and the data analysis stage. The results of the mapping of land price estimates are divided into 5 land price classes. Very high land value have area 9.74 km², high land value 5.36 km², medium land value 20.94 km², low land value 65.08 km², very low land value 37.83 km².

Keywords: Geographic Information Systems; land prices; mapping.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah merambah luas salah satunya terkait nilai harga lahan. Perkembangan teknologi informasi dalam hal ini Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu contoh dari kemajuan di bidang keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu semakin banyak pihak atau instansi pemerintahan yang membutuhkan data spasial/ geografis sebagai salah satu data olahan yang penting untuk dijadikan suatu pengambilan keputusan (Fachrozy dkk., 2016).

Pentingnya kebutuhan lahan ini perlu dianalisis dengan SIG untuk mengetahui perkiraan harga lahan yang ada di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor. Pemetaan perkiraan harga lahan yang terdiri dari beberapa parameter yaitu penggunaan lahan, aksesibilitas lahan positif, aksesibilitas lahan negatif. Penggunaan lahan yaitu salah satu parameter penting untuk menentukan perkiraan harga lahan yaitu sawah, pemukiman, lahan kosong, tegalan dan sawah. Aksesibilitas lahan positif yaitu memiliki nilai lahan yang lebih tinggi serta berpengaruh secara positif yaitu jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, lembaga pendidikan, dan lembaga pemerintahan. Aksesibilitas lahan negatif yaitu memiliki nilai lahan yang rendah serta berpengaruh negatif yaitu sungai, industri, kuburan. Parameter tersebut merupakan faktor utama untuk penentuan harga lahan suatu daerah (Hidayati, 2013).

Pembahasan mengenai analisis harga lahan menggunakan aplikasi sistem informasi geografis dapat menjadi informasi yang sangat penting untuk dapat mengetahui penyajian harga lahan yang ditentukan oleh faktor sosial yaitu perkembangan penduduk. Hal ini mendorong masyarakat untuk mencari alternatif daerah untuk dijadikan sebagai pusat kegiatan perdagangan, jasa, maupun ekonomi

lainnya. Oleh karena itu diperlukan suatu kajian tentang estimasi harga lahan menggunakan Sistem Informasi Geografis.

Rumusan Masalah

Adapun rumasalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana parameter peta perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor?
- b) Bagaimana peta perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada *paper* ini adalah sebagai berikut:

- a) Menganalisis parameter peta perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor.
- b) Menganalisis peta perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor.

Studi Literatur

Lahan

Lahan adalah komoditas untuk dimanfaatkan, dimiliki, diperjual-belikan, untuk kesenangan atau keuntungan pribadi tetapi lahan dianggap sumber daya milik bersama, layaknya air dan udara, yang harus dilestarikan dan dipelihara dengan mempertimbangkan secara tepat dampaknya terhadap masyarakat sebagai keseluruhan dan pada kondisi saat sumber daya alam milik bersama akan diwariskan pada generasi mendatang (Anthony dan Snyder, 1989).

Menurut Yunus (2000) semakin tinggi aksesibilitas suatu lokasi semakin tinggi pula harga tanah. Sedangkan menurut Siswanto (2007) bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi harga tanah pada suatu lokasi adalah jarak dan kualitas lingkungan. Jarak yang dimaksud yaitu kemudahan menuju tempat kerja, pusat perdagangan, lokasi terminal terdekat, tempat-tempat

aktivitas lainnya seperti sekolah, klinik pengobatan. Sedangkan kualitas lingkungan yaitu kondisi permukiman, kepadatan perumahan dan kualitas lingkungan lainnya.

Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, serta menganalisa informasi-informasi yang kaitannya dengan permukaan bumi (Prahasta, 2002). Istilah SIG yaitu gabungan dari ketiga unsur pokok yaitu sistem, informasi, dan geografi.

Subsistem yang dimiliki oleh SIG yaitu data *input*, data *output*, data *management*, data manipulasi dan analisis (Wibowo, 2015). Penjelasannya sebagai berikut:

- a. Data *input*: Subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan data atribut dari berbagai sumber.
- b. Data *output*: Subsistem ini menghasilkan output seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.
- c. Data *management*: Subsistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun atribut ke dalam basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, dan diedit.
- d. Data manipulasi dan analisis: Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu juga dapat manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

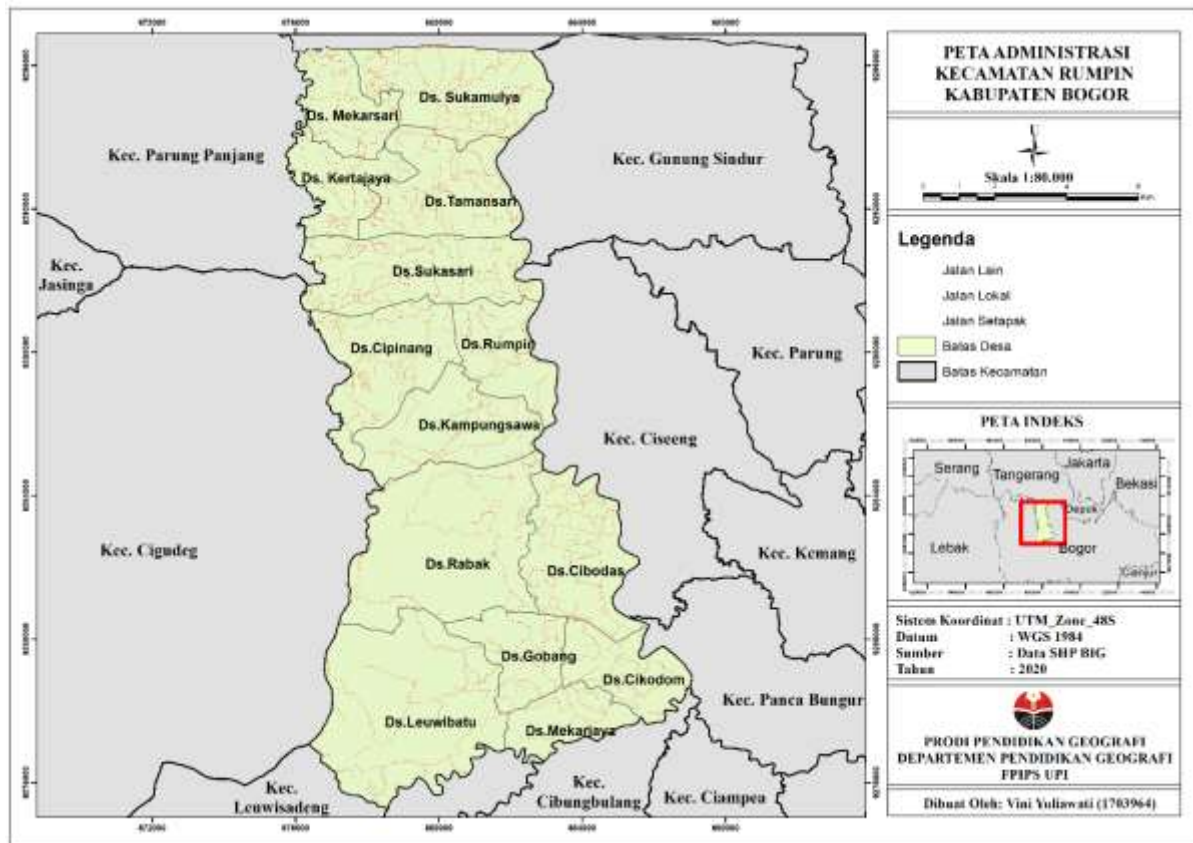
Penelitian dilakukan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor. Kecamatan Rumpin memiliki luas sekitar 13.708,57 hektar (Gambar 1). Adapun batas administratif :

- a. Sebelah Utara : Kecamatan Parungpanjang
- b. Sebelah Barat : Kecamatan Cigudeg
- c. Sebelah Selatan : Kecamatan Leuwisadeng dan Kecamatan Cibungbulang
- d. Sebelah Timur : Kecamatan Ciseeng

Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode studi pustaka yaitu berkaitan dengan kajian teoritis dan referensi lain yang berkaitan dengan nilai, budaya dan norma yang berkembang pada situasi sosial yang diteliti. Selain itu studi pustaka sangat penting dalam melakukan penelitian, hal ini dikarenakan penelitian tidak akan lepas dari literatur-literatur ilmiah (Isnaeni, 2017). Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif adalah bentuk penelitian dimana peneliti dalam mengumpulkan dan menganalisis data menjadi bagian dari proses penelitian sebagai partisipan bersama informan yang memberikan data (Wahidmurni, 2017a). Pendekatan kuantitatif adalah suatu cara yang digunakan untuk menjawab suatu masalah penelitian yang berkaitan dengan data berupa angka dan program statistik (Wahidmurni, 2017b).

Alat dan bahan yang digunakan yaitu *shapefile* Badan Informasi Geospasial dan *software* ArcMap 10.3 untuk pemrosesan Sistem Informasi Geografis.



Gambar 1. Peta Administrasi Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor.

Analisis Data

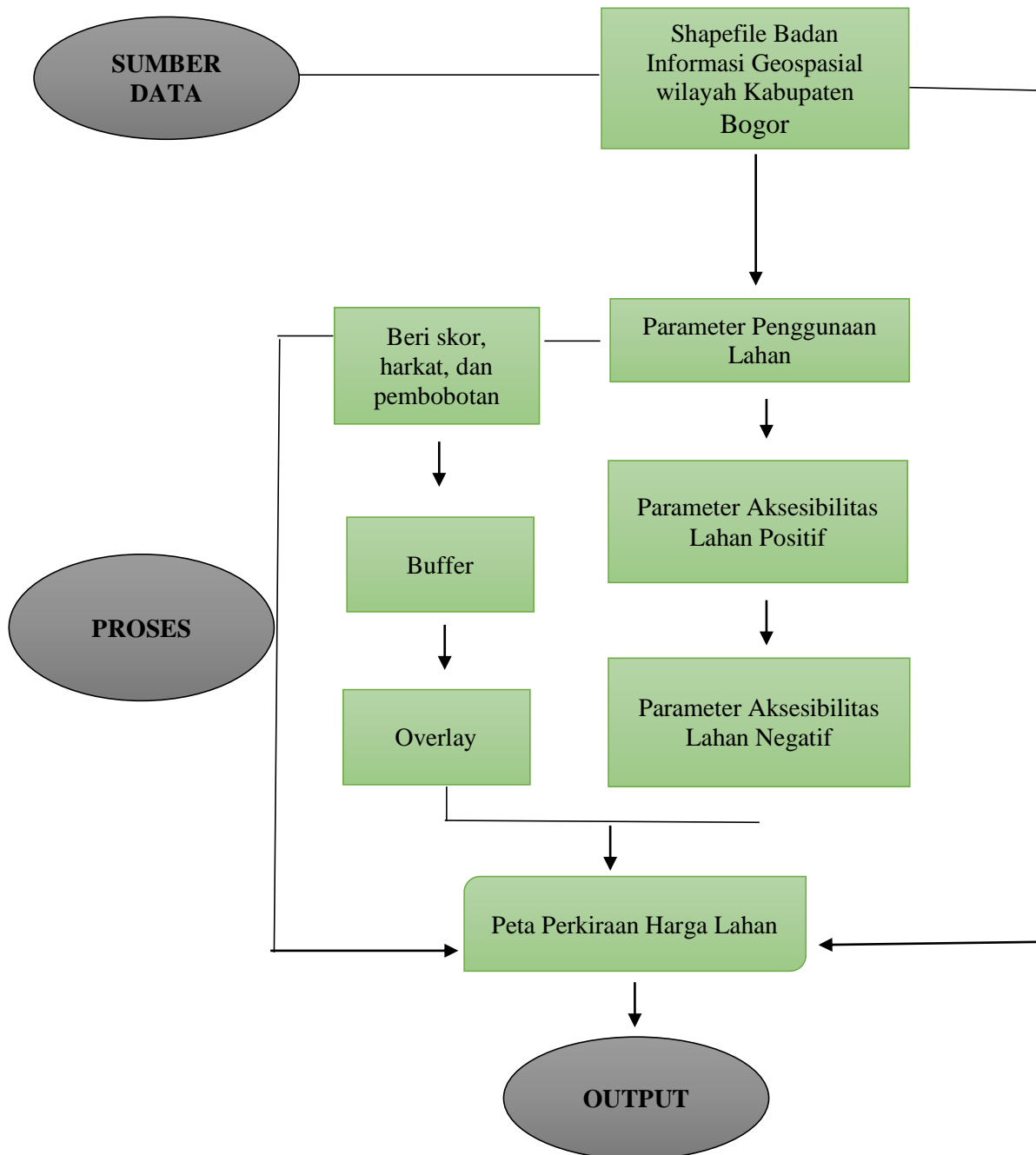
Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan seperti menyiapkan sumber data, tahap pemrosesan data dan tahap analisis yang dapat dilihat pada Gambar 2. Adapun Tabel 1 – 4 merupakan parameter yang digunakan dalam proses pengharkatan dan pembobotan pada penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi dan harkat penggunaan lahan (Hidayati, 2013).

No	Penggunaan Lahan	Kelas	Harkat
1	Perdagangan dan Jasa	I	4
2	Permukiman dan Industri	II	3
3	Lahan Kosong	III	2
4	Sawah dan Tegalan	IV	1

Tabel 2. Klasifikasi dan harkat aksesibilitas lahan positif (Hidayati, 2013).

No	Aksesibilitas Lahan Positif	Kriteria (m)	Kelas	Harkat
1	Jarak terhadap jalan arteri	<50	I	4
		50-150	II	3
		150-500	III	2
		>500	IV	1
2	Jarak terhadap jalan kolektor	<50	I	4
		50-150	II	3
		150-500	III	2
		>500	IV	1
3	Jarak terhadap jalan lokal	<50	I	4
		50-150	II	3
		150-500	III	2
		>500	IV	1
4	Jarak terhadap lembaga pendidikan	<200	I	3
		200-500	II	2
		500	III	1
		>500		
5	Jarak terhadap lembaga pemerintahan	<200	I	3
		200-500	II	2
		500	III	1
		>500		



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

Tabel 3. Klasifikasi dan Aksesibilitas Lahan Negatif (Hidayati, 2013).

No	Aksesibilitas Lahan Negatif	Kriteria (m)	Kelas	Harkat
1	Jarak terhadap sungai	<200	I	2
		>200	II	1
2	Jarak terhadap sumber pousi	<200	I	2
		>200	II	1
3	Jarak terhadap kuburan	<200	I	2
		>200	II	1

Tabel 4. Nilai bobot faktor penentu harga lahan (Hidayati, 2013).

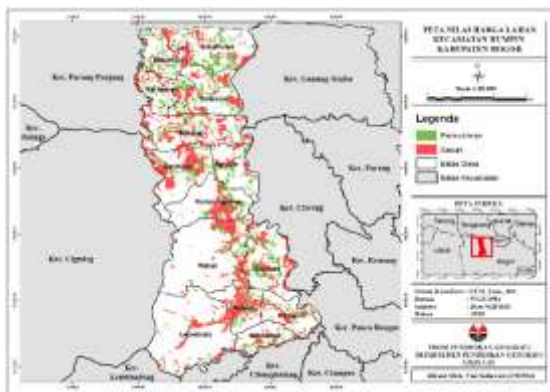
No	Faktor penentu Harga Lahan	Nilai Bobot
1	Penggunaan Lahan	3
2	Aksesibilitas Lahan Positif	2
3	Aksesibilitas Lahan Negatif	-1
4	Kelengkapan Fasilitas Umum	1

Hasil dan Pembahasan

Parameter Penggunaan lahan

Penggunaan lahan yaitu sebagai dampak dari segala kegiatan manusia di atas muka bumi yang dipengaruhi dengan keadaan alam serta kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat suatu wilayah (Hanifati, 2016).

Berdasarkan klasifikasi dan harkat penggunaan lahan yang terdapat pada Tabel 1, untuk pembuatan peta parameter penggunaan lahan terdiri dari beberapa penggunaan lahan, di sini penulis membuat peta parameter penggunaan lahan yaitu pemukiman dan sawah dengan masing-masing telah diberi pengharkatan dan pembobotan.



Gambar 3. Peta penggunaan lahan.

Faktor yang paling berpengaruh terhadap tinggi rendahnya harga lahan salah satunya yaitu penggunaan lahan. Jarak lahan dengan pusat kegiatan manusia semakin dekat maka harga lahan semakin tinggi. Selain itu penggunaan lahan memiliki hubungan yang erat dengan harga lahan, karena lahan dapat dipengaruhi dari kesuburan dan lokasi lahan tersebut. Lahan yang subur dapat memberikan *output* yang lebih besar pula, sehingga dapat memberikan harga lahan yang lebih tinggi.

Peta penggunaan lahan yang terdapat pada Gambar 3. menunjukkan adanya lahan pemukiman dan sawah dengan masing-masing telah diberikan pengharkatan dan

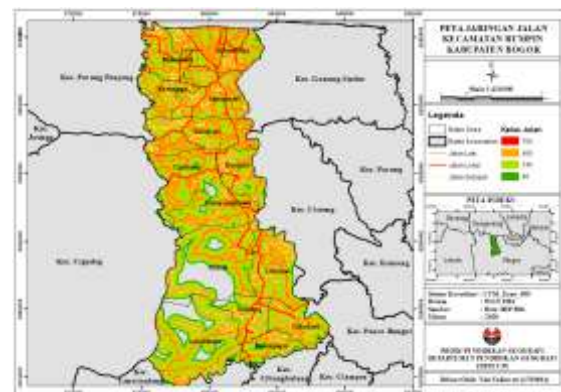
pembobotan. Sehingga dapat menentukan faktor penyebab tinggi atau rendahnya suatu lahan. Penggunaan sawah memiliki luas 23 ha dan lahan permukiman memiliki luas 15 ha.

Parameter Aksesibilitas Lahan Positif

1. Jaringan Jalan

Kondisi jalan menentukan tingkat kenyamanan pengguna jalan pada suatu perumahan. Selain itu dengan adanya parameter jalan, ketersediaan angkutan umum akan memberikan kemudahan bagi penghuni perumahan dalam melakukan pencapaian terhadap tempat-tempat untuk melakukan aktifitas serta memnuhi kebutuhannya. Dilihat dari kondisi jalan yang baik dapat memberikan tingkat pelayanan yang lebih baik bagi masyarakat dalam berlalu lintas.

Pada Gambar 4 menunjukkan peta jaringan jalan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor yang telah dilakukan proses pengharkatan, *buffering* dan pembobotan. Warna merah dengan jarak terhadap jalan 750 m, warna *orange* dengan jarak terhadap jalan 450 m, warna hijau muda dengan jarak terhadap jalan 145 m, dan warna hijau tua dengan jarak terhadap jalan 45 m.



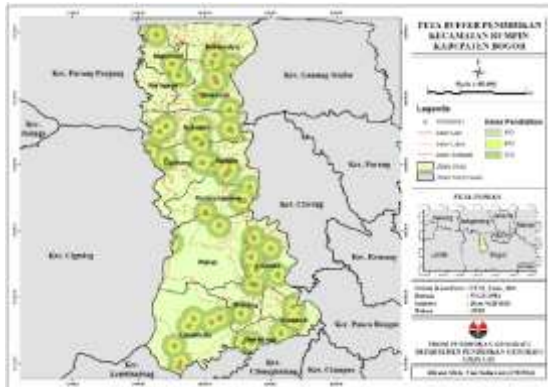
Gambar 4. Peta Jaringan Jalan.

Masing-masing kelas jalan tersebut dari hasil pengharkatan dan pembobotan. Sehingga mendapatkan informasi jarak terhadap jalan dengan menghasilkan kelas jalan. Pada jarak 45 m memiliki luas 32 km², jarak 145 m memiliki luas 36 km²,

jarak 450 m memiliki luas 55 km², dan jarak 750 m memiliki luas 6 km².

2. Pendidikan

Pendidikan merupakan salah satu faktor penting sehingga keberadaannya dapat diharapkan banyak masyarakat agar dapat mendidik anaknya dengan masuknya ke sekolah atau perguruan tinggi di sekitar rumahnya.



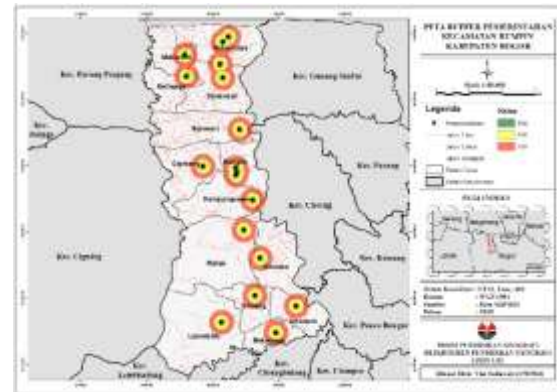
Gambar 5. Peta Buffer Pendidikan.

Pada Gambar 5 menunjukkan peta buffer pendidikan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor yang telah dilakukan proses *buffering*, pembobotan, serta pengharkatan. Terdapat tiga kelas dengan masing-masing telah terdapat jarak terhadap lembaga pendidikan. Warna hijau muda dengan jarak terhadap pendidikan 180 m, warna kuning dengan jarak terhadap pendidikan 450 m, dan warna hijau tua dengan jarak terhadap pendidikan yaitu 750 m. Masing-masing kelas pendidikan tersebut dari hasil pengharkatan, pembobotan, dan *buffering*. Sehingga mendapatkan informasi jarak terhadap pendidikan dengan menghasilkan kelas jalan. Jarak 180 m memiliki luas 5 km², jarak 450 m memiliki luas 22 km², dan jarak 750 m memiliki luas 33 km².

3. Pemerintahan

Pemerintahan merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan peta estimasi harga lahan, karena dengan adanya lembaga pemerintahan dekat dengan perumahan, masyarakat akan lebih mudah untuk mengurus pengarsipan seperti

lembaga pemerintahan kantor camat, bank, dan lain sebagainya.



Gambar 6. Peta Buffer Pemerintahan.

Gambar 6 menunjukkan peta *buffer* pemerintahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor yang telah dilakukan proses *buffering*, pengharkatan, dan pembobotan. Terdapat tiga kelas dengan masing-masing telah terdapat jarak terhadap lembaga pemerintahan. Warna hijau dengan jarak terhadap lembaga pemerintahan 190 m, warna kuning dengan jarak terhadap lembaga pemerintahan 450 m, dan warna merah dengan jarak terhadap lembaga pemerintahan 750 m. Masing-masing kelas pemerintahan tersebut dari hasil pengharkatan, pembobotan, dan *buffering*. Jarak 190 m memiliki luas 2 km² jarak 450 m memiliki luas 8 km², dan jarak 750 m memiliki luas 17 km².

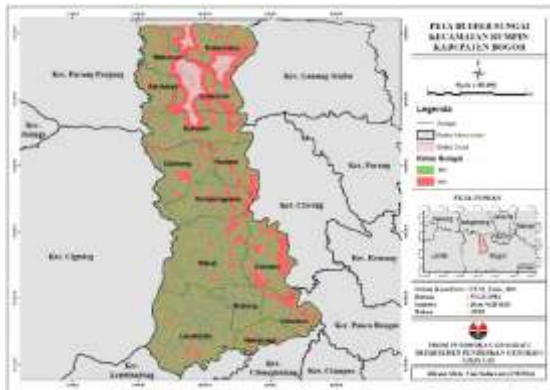
Parameter Aksesibilitas Lahan Negatif

1. Sungai

Jarak lahan terhadap sungai semakin jauh lebih diminati oleh masyarakat, karena jauh dari risiko yang tidak diinginkan seperti dampak dari bahaya sungai yang akan menimbulkan seperti banjir. Sehingga parameter sungai tidak menguntungkan bagi suatu lahan karena dapat memberikan dampak negatif.

Gambar 7 menunjukkan peta *buffer* sungai di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor yang telah dilakukan proses *buffering*, pengharkatan, dan pembobotan. Terdapat dua kelas dengan masing-masing telah

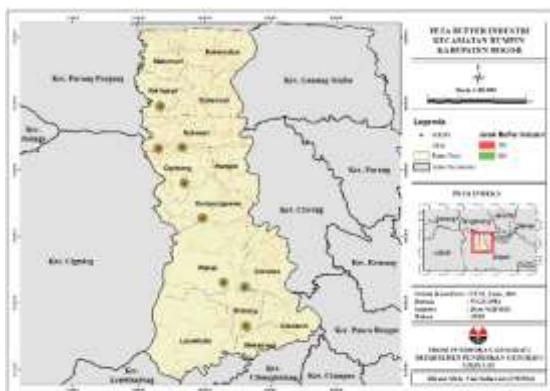
terdapat jarak terhadap sungai. Warna hijau dengan jarak terhadap sungai 190 m, warna merah dengan jarak terhadap sungai 500 m. Masing-masing kelas sungai tersebut dari hasil pengharkatan, pembobotan, dan *buffering*. Sehingga mendapatkan informasi jarak terhadap sungai dengan menghasilkan kelas sungai. Jarak 190 m memiliki luas 109 km² dan jarak 500 m memiliki luas 25 km².



Gambar 7. Peta Buffer Sungai.

2. Sumber Polusi/ Industri

Parameter lainnya yang termasuk pada aksesibilitas lahan negatif yaitu sumber polusi/ industri. Industri menjadi sumber polusi yang tidak menguntungkan bagi suatu lahan karena memberikan dampak negatif. Dengan adanya industri sebagai sumber polusi pada perumahan di sekitarnya dapat membuat ketidnyamanan untuk memilih lahan di wilayah dekat dengan industri.



Gambar 8. Peta Buffer Industri.

Gambar 8 menunjukkan peta *buffer* industri di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor yang telah dilakukan proses *buffering*,

pengharkatan, dan pembobotan. Terdapat dua kelas dengan masing-masing telah terdapat jarak terhadap industri. Warna merah dengan jarak terhadap industri 190 m, warna hijau dengan jarak terhadap industri 500 m. Masing-masing kelas industri tersebut dari hasil pengharkatan, pembobotan, dan *buffering*. Jarak 190 m memiliki luas 0,91 km² dan jarak 500 m memiliki luas 0,135 km².

3. Makam

Jarak terhadap makam semakin jauh diminati oleh masyarakat, karena jauh dari risiko yang tidak diinginkan karena bergubungan dengan faktor psikologis manusia sehingga membuat ketidnyamanan untuk memilih lahan di wilayah dekat dengan makam. Parameter makam tidak menguntungkan bagi suatu lahan karena memberikan dampak negatif.



Gambar 9. Peta Buffer Makam.

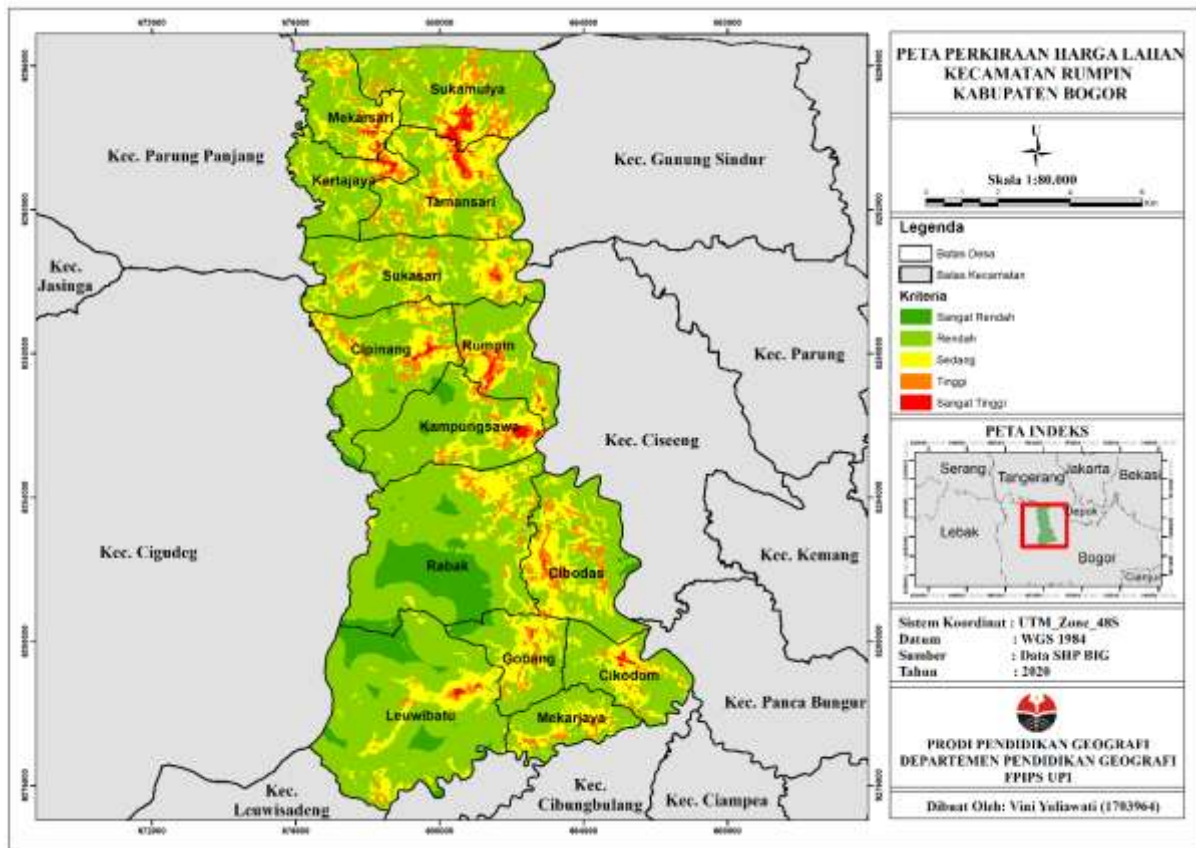
Pada Gambar 9 menunjukkan peta *buffer* makam di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor yang telah dilakukan proses *buffering*, pengharkatan, dan pembobotan. Terdapat dua kelas dengan masing-masing telah terdapat jarak terhadap makam. Warna merah dengan jarak terhadap makam 190 m, warna hijau dengan jarak terhadap makam 500 m. Masing-masing kelas makam tersebut dari hasil pengharkatan, pembobotan, dan *buffering*. Jarak 190 m memiliki luas 0,22 km², dan jarak 300 m memiliki luas 0,28 km².

Perkiraan Harga Lahan

Pemetaan perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor sangat diperlukan, mengingat kenaikan harga lahan sangat pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Pemetaan harga lahan menggunakan parameter penggunaan lahan yaitu sawah, pemukiman, industri dengan masing-masing memiliki kelas dan harkat untuk menghasilkan data.

Untuk menentukan suatu nilai lahan perlu adanya klasifikasi dan harkat aksesibilitas lahan positif seperti jalan, pendidikan, dan kantor pemerintahan dengan masing-

masing telah memiliki kriteria yaitu dari < 50, 50 - 150, 150 - 500, > 500 dengan kelas dan harkat yang telah ditentukan. Lalu selain aksesibilitas lahan positif juga harus memperhatikan aksesibilitas lahan negatif yang juga telah memiliki kriteria yaitu dari < 200 dan > 200 dengan kelas dan harkat yang telah ditentukan. Selanjutnya agar menghasilkan beberapa kriteria harga lahan tentunya menggunakan nilai bobot faktor penentu harga lahan yaitu Penggunaan Lahan (3), Aksesibilitas Lahan Positif (2), Aksesibilitas Lahan Negatif (-1). Peta perkiraan harga lahan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Perkiraan Harga Lahan.

Harga lahan kelas I (sangat tinggi) yang memiliki nilai lahan sangat tinggi. harga lahan kelas I terdapat di sepanjang jalan lokal dan jalan arteri dengan memiliki luas lahan 9,74 km². Hal ini dipengaruhi karena di Kecamatan Rumpin terdapat fasilitas pendidikan, pemerintahan, dan memiliki jaringan jalan yang strategis karena letaknya dekat dengan jalan lokal dan jalan

arteri, serta memiliki fasilitas tersedia yang lengkap.

Harga lahan kelas II (tinggi) yang memiliki luas lahan 5,36 km² yang persebarannya terdapat di seluruh desa Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor. Hal ini karena penggunaan lahan yang mendominasi

adalah permukiman serta fasilitas yang memadai.

Harga lahan kelas III (sedang) yang memiliki luas lahan 20,94 km². Hal ini karena memiliki lahan yang letaknya berdekatan dengan sungai maupun makam, namun di sisi lain pemukimannya pun mendukung.

Harga lahan kelas IV (rendah) yang memiliki nilai lahan yang rendah, hal ini dipengaruhi karena tempat tersebut merupakan lahan yang kurang menguntungkan, seperti lahan yang letaknya dekat dengan sungai dengan kemungkinan besar lahan tersebut akan tergenang banjir saat musim hujan ataupun letaknya dekat dengan sumber polusi seperti industri akan menyebabkan pencemaran udara dan kebisingan yang membuat kenyamanan menjadi terganggu, sehingga harga lahan menjadi rendah. Lahan rendah memiliki luas 65,08 km².

Harga lahan kelas V (sangat rendah) yang memiliki nilai lahan sangat rendah dengan mayoritas terdapat di Desa Rabak dengan memiliki luas lahan 37,82 km². Hal ini juga dipengaruhi karena banyak lahan yang memiliki aksesibilitas negatif yaitu di pinggir sungai, berdekatan dengan makam yang dapat mengganggu psikologi, dan berdekatan dengan sumber polusi karena dapat mengganggu kenyamanan.

Peta perkiraan harga lahan di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor terdapat 14 desa dengan mayoritas memiliki harga rendah dan minoritas harga lahan sangat tinggi. Namun seiring berjalannya waktu harga tanah akan mengalami perkembangan jika banyak faktor pemicu yang meningkatnya harga tanah serta adanya perpindahan fasilitas umum ke desa lain yang dapat menyebabkan perubahan harga tanah menjadi tinggi.

Kesimpulan

Dari penelitian ini dihasilkan beberapa kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kecamatan Rumpin memiliki luas sekitar 138,9585 km², menghasilkan informasi perkiraan harga lahan dengan terbagi menjadi 5 kelas yaitu Lahan Sangat Rendah memiliki luas 37,82 km², Lahan Rendah memiliki luas 65,08 km², Lahan Sedang memiliki luas 20,94 km², Lahan Tinggi memiliki luas lahan 5,36 km², dan Lahan Sangat Tinggi memiliki luas lahan 9,74 km².
2. Parameter yang paling berpengaruh terhadap tinggi rendahnya harga lahan yaitu penggunaan lahan, karena jarak lahan dengan pusat kegiatan manusia berdekatan maka harga lahan akan semakin tinggi. Selain itu jarak dari pusat pelayanan, fasilitas kota yang mempengaruhi harga lahan. Semakin strategis lokasi lahan dengan kota maka harga lahan semakin tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengambilan data baik dari jurnal maupun artikel ilmiah lainnya, serta dosen yang telah memberikan saran dan bimbingan dalam pembuatan jurnal ilmiah ini khususnya bimbingan peta.

Daftar Pustaka

- Anthony, J. C. dan Snyder, C. 1989. *Perencanaan Kota Edisi Kedua*. Erlangga. Jakarta.
- Fachrozy, A. P., Agus, F. dan Arifin, Z. 2016. *Sistem Informasi Geografi Pemetaan Zona Nilai Tanah Kota Samarinda Menggunakan Framework Pmapper*. Jurnal Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FPMIPA Unmul Vol. 1

- No. 1 Juli 2016, Samarinda, Indonesia.
- Hanifati, S. F. 2016. *Analisis Nilai Lahan di Kecamatan Mantrijeron Kota Yogyakarta Dengan Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hidayati, I. N. 2013. *Analisis Harga Lahan Berdasarkan Citra Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi*. Jurnal Pendidikan Geografi. 13(1), pp.57-71.
- Isnaeni, L. P. 2017. *Bab III Metode Penelitian*. UNPAS
- Prahasta, E. 2002. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Informatika. Bandung.
- Siswanto, E. 2007. *Kajian Harga Lahan dan Kondisi Lokasi Lahan Pemukiman di Kecamatan Arga Makmur Kabupaten Bengkulu Utara*. Tesis, Universitas Diponegoro.
- Wahidmurni. 2017a. *Pemaparan Metode Penelitian Kualitatif*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Wahidmurni. 2017b. *Pemaparan Metode Penelitian Kuantitatif*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Wibowo, K. M., Kanedi, I. dan Jumadi, J. 2015. *Sistem Informasi Geografis (SIG) Menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara di Provinsi Bengkulu Berbasis Website*. Jurnal Media Infotama 11(1), pp.51-60.
- Yunus, H. S. 2000. *Struktur Tata Ruang Kota*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

ANALISIS *GROUND VIBRATION* AKIBAT LEDAKAN PADA TAMBANG NIKEL DI PT. VALE INDONESIA, TBK

A. Al'Faizah Ma'rief^{1*}, Miranda²

¹Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia.

²Universitas Veteran Republik Indonesia, Makassar, Indonesia.

*Corresponding author. Email: alfaizah.marief@universitasbosowa.ac.id

Manuscript received: 15 August 2020; Received in revised form: 28 September 2020; Accepted: 13 October 2020

Abstrak

Ground vibration adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah yang bersumber dari suatu energi yang berasal dari alam dan adanya aktivitas peledakan yang dilakukan oleh manusia. Selama ini *ground vibration* dianggap sebagai *waste energy* yang dapat merusak dan menjadi isu terhadap lingkungan di sekitar area tambang. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah bahan peledak yang digunakan terhadap *ground vibration* yang dihasilkan dan perbandingan akurasi *ground vibration* aktual dan prediksi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pengambilan data langsung dari lapangan berupa pengukuran *burden*, *spacing*, ke dalam lubang ledak kemudian dihitung berdasarkan persamaan R.L. Ash sehingga memperoleh nilai *powder factor* (PF), banyaknya penggunaan bahan peledak dan berat isian bahan peledak. Pengambilan data jarak lokasi, perhitungan *scaled distance* (SD), konstanta (K) dan perhitungan *peak particle velocity* (PPV) menggunakan rumus USBM Oriard ' sehingga memperoleh nilai PPV prediksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *ground vibration* sangat dipengaruhi oleh jumlah bahan peledak yang digunakan untuk PF 0,11 dengan jumlah muatan 933 kg nilai PPV yang dihasilkan 1,28 mm/s sedangkan untuk PF 0,28 dengan jumlah muatan 2182 kg nilai PPV yang dihasilkan 4,62 mm/s, Jadi semakin besar jumlah bahan peledak yang digunakan maka intensitas *ground vibration* yang dihasilkan akan semakin meningkat. Perbandingan akurasi *ground vibration* aktual dan prediksi diperoleh persentase rata – rata 1,32%.

Kata kunci: bahan peledak; *ground vibration*; peledakan; *Peak Particle Velocity* (PPV); *Powder Factor* (PF).

Abstract

Ground vibration is a wave that moves in the ground which comes from an energy originating from nature and the existence of blasting activities carried out by humans. Ground vibration currently consider as waste energy which it can infere and be an issue to the environment. This study aims to determine, the effect of the amount of explosives used on the resulting ground vibration and comparison of ground Actual vibration with prediction. The research method used is a quantitative method with data collection in the field in the form of data *burden*, *spacing*, the depth of the blast hole then processed based on the R.L. Ash equation and produces a Powder Factor (PF) value and the amount of use of explosives. Retrieval of location distance data and calculation of scaled distance (SD), constant (K) and peak particle velocity (PPV) calculations using the USBM Oriard 'Formula and yields the explosive charge value and the predicted PPV value. The output of this study shows that ground vibration are strongly influenced by the amount of explosives used for the Powder Factor (PF) of 0.11 with a total load of 933 kg resulting in PPV value of 1.28 mm/s while for PF 0.28 with a total load of 2182 kg the value of PPV produced 4.62 mm/s, so the greater the amount of explosives used, the intensity of the

ground vibration produced will increase. Comparison of actual and predicted ground vibration obtained quite a difference with an average percentage value of 1.32%.

Keywords: blasting; explosives, ground vibration; Peak Particle Velocity (PPV); Powder factor (PF).

Pendahuluan

PT. Vale Indonesia, Tbk. merupakan adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan sebagai penghasil bijih nikel terbesar di Indonesia. Perusahaan ini terletak di daerah Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Sistem penambangan yang berlaku menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) (Azizi dkk., 2019).

PT. Vale Indonesia, Tbk. dalam pembongkaran material menggunakan teknik yang lazim disebut teknik peledakan (Susanti dan Cahyadi, 2011). Sebelum melakukan kegiatan peledakan, pemboran merupakan langkah yang dilakukan terlebih dahulu. Langkah ini bertujuan untuk menyiapkan lubang tembak untuk keperluan peledakan (Do Rosario dkk., 2015). Ada pun peledakan bertujuan untuk melepaskan material dari batuan induk yang umumnya keras dan kompak (*massive*) (Ramadana dan Kopa, 2018).

Kegiatan dari proses peledakan akan menimbulkan dampak berupa getaran tanah (*ground vibration*) (Yudiwan dkk., 2016). *Ground vibration* adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah yang bersumber dari suatu energi (Ma'rief dkk., 2020). Energi tersebut dapat bersumber dari alam, seperti gempa bumi atau kegiatan peledakan yang dilakukan oleh manusia (Cahyadi dan Kapa, 2018). Selama ini getaran tanah dianggap sebagai *waste energy* yang dapat merusak dan menjadi isu terhadap lingkungan di sekitar area tambang.

Ground vibration pada tingkat tertentu dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan sekitarnya apabila melampaui batas. Dampak yang dapat ditimbulkan dari

aktivitas peledakan hendaknya lebih diperhatikan sehingga tidak berdampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya.

Pengkajian kegiatan peledakan pada penambangan adalah salah satu hal penting dalam merencanakan suatu pekerjaan tambang. Hal ini sebab berkaitan dengan sisi teknis dan ekonomis suatu proyek.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif. Data yang diperlukan mencakup data primer dan sekunder:

1. Data primer berasal dari perhitungan serta observasi di lapangan seperti data hasil pengukuran geometri seperti *spacing* (S), *burden* (B) dan kedalaman lubang ledak (H), kemudian dihitung dengan menggunakan rumus R.L. Ash sehingga memperoleh nilai *powder factor* (PF), jumlah penggunaan bahan peledak dan berisi isian bahan peledak. Sedangkan untuk data Nilai PPV dapat dihitung menggunakan persamaan USBM Oriard' *Formula* dimana data yang digunakan adalah data hasil pengukuran jarak lokasi peledakan kemudian menghitung nilai konstanta (K) dan *scaled distance* (SD) sehingga mendapatkan nilai berat isian dan nilai PPV prediksi.
2. Data sekunder berasal dari perusahaan yakni data spesifikasi bahan peledak, curah hujan, batuan, peta dan lokasi penambangan, topografi dan morfologi.

Data penelitian kemudian diolah menggunakan perhitungan statistik menggunakan persamaan R.L. Ash dan perhitungan menggunakan USBM Oriard' *Formula* (Sundoyo, 2015).

Hasil dan pembahasan

Hasil Perhitungan Data Geometri Peledakan di Lapangan

Pengukuran data geometri di lapangan dilakukan di tiga lokasi yaitu Konde Central, Anoa North dan Petea. Geometri dalam peledakan merupakan salah satu dasar penentu dalam memperoleh hasil peledakan. Selain berpengaruh terhadap fragmentasi batuan hasil ledakan, geometri peledakan juga akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan

peledakan, serta getaran yang ditimbulkan oleh kegiatan peledakan. Pada kegiatan peledakan, ada beberapa dasar – dasar geometri yang harus diperhatikan seperti *burden* (B), *spacing* (S), *stemming* (T), kedalaman lubang ledak (H), *subdrilling* (J), tinggi isian (PC) dan *powder factor* (PF). Ada beberapa persamaan yang biasa digunakan dalam menentukan geometri peledakan, antara lain dengan rancangan R.L. Ash (**Tabel 1**).

Tabel 1. Hasil perhitungan geometri peledakan aktual.

Lokasi	B (m)	S (m)	T (m)	H (m)	J (m)	PC (m)	Total Hole	Tonnage (ton)	PF (Kg/m ³)
Konde Central	5	5	2,7 – 5	3,5 – 8	1,5	0,7 – 3	55	18547	0,28
Konde Central	5	5	1 – 5	2 – 8,5	1,5	1 – 3,5	51	15295	0,28
Anoa North	5	5	2 – 5	3,5 – 8	1,5	1 – 3	67	39362	0,11
Anoa North	5	5	2,5 – 5	3,5 – 8	1,5	1 – 3	87	31920	0,12
Petea	5	5	3 – 5	4 – 8	1,5	1 – 3	33	19488	0,11
Petea	5	5	2,5 – 4,5	3,5 – 7,5	1,5	1 – 3	61	28056	0,13

Produksi peledakan dinyatakan dengan PF dan massa batuan terberai. Umumnya rentang kriteria PF untuk peledakan suatu batuan tertentu diketahui berdasarkan data empiris di lapangan. Isian bahan peledak yang digunakan sangat berpengaruh terhadap distribusi ukuran fragment yang dibongkar dan berpengaruh dalam aktivitas penambangan selanjutnya (Simbolan dkk., 2015). PF merupakan suatu bilangan yang menyatakan jumlah material yang diledakkan atau dibongkar oleh bahan peledak dalam jumlah tertentu.

Hasil Perbandingan Ground Vibration Aktual dan Prediksi

PPV prediksi dan aktual dibandingkan untuk mengetahui bisa atau tidaknya hasil analisis yang telah ditetapkan digunakan. PPV adalah kecepatan maksimum yang digunakan untuk menghitung besarnya

getaran yang tergantung pada jarak dari pusat peledakan dengan jumlah bahan peledak per-*delay*. Besar PPV yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan USBM Oriard' *Formula*, dimana nilai konstanta (K) diperoleh dari lokasi peledakan berdasarkan sifat – sifat bahan peledak dari impendansi dari batuan di sekitar lokasi peledakan.

Pengukuran *ground vibration* di lapangan menggunakan alat Blastmate^{III}. Alat ini lazim dikenal sebagai seismograf yang digunakan untuk mengukur dan mencatat getaran. Terdapat 2 hal penting pada alat ini yaitu *geophone* dan *microphone*. *Geophone* digunakan untuk mengukur getaran. Ada pun *microphone* digunakan untuk mengukur kebisingan suara yang dihasilkan. *Geophone* dan *microphone*

dihubungkan ke bagian lain yaitu *instan tel monitor*.

Berikut ini (**Tabel 2**) hasil pengamatan PPV prediksi dan aktual selama di lapangan.

Tabel 2. Hasil perbandingan *ground vibration* aktual dan prediksi.

Lokasi	Hole	Penggunaan Bahan Peledak (kg)	Berat Isian (kg)	Jarak (m)	PPV Prediksi (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)	Akurasi Prediksi (%)	<i>Powder Factor</i> (Kg/m ³)
Konde Central	55	2128	63	300	3.41	4,62	1,2	0,28
Konde Central	51	1817	63	300	3.41	0,42	2.3	0,28
Anoa North	67	1839	42	300	2.47	3,77	1,3	0,11
Anoa North	87	1558	39	300	2.32	4,31	2,0	0,15
Patea	33	933	60	300	3.28	1,28	2,0	0,11
Patea	31	1355	60	300	3.28	1,61	1,7	0,13
<i>Average :</i>							1,32	

Hasil perhitungan PPV aktual pada **Tabel 2** menunjukkan nilai terbesar adalah 4,62 mm/s, jumlah muatan peledak 2128 kg dan PF 0,28. Sedangkan nilai PPV terendah 0,42 mm/s, jumlah mutan peledak 1817 kg dan PF 0,28, dimana nilai PPV yang dihasilkan tidak melebihi standar yang ditetapkan perusahaan yaitu 5 mm/s.

Menurut Sihombing (2013) bahwa terjadinya *ground vibration* disebabkan

oleh 3 faktor yaitu jarak pengukuran dari titik peledakan, jumlah penggunaan bahan peledak dan kondisi alat. Jika dilihat dari hasil perhitungan **Tabel 2** di atas menunjukkan penggunaan bahan peledak yang semakin besar maka hasil *ground vibration* yang ditimbulkan pun ikut membesar. Akurasi prediksi rata – rata *ground vibration* prediksi dan *ground vibration* aktual didapatkan berkisar 1,32%.

Tabel 3. Hasil perhitungan berat isian.

SD	<i>Ground Vibration</i> Aktual (mm/s)	Jarak (D) (m)	Berat Isian (kg)	Konstanta (K)
37,70	4,62	300	63	1140
37,70	0,42	300	63	1140
46,29	3,77	300	42	1140
48,04	4,31	300	39	1140
37,70	1,28	300	65	1140
42,43	1.61	300	63	1140

Nilai *scale distance* (SD) berkaitan dengan *charge weight* atau berat isian bahan peledak. *Charge weight* berbanding lurus dengan *ground vibration* dan berbanding

terbalik pada SD pada jarak yang sama. Semakin besar *charge weight* maka begitu pun *ground vibration* namun SD akan mengecil (**Tabel 3**). Sedangkan hubungan

jarak dengan *ground vibration* berbanding terbalik. *Ground vibration* yang dihasilkan mengecil jika jarak pengukuran dengan lokasi peledakan semakin jauh.

Kesimpulan

Pengaruh jumlah bahan peledak terhadap *ground vibration* sangat berpengaruh karena semakin besar jumlah muatan bahan peledak maka semakin besar pula *ground vibration* yang dapat ditimbulkan dari suatu kegiatan peledakan. Perbandingan PPV aktual dan PPV akurasi prediksi rata – rata diperoleh sebesar 1,32%.

Daftar Pustaka

- Azizi, M.A., Hakim, R.N. dan Nugraha, A.D. 2019. *Optimalisasi Geometri Lereng Tambang Nikel Menggunakan Metode Probabilistik Pad Hill Pit 06, PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan*. Jurnal Geomine. 8(1), 74-79.
- Cahyadi, M.I. dan Kapa, R. 2018. *Peledakan Berdasarkan Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fregmentasi Batuan dan Getaran Tanah pada PT. Koto Alam Sejahtera, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatra Barat*. Jurnal Bima Tambang. 4(1).
- Do Rosario, Da Costa, B., Sari, A.S., Adjie, D.P.W. dan Nahdliyin, A.F. 2015. *Kajian Teknis Pemboran untuk Meningkatkan Target Produksi*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan. ISBN 978-602-98569-1-0.
- Ma'rief, A.A., Qadri, A., Okviyani, N. dan Mahyuni, E.T. 2020. *Analisis Pengaruh Jumlah Bahan Peledak Terhadap Ground Vibration Akibat Ledakan Pada Area Pit SM-A Tambang Batubara PT Sims Jaya, Kalimantan Timur*. Jurnal Geomine. 7(2), 92-100.
- Ramadana, S. dan Kopa, R. 2018. *Analisis Geometri Peledakan Guna Mendapatkan Fragmentasi Batuan Yang Diinginkan Untuk Mencapai Target Produktivitas Alat Gali Muat Pada Kegiatan Pembongkaran Lapisan Tanah Penutup (Overburden) di Pit Menara Utara, PT Arkananta Apta Pratista Job Site PT KPUC, Malinau, Kalimantan Utara*. Jurnal Bima Tambang. 3(4).
- Sihombing, J.R. 2011. *Kajian Teknis Rancangan Peledakan Berdasarkan Pengukuran tanah*. Fakultas Teknologi Mineral, Insitut Teknologi Medan.
- Simbolan, A.A.M., Yani, M. dan Irzaman, I. 2015. *Dampak Kegiatan Peledakan Pertambangan Andesit Terhadap Lingkungan Pemukiman di Gunung Sudamanik, Kecamatan Cigudeng Kabupaten Bogor*. Jurnal Manusia dan Lingkungan Insitut Pertanian Bogor. 22 (1), 135-141.
- Sundoyo. 2015. *Kajian Ground Vibration dari Kegiatan Blasting Dekat dengan Kawasan Pemukiman Untuk Mencapai Kondisi Aman di Penambangan Batubara*. Jurnal Geologi Pertambangan. 1(17), 1-8.
- Susanti, R. dan Cahyadi, T.A. 2011. *Kajian Teknis Operasi Peledakan untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab. Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Seminar Nasional Kebumian, UPN Veteran, Yogyakarta.
- Yudiwan, Y. dan Nugroho, W. 2016. *Analisis Tingkat Getaran Tanah (Ground vibration) Akibat Peledakan di PIT Kinong, PT. Firman Kataun Perkasa, Kecamatan Melak, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, 4(1), 47-53.

KORELASI DATA GEOLISTRIK DAN *ELECTRICAL LOGGING* UNTUK ANALISIS KETEBALAN LAPISAN BATUAN PIROKLASTIK DI DESA WATANG PULU, KECAMATAN SUPPA, KABUPATEN PINRANG

Syarifullah Bundang*, Busthan Azikin, Sultan

Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.

*Corresponding author. Email: bundangsyarifullah@gmail.com

Manuscript received: 23 September 2020; Received in revised form: 13 October 2020; Accepted: 16 October 2020

Abstrak

Penyebaran batuan gunungapi Parepare yang begitu luas di beberapa daerah termasuk Pinrang. Hasil overlay peta geologi dan lokasi penelitian, daerah tersebut tersusun dari Formasi Batuan Gunungapi Parepare (Tppv). Namun masih sangat kurang referensi atau penelitian tentang sebaran batuan gunungapi Parepare secara vertikal. Pengukuran geolistrik tahanan jenis (resistivitas) dan pengukuran *electrical logging* (log SP dan resistivitas) merupakan gabungan metode geofisika yang bisa digunakan untuk melihat secara detail kondisi penyebaran vertikal litologi batuan. Dengan melakukan korelasi data geolistrik dan *electrical logging* maka akan mempermudah untuk menginterpretasi ketebalan lapisan batuan piroklastik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis litologi bawah permukaan dan menganalisis ketebalan lapisan batuan piroklastik Formasi Batuan Gunungapi Parepare menggunakan korelasi data geolistrik dan *electrical logging*. Metode yang digunakan adalah pengukuran geolistrik metode *vertical electrical sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger* sebanyak 1 lintasan dan *electrical logging* dengan kedalaman sumur 70 m. Dari hasil pengukuran geolistrik diperoleh nilai resistivitas 193 Ωm - 927 Ωm dengan kedalaman 55,1 m dan hasil pengukuran *electrical logging short* resistivitas yaitu 214 Ωm - 495 Ωm , nilai *long* resistivitas yaitu 281 Ωm - 725 Ωm sedangkan nilai *self potential* (SP) terendah dan tertinggi yaitu 89 mV dan 210 mV. Berdasarkan hasil korelasi data geolistrik dan *electrical logging* diinterpretasikan litologi pada lokasi penelitian terdapat 3 lapisan yaitu lanau pasir (kedalaman 0 – 2,6 m), lempung pasir (kedalaman 2,6 – 7,8 m) dan breksi vulkanik (kedalaman 7,8 – 70 m) dan ketebalan batuan piroklastik pada lokasi penelitian yang merupakan batuan breksi vulkanik yaitu 62,2 m.

Kata kunci: batuan piroklastik; geolistrik; *electrical logging*.

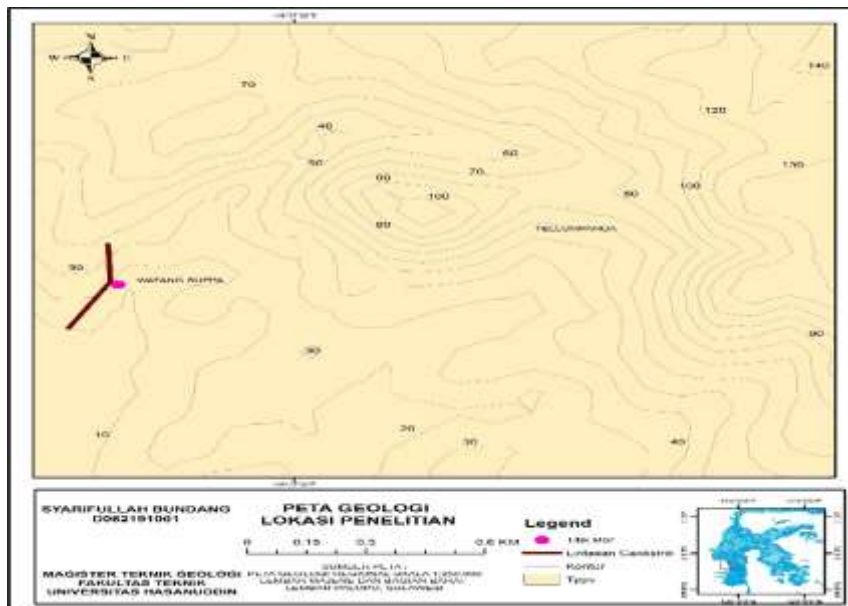
Abstract

Parepare volcanic rock is widely popular in several areas including Pinrang. The results of the geological map overlay and the research location, the area is composed of a Parepare Volcanic Rocks Formation (Tppv). However, there is still a lack of references or research on the vertical distribution of Parepare volcanic rocks. Geoelectric measurements of resistivity and electrical logging measurements (SP logs and resistivity) are a combination of geophysical methods that can be used to see in detail the conditions of rock lithology distribution. By correlating geoelectric data and electrical logging, it will be easier to interpret the thickness of the rock layers. This study aims to analyze the basic lithology and analyze the thickness of the pyroclastic rock layers of the Parepare Volcanic Rock Formation using geoelectric data and electrical logging. The method used is the geoelectric measurement method, the vertical electrical sounding method (VES), Schlumberger analysis of 1 pass and electric logging with a

well depth of 70 m From the results of geoelectric measurements, the resistivity value is $193 \Omega\text{m}$ - $927 \Omega\text{m}$ with a depth of 55.1 m and the measurement results of short resistivity measurements are $214 \Omega\text{m}$ – $495 \Omega\text{m}$, for long resistivity is $281 \Omega\text{m}$ – $725 \Omega\text{m}$ while the the lowest and the highest self potential (SP) value are 89 mV and 210 mV. Based on the results of geoelectric data and electrical logging, the lithology interpreted at the research location there were 3 layers, namely sandy silt (0 – 2.6 m depth), sandy clay (depth 2.6 - 7.8 m) and volcanic breccia (depth 7.8 - 70 m) and the thickness of pyroclastic rocks at research location which is a volcanic breccia rock that is 62.2 m.

Keywords: pyroclastic rocks; geoelectric; electrical logging.

Pendahuluan



Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian (dimodifikasi setelah Djuri dkk., 1998).

Menurut Yuwono (1990), batuan vulkanik Parepare adalah sisa-sisa gunung strato-volcano yang terdiri aliran lava dan breksi piroklastik berumur akhir Miosen. Batuan Gunungapi Parepare yang terdapat di Parepare (piroklastik) maupun yang ada di Pangkajene Sidrap (aliran lava *ignimbrite*), termasuk dalam kerabat batuan *shoshonitic*.

Penyebaran batuan vulkanik Parepare tersebar di beberapa lokasi seperti, menutupi Kota Parepare, bagian Utara Kabupaten Pinrang, bagian Timur Kabupaten Sidrap dan bagian Selatan Kabupaten Barru (Kaharuddin, 2009). Namun masih sangat kurang referensi tentang penyebaran batuan vulkanik Parepare secara vertikal, maka dari itu sangat penting dilakukan penelitian untuk

mengetahui litologi bawah permukaan dari formasi tersebut.

Pengukuran geolistrik tahanan jenis (resistivitas) dan pengukuran *electrical logging* (log SP dan resistivitas) merupakan gabungan metode geofisika yang bisa digunakan untuk melihat secara detail kondisi penyebaran vertikal litologi batuan.

Dengan melakukan korelasi data geolistrik dan *electrical logging* maka akan mempermudah untuk menginterpretasi ketebalan lapisan batuan piroklastik di Desa Watangpulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis litologi bawah permukaan dan ketebalan lapisan batuan piroklastik

pada Formasi Batuan Gunungapi Parepare menggunakan korelasi data geolistrik dan *electrical logging*

Geologi Daerah Penelitian

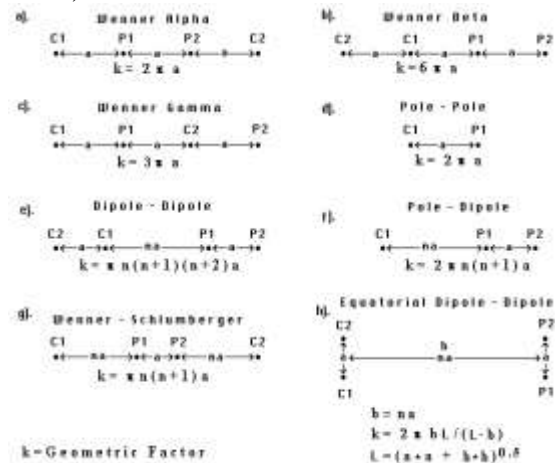
Berdasarkan peta geologi regional, daerah penelitian masuk kedalam peta geologi lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo (Djuri dkk., 1998).

Hasil *overlay* peta geologi dan lokasi penelitian (**Gambar 1**), daerah tersebut tersusun dari formasi, Batuan Gunungapi Parepare (Tppv), yang terdiri dari Breksi gunungapi dengan fragmen trakit dan andesit; batupung, batupasir tufaan, konglomerat dan breksi tufaan; diterobos oleh, retas-retas trakit- andesit (Djuri dkk., 1998).

Geolistrik Tahanan Jenis (Resistivitas)

Metode geolistrik adalah metode yang menggunakan arus listrik untuk mengidentifikasi bawah permukaan dengan beda potensial yang dihasilkan. Metode tersebut dapat digunakan untuk mengukur potensial, arus dan medan elektromagnetik yang alami atau buatan di dalam bumi. Pengukuran bisa dilakukan dalam berbagai variasi sesuai dengan kebutuhan (Telford dkk., 1990).

Beberapa jenis konfigurasi yang sering digunakan dan faktor geometrinya (Loke, 2001)



Gambar 2. Susunan konfigurasi dan faktor geometri (Loke, 2001).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung resistivitas semu adalah:

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

Hasil survei resistivitas memberikan gambaran distribusi nilai resistivitas bawah permukaan. Untuk menginterpretasi gambaran resistivitas bawah permukaan menjadi sebuah gambaran geologi maka diperlukan pengetahuan untuk membedakan tipe dari material bawah permukaan dan kenampakan geologinya berdasarkan nilai resistivitasnya sangat dibutuhkan (Telford dkk., 1990).

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai resistivitas batuan, derajat kekompakan dan besarnya persentase kandungan fluida yang mengisi batuan. Beberapa jenis batuan biasanya memiliki nilai resistivitas yang *overlap*. Hal tersebut disebabkan karena resistivitas dari batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kandungan lempung, ketersediaan air tanah, jenis dan karakteristik fisik batuan, mineralogi batuan. Nilai resistivitas batuan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai- nilai resistivitas batuan (Sedana dkk., 2015).

No.	Jenis Batuan	Resistivitas (Ωm)
1	Lempung	1 – 100
2	Lanau	10 – 200
3	Batu Lumpur	3 – 70
4	Kuarsa	10 – 2 x 10 ⁸
5	Batu Pasir	1 – 1.000
6	Gamping	100 – 500
7	Lava	100 – 5 x 10 ⁴
8	Air Tanah	0.5 – 300
9	Breksi	75 – 200
10	Andesit	100 – 200
11	Tufa	20 – 100
12	Konglomerat	2

Electrical Logging

Metode pengukuran *electrical logging* merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk melihat penyebaran

lapisan bawah permukaan secara vertikal (Umar dan Setiawan, 2017). Prinsip dasar metode tersebut adalah mengukur parameter sifat-sifat fisik dari suatu batuan pada setiap kedalaman secara kontinyu dari sumur pemboran. Adapun sifat-sifat fisik yang dapat diukur adalah potensial listrik batuan, tahanan jenis batuan, radioaktivitas, kecepatan rambat gelombang elastis, kerapatan formasi (densitas), dan kemiringan lapisan batuan, serta kekompakan formasi yang kesemuanya tercermin dari lubang bor.

Batuan Gunungapi Parepare

Menurut Williams dkk. (1982), batuan piroklastik adalah batuan vulkanik klastik yang dihasilkan dari proses letusan gunungapi. Material penyusun tersebut terendapkan dan terkonsolidasi sebelum mengalami transportasi oleh air atau es.

Batuan vulkanik Parepare berada di atas himpunan batuan sedimen dan vulkanosedimenter dari Formasi Camba yang berumur Miosen Bawah – Miosen Atas. Umur relatif vulkanik Parepare yaitu setelah Miosen Atas. Umur dari tufa dan trakit yaitu 4,95 Ma dan 4,25 Ma (Sukanto, 1982) sedangkan menurut Yuwono (1994) hasil analisis K/Ar dan menunjukkan kisaran umur absolut $6,50 \pm 0,32$ Ma sampai dengan $4,57 \pm 0,23$ Ma atau Mio Pliosen. Batuan vulkanik Parepare merupakan produk sisa gunungapi strato-volcano yang terdiri dari tufa berukuran halus - lapilli dan breksi vulkanik dengan fragmen trakitik dan andesitik.

Menurut Irfan dkk. (2014), berdasarkan perbedaan pembentukan batuan dan komposisi fragmen, batuan vulkanik Parepare dapat dikelompokkan dalam tiga litofasies antara lain Lava, Proklastik dan Vulkaniklastik. Fasies lava dan piroklastik berasosiasi dengan proses vulkanik primer, sedangkan vulkaniklastik terkait dengan proses sekunder.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan (**Gambar 3**). Secara astronomis terletak pada koordinat $119^{\circ} 37' 14,60''$ BT dan $03^{\circ} 56' 33,52''$ LS - $119^{\circ} 37' 20,27''$ BT dan $03^{\circ} 56' 33,63''$ LS. Akses menuju lokasi penelitian dapat dicapai baik dengan kendaraan roda 2 ataupun roda 4 dengan jarak tempuh ± 170 km dari Kota Makassar ke arah Utara.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan yang mengkombinasikan antara penelitian kuantitatif dan kualitatif. Metode yang diterapkan yaitu dengan memadukan hasil-hasil kajian pustaka, penelitian terdahulu dan data lapangan, yang keseluruhannya dikaji, dianalisis, untuk mendefinisikan kesimpulan tentang kondisi bawah permukaan formasi batuan gunungapi Parepare di Desa Watangpulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini yaitu data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi lapangan berupa pengamatan secara fisik singkapan batuan, pengukuran geolistrik resistivitas metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) dengan konfigurasi *Schlumberger*, sebanyak 1 lintasan dengan panjang 400 dan pengukuran *Electrical Logging* (Log SP dan Resistivitas) pada sumur dengan

kedalaman 70 m. Sedangkan untuk data sekunder diperoleh dengan melakukan dengan pengumpulan data atau referensi tentang geologi daerah penelitian.

Metode analisis data pada penelitian ini untuk singkapan batuan dilakukan analisis secara megaskopis untuk menentukan jenis batuan singkapan, analisis data resistivitas dari pengukuran geolistrik *Electrical Sounding* (VES) menggunakan *Software* IP2WIN. Analisis data dari hasil pengukuran *Electrical Logging* (Log SP dan Resistivitas) menggunakan *Software* *Microsoft Excel* untuk menentukan jenis lapisan bawah permukaan dan ketebalan lapisan batuan piroklastik.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Singkapan Batuan

Pada penelitian ini dilakukan analisis pada singkapan batuan di lokasi penelitian yang akan menjadi salah satu acuan untuk melakukan interpretasi bawah permukaan dari pengukuran geolistrik dan *electrical logging*. Setelah dilakukan pengamatan secara langsung dan deskripsi megaskopis pada singkapan batuan (**Gambar 4**) di lapangan, satuan batuan yang dijumpai di daerah penelitian, memiliki ciri fisik, warna segar abu-abu, warna lapuk cokelat, tekstur piroklastik kasar, fragmen berupa andesit dan trakit. Bentuk fragmen *sub-rounded* dengan ukuran (1 cm – 10 cm), matriks berukuran 0.5 mm – 1 mm tuf kasar dan sortasi yang buruk. Berdasarkan klasifikasi WTG dan ciri fisik tersebut dinamakan batuan breksi vulkanik.

Hasil tersebut memperlihatkan adanya keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh Irfan dkk. (2014) pada formasi batuan gunungapi Parepare di daerah Lumpue. Menurut Irfan dkk. (2014) Singkapan breksi vulkanik memiliki ciri fisik, warna abu - abu kehitaman dan warna lapuk coklat kehitaman, tekstur piroklastik kasar, fragmen berupa trakit dan andesit. Fragmen berbentuk angular subrounded dan berukuran 1 – 56 cm. Komponen matriks berupa tufa lapilli. Ukuran fragmen breksi vulkanik yang dijumpai pada fasies ini menunjukkan sortasi buruk karena memiliki ukuran butir yang tidak seragam. Hasil yang relevan juga dari penelitian yang dilakukan oleh Amsah (2016) pada formasi batuan gunungapi Parepare, menurut Amsah (2016) pada kenampakan singkapan lapangan litologi ini memiliki ciri sifat fisik, berwarna segar abu-abu, warna lapuk kecoklatan, tekstur piroklastik kasar yang fragmen tersebut berasal dari batuan beku berupa basalt dengan ukuran fragmen 2 – 40 cm, bentuk fragmen menyudut tanggung, sortasi buruk karena memiliki ukuran butir yang tidak seragam, kemas terbuka karena hubungan antar butirnya tidak saling menyentuh, matriks berupa tufa kasar, dan semen berupa gelas vulkanik, pada umumnya memiliki struktur tidak berlapis. Nama batuan berdasarkan WTG adalah breksi vulkanik. Hasil pengamatan mikroskopik menunjukkan warna absorpsi coklat, warna interferensi coklat kehitaman, tekstur vitrofiri, komposisi material kristal (35%), gelas (15%), dan *rock fragment* (50%).



Gambar 4. Singkapan batuan pada lokasi penelitian.

Analisis Geolistrik Resistivitas

Hasil inversi kurva VES dapat dilihat pada (**Gambar 5**). Interpretasi hasil pengukuran geolistrik dilakukan berdasarkan data nilai resistivitas, singkapan batuan, referensi geologi regional, informasi masyarakat dan literatur tentang geolistrik. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh kurva VES (**Gambar 5b**) dengan nilai resistivitas terendah 193 Ωm dan nilai resistivitas terbesar yaitu 927 Ωm dan penetrasi kedalaman 55,1 m. Berdasarkan kurva VES pada Gambar 5 diinterpretasikan terdapat 3 lapisan (**Tabel 2**), yaitu:

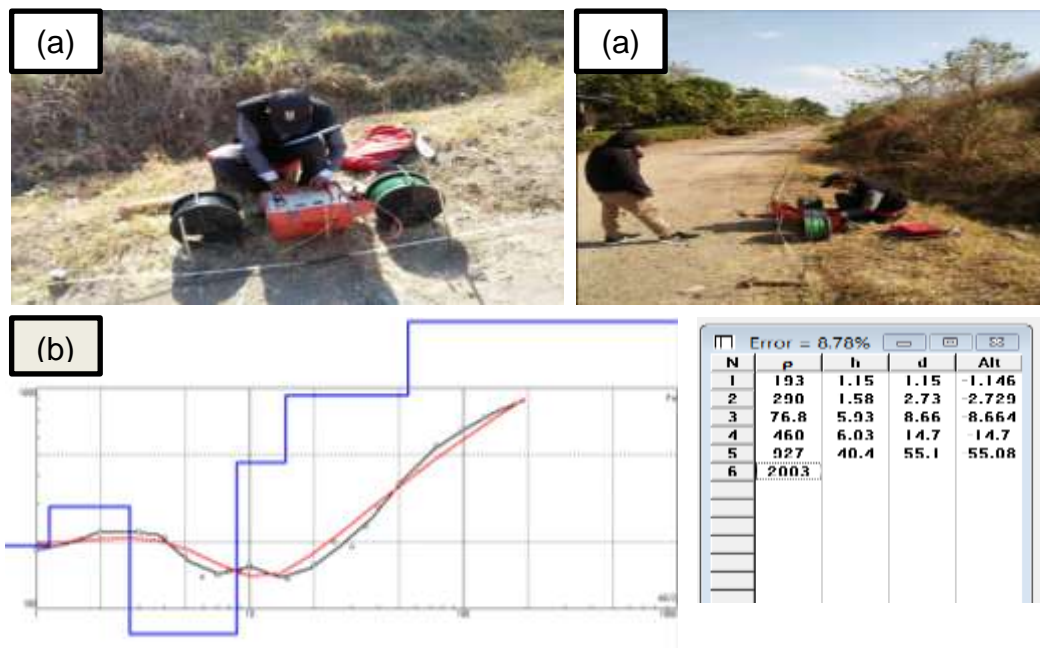
1. Lapisan 1, nilai resistivitas 193 – 290 Ωm dengan ketebalan 2,73 m pada kedalaman 0 – 2,73 m diinterpretasikan sebagai lapisan lanau berpasir (*top soil*). Berdasarkan informasi yang didapatkan pada saat survei lokasi baik itu

singkapan maupun informasi dari masyarakat, daerah lintasan ini merupakan daerah penimbunan.

2. Lapisan 2, nilai resistivitas 76,8 Ωm dengan ketebalan lapisan 5,93 m pada kedalaman 2,73 – 8,66 m diinterpretasikan sebagai lempung. Keberadaan lempung pada daerah tersebut diperkirakan hasil dari pelapukan batuan breksi vulkanik.
3. Lapisan 3, nilai resistivitas 460 Ωm – 927 Ωm dengan ketebalan lapisan 40,4 m pada kedalaman 8,66 – 55,1 m diinterpretasikan sebagai batuan breksi vulkanik. Lapisan ini memiliki ketebalan yang sangat tebal, dimana pada lapisan tersebut memiliki nilai resistivitas yang beragam disebabkan oleh tingkat pelapukan yang berbeda dan keberadaan air tanah serta fragmen pada batuan tersebut.

Tabel 2. Litologi batuan berdasarkan data pengukuran geolistrik resistivitas.

No	Litologi	Resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)
1	Lanau Pasiran	193 – 290	2,73	0 – 2,73
2	Lempung pasiran (Lapukan breksi)	76,8	59,3	2,73 – 8,66
3	Breksi vulkanik	460 – 927	40,4	8,66 – 55,1



Gambar 5. (a) proses akuisisi data dan (b) kurva VES hasil inversi.

Berdasarkan hasil tersebut ketebalan lapisan batuan piroklastik yaitu 40,4 m pada kedalaman 8,66 – 55,1 m dengan nilai resistivitas 460 – 927 Ωm .

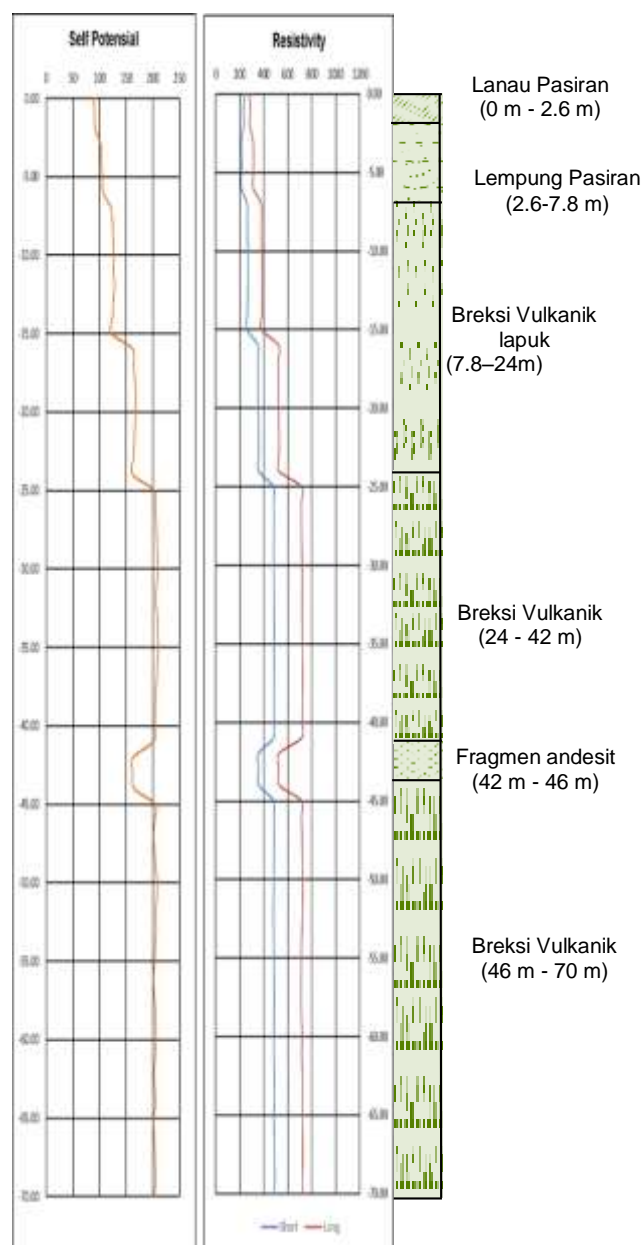
Analisis Data Electrical Logging

Pengukuran *electrical logging* dilakukan di titik pemboran pada koordinat $119^{\circ} 37' 14,96''$ BT dan $03^{\circ} 56' 33,28''$ LS. Pengukuran tersebut dilakukan sampai kedalaman 70 m, pengukuran atau injeksi arus dilakukan setiap 1 meter. Data yang diperoleh dari pengukuran tersebut berupa nilai resistivitas, SP dan kedalaman. Data tersebut kemudian diolah menggunakan *software Microsoft Excell*.

Interpretasi hasil pengukuran *electrical logging* dilakukan berdasarkan data nilai resistivitas dan SP, singkapan batuan dan referensi geologi regional. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh model kurva

electrical log (resistivitas dan SP) (**Gambar 6**) dengan nilai resistivitas terendah dan tertinggi pada *short* resistivitas yaitu 214 – 495 Ωm , untuk *long* resistivitas yaitu 281 – 725 Ωm sedangkan nilai *self potential* (SP) terendah dan tertinggi yaitu 89 mV dan 210 mV. Berikut ini interpretasikan dari hasil pengukuran serta pengolahan data *electrical logging*:

1. Lapisan pada kedalaman 0 – 2,6 m mempunyai nilai potensial 89 – 92 mV, nilai *short resistivity* 232 - 236 Ωm dan nilai *long resistivity* antara 281 – 288 Ωm , lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lanau pasiran.
2. Lapisan pada kedalaman 2,6 – 7,8 m dengan nilai potensial 102 - 106 mV, nilai *short resistivity* 214 - 218 Ωm dan nilai *long resistivity* antara 312 - 316 Ωm diinterpretasikan sebagai lempung pasiran yang merupakan produk pelapukan batuan breksi vulkanik.



Gambar 6. Kurva hasil pengukuran *electrical logging* (resistivitas dan SP).

3. Lapisan pada kedalaman 7,8 – 24 m dengan nilai potensial 121 – 168 mV, nilai *short resistivity* 262 - 359 Ωm dan nilai *long resistivity* 380 - 529 Ωm . Lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai batuan breksi vulkanik yang mengalami pelapukan. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keberadaan air tanah pada lapisan tersebut.
4. Lapisan pada kedalaman 24 – 42 m dengan nilai potensial 201 – 209 mV, nilai *short resistivity* 480 – 489 Ωm dan nilai *long resistivity* 711 – 724 Ωm lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai batuan breksi vulkanik yang segar.
5. Lapisan pada kedalaman 42 – 44 m memiliki nilai potensial 162 – 165 mV, nilai *short resistivity* 356 – 360 Ωm dan nilai *long resistivity* antara 525 – 528 Ωm berdasarkan korelasi dengan hasil pemboran lapisan tersebut diinterpretasi sebagai fragmen dari batuan breksi vulkanik yaitu andesit yang berukuran bongkah.
6. Lapisan pada kedalaman 44 – 70 m dengan nilai potensial 201 – 208 mV, nilai *short resistivity* antara 480 – 495 Ωm dan nilai *long resistivity* antara 711

– 725 Ωm , berdasarkan nilai dan resistivitas lapisan ini memiliki nilai yang hampir sama dengan lapisan pada kedalaman 24 – 42 m sehingga lapisan ini diinterpretasikan sama dengan lapisan pada kedalaman 24 – 42 m yaitu batuan breksi vulkanik yang segar.

Berdasarkan hasil interpretasi pada pengukuran *electrical logging* (resistivitas dan SP), maka dapat disimpulkan bahwa litologi lokasi tersebut terdiri dari tiga lapisan (**Tabel 3**). Berdasarkan hasil tersebut ketebalan lapisan batuan piroklastik yaitu 62,2 m pada kedalaman 7,8 – 70 m dengan nilai resistivitas 262 – 495 Ωm .

Tabel 3. Litologi batuan berdasarkan data pengukuran *electrical logging*

No	Litologi	Potensial (mV)	Resistivitas (Ωm)		Ketebalan (m)	Kedalaman (m)
			Short	Long		
1	Lanau Pasiran	89 – 92	232- 236	281 – 288	2.6	0 – 2.6
2	Lempung pasir	102 -106	214 -218	312 – 316	5.2	2.6 – 7.8
3	Breksi vulkanik	121 - 209	262 - 495	380 - 724	62.2	7.8 – 70

Korelasi Data Geolistrik dan Electrical Logging

Perbandingan data geolistrik dan *electrical logging* menunjukkan adanya perbedaan pada nilai resistivitas, namun perbedaan tersebut tidak begitu signifikan. Hasil pengukuran geolistrik menunjukkan nilai resistivitas yang lebih besar pada litologi yang diinterpretasi sebagai breksi vulkanik, hal tersebut disebabkan oleh pengaruh air tanah, dimana pada saat dilakukan pengukuran *electrical logging* terjadi kontak langsung antara elektroda dan air tanah di dalam sumur yang menyebabkan nilai resistivitas akan menurun. Berbeda dengan pengukuran geolistrik, elektroda hanya ditempatkan di permukaan sehingga terjadi reduksi nilai arus maupun potensial akibat dari faktor kedalaman. Meskipun terdapat perbedaan nilai resistivitas dari kedua metode tersebut tetapi dalam hal interpretasi litologi masih menunjukkan kesamaan baik itu jenis lapisan, kedalaman dan ketebalan.

Interpretasi dari hasil pengukuran geolistrik dan *electrical logging* menunjukkan nilai resistivitas yang relatif tinggi, hal tersebut

dipengaruhi oleh keberadaan mineral silika (SiO_2) pada batuan. Menurut Yuwono (1990) dari hasil studi petrografi, mineralogi dan kimia batuan menunjukkan bahwa batuan vulkanik Parepare memiliki kandungan silika yang sangat tinggi ($\text{SiO}_2 > 58\%$).

Kesimpulan

Hasil analisis korelasi data geolistrik dan *electrical logging* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Litologi pada lokasi penelitian terdiri dari lanau pasiran (kedalaman 0 – 2,6 m), lempung pasir (kedalaman 2,6 – 7,8 m) dan breksi vulkanik (kedalaman 7,8 – 70 m).
2. Ketebalan batuan piroklastik pada lokasi penelitian yang merupakan batuan breksi vulkanik yaitu 62,2 m.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami persembahkan kepada seluruh elemen yang telah membantu dan berpartisipasi sehingga penelitian ini bisa terlaksana, terutama

kepada para dosen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin.

Daftar Pustaka

- Amsah, L.M.Y. 2016. *Investigasi Bawah Permukaan Untuk Rekonstruksi Batuan Gunungapi Parepare di Daerah Datae Berdasarkan Nilai Resistivitas*. Tesis, Universitas Hasanuddin.
- Djuri, Sudjatmiko, Bachri, S. dan Sukido. 1998. *Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo Edisi Kedua*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Direktorat Jenderal Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi: Bandung.
- Irfan, U.R., Kaharuddin, Budiman dan Umar, H. 2014. *Analisis Litofasies Batuan Vulkanik Parepare di Daerah Lumpue Sulawesi Selatan*. di: The 43st IAGI Annual Convention and Exhibition, September 2014, Jakarta. Proceedings PIT IAGI.
- Kaharuddin. 2009. *Studi Litofasies Batuan Gunungapi Parepare*. Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik. Fakultas Teknik UNHAS, Makassar.
- Loke, M. H. 2001. *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*.
- Sedana, D., As'ari dan Tanauma, A. 2015. *Pemetaan Akuifer Air tanah di Jalan Ringroad, Kelurahan Malendeng dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Jurnal Ilmiah Sains.15 (2), pp.33-37.
- Sukamto R. 1982. *Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Direktorat Jendral Pertambangan Umum dan Energi: Bandung.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Umar E.P. dan Setiawan M.R.A. 2017. *Pengukuran Electrical Logging pada Pemboran Air Tanah Dalam di Daerah Pacciro Kecamatan Balusu Kabupaten Barru*. *Jurnal Geomine*. vol. 5 (2): 90-93.
- Williams, H., Turner, F.J. and Gilbert, C.M. 1982. *Petrography; An Introduction The Study of Rocks In Thin Sections*. W.H. Freeman Company: New York.
- Yuwono, Y.S. 1990. *Produk Vulkanik Parepare (Sulawesi Selatan)*. di: PIT XIX IAGI, 11-13 Desember 1990, Bandung: Proc.PIT IAGI.

IDENTIFIKASI ZONA MINERALISASI EMAS MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS DAN INDUKSI POLARISASI (IP) DI DESA LINTIDU KABUPATEN BUOL

La Ode Muh. Yazid Amsah^{1*}, Emi Prasetyawati Umar²

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Baubau, Indonesia.

²Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

*Corresponding author. Email: laodemuhazidamsah@unidayan.ac.id

Manuscript received: 22 August 2020; Received in revised form: 9 October 2020; Accepted: 26 October 2020

Abstrak

Berdasarkan proses pembentukannya emas (Au) terdiri atas endapan primer dan endapan plaser. Penelitian ini dilakukan di Desa Lintidu Kabupaten Buol. Penelitian ini bertujuan mengetahui distribusi nilai resistivitas batuan untuk menentukan zona pembentukan endapan emas (Au). Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas dan induksi polarisasi (IP) dengan menggunakan konfigurasi wenner. Lintasan pengukuran sebanyak dua buah dengan panjang 288 meter dan 282 meter dan spasi antara elektroda 6 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lintasan satu menunjukkan keberadaan dari endapan emas (Au) dengan nilai resistivitas 100 Ωm –151 Ωm , begitu pula pada lintasan dua menunjukkan keberadaan dari endapan emas (Au) dengan nilai resistivitas 30 Ωm –60 Ωm .

Kata Kunci: endapan emas; geolistrik induksi polarisasi; geolistrik resistivitas; konfigurasi wenner.

Abstract

Based on the formation process gold (Au) consists of primary deposits and plaser deposits. This research was conducted in Lintidu Village, Buol Regency. This study aims to determine the distribution of rock resistivity values to determine the zone of gold (Au) sediment formation. This research uses geoelectric resistivity and induced polarization (IP) methods using Wenner's configuration. Total measurement line is two with each path length are 288 meters and 282 meters and a space between the electrodes of 6 meters. The results of the study show that in first line shows the presence of gold (Au) deposits with a resistivity value of 100 Ωm – 151 Ωm , as well as on the second line shows the presence of gold (Au) deposits with a resistivity value of 30 Ωm – 60 Ωm .

Keywords: gold deposits; geoelectic induced polarization; geoelectric resistivity; wenner configuration.

Pendahuluan

Pengertian Emas

Indonesia merupakan kepulauan yang berada pada zona pertemuan Lempeng Eurasia dan Lempeng IndoAustralia, berakibat munculnya jajaran busur magmatik. Busur magmatik tersebut

meliputi Busur Besar Sunda – Banda, Busur Sulawesi Utara, Busur Halmahera, dan Busur Papua (Briyantara dan Yulianto, 2015). Posisi geologis ini menjadikan Indonesia kaya akan sumberdaya mineral, salah satunya adalah mineral emas. Berdasarkan informasi dari Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber

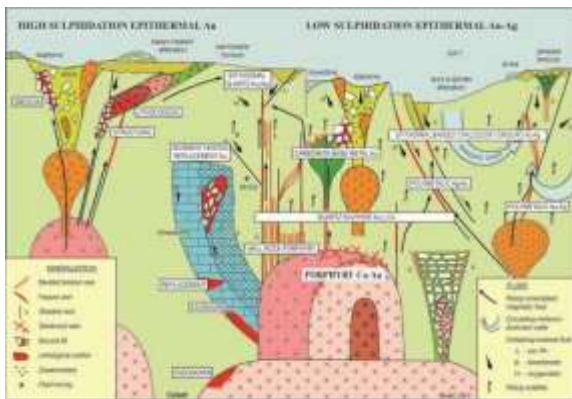
Daya Mineral (2013), cadangan emas di Indonesia kira-kira 3.000 ton dengan sumber dayanya mencapai 6.000 ton sedangkan berdasarkan data dari United States Geological Survey (USGS) cadangan logam emas di seluruh dunia mencapai 57.000 ton (Jewell and Kimball, 2017).

Emas merupakan suatu jenis mineral yang bernilai nilai ekonomis sangat tinggi (*precious metal*). Pembentukan mineral emas berkaitan dengan naiknya suatu larutan fluida hidrotermal pada permukaan melalui rekahan pada batuan, kemudian terjadi proses diferensiasi dan proses pengendapan (Sukandarrumidi, 2009).

Endapan Hidrotermal

Maghfiroh (2009) mengatakan berdasarkan temperatur, tekanan dan kondisi geologi saat pembentukan endapan *hidrotermal* terbagi menjadi tiga jenis endapan:

- a. Hipotermal;
- b. Mesotermal;
- c. Epitermal.



Gambar 1. Model konseptual mineralisasi Cu, Au dan Ag (Corbett, 2013).

Gambar 1. merupakan model konseptual dari proses mineralisasi Cu, Au, dan Ag. Pembentukan mineralisasi endapan emas di suatu daerah berhubungan dengan keberadaan sistem hidrotermal. Sistem hidrotermal dikontrol oleh tatanan geologi yang kompleks mencakup aspek tektonik, vulkanisme, struktur geologi, stratigrafi, serta litologi. Selain menghasilkan mineralisasi endapan emas, sistem

hidrotermal juga menghasilkan alterasi hidrotermal yang memiliki karakteristik berbeda-beda di setiap daerah.

Resistivitas

Survei resistivitas bertujuan mengetahui jenis batuan dan lapisan bawah permukaan tanah, eksplorasi mineral (Railasha et al., 2015). Metode resistivitas merupakan salah satu dari ketiga metode survei elektrik. Resistivitas berhubungan dengan beberapa parameter geologi, di antaranya: kandungan mineral, kandungan fluida, porositas dan saturasi air. Survei elektrik merupakan survei yang menggunakan arus listrik untuk melakukan pengukuran. Survei elektrik memiliki tiga metode, yaitu: induksi polarisasi (IP), *Self Potensial* (SP), dan tahanan jenis (resistivitas). Ketiganya menggunakan arus listrik sebagai alat pengukurannya (Loke, 2004).

Metode Induksi Polarisasi (IP) dapat dimanfaatkan untuk menginvestigasi struktur batuan bawah permukaan yang mengandung deposit mineral (Pramana et al., 2014).

Prinsip metode IP adalah mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan mengamati beda potensial yang terjadi setelah arus listrik dihentikan (*off*). Setelah arus listrik diputus, ion-ion yang sebelumnya mengalami polarisasi atau pengkutuban berangsur-angsur kembali ke kondisi seimbang, atau dengan kata lain masih terdapat beda potensial yang akan meluruh terhadap waktu sehingga nilainya menjadi nol (Aryaseta et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan mengetahui zona-zona mineralisasi yang mengindikasikan terjadinya proses pembentukan Emas (Au). Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan gambaran mengenai keterdapatn endapan emas (Au) pada Desa Lintidu Kabupaten Buol dalam pemetaan potensi sumber daya alam yang ada.

Lokasi penelitian dapat ditempuh dari Buol

dan Gorontalo melalui jalur darat. Melalui Gorontalo, jalur darat dapat ditempuh dalam waktu enam (6) jam. Apabila melalui Buol, jalur darat dapat ditempuh dalam waktu empat (4) jam. Jalur darat dapat ditempuh dengan menggunakan mobil atau angkutan umum.

Metode Penelitian

Secara administrasi lokasi penelitian berada pada Desa Lintidu Kabupaten Buol Provinsi Sulawesi Tengah (**Gambar 2**).



Gambar 2. Lokasi penelitian.

Mineral emas yang menjadi target pada penelitian memiliki nilai konduktivitas listrik tinggi dibandingkan lingkungannya sehingga metode IP efektif untuk digunakan. Hasil akuisisi data resistivitas dan induksi polarisasi (IP) merupakan data yang akurat terkait sebaran mineralisasi emas di daerah penelitian. Kelebihan metode IP adalah dapat digunakan untuk mendeteksi mineral-mineral sulfida yang letaknya tersebar tidak beraturan yang berasosiasi dengan emas, bijih logam, bijih besi, serta logam lainnya (Yatini dan Suyanto, 2008).

Data pengukuran di lapangan dapat menunjukkan nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) masing-masing lapisan batuan. Pemodelan terhadap nilai resistivitas semu di setiap lapisan batuan menghasilkan profil resistivitas sesungguhnya (*true resistivity*) batuan

bawah permukaan. Selanjutnya profil resistivitas ini dikorelasikan dengan profil *chargeability* lalu diinterpretasi berdasarkan informasi geologi dan data-data yang ada. Hasil interpretasi yang diperoleh berupa penampang hasil inversi 2D serta informasi mengenai potensi mineral emas pada lokasi penelitian.

Hasil dan Pembahasan

1. Lintasan 1

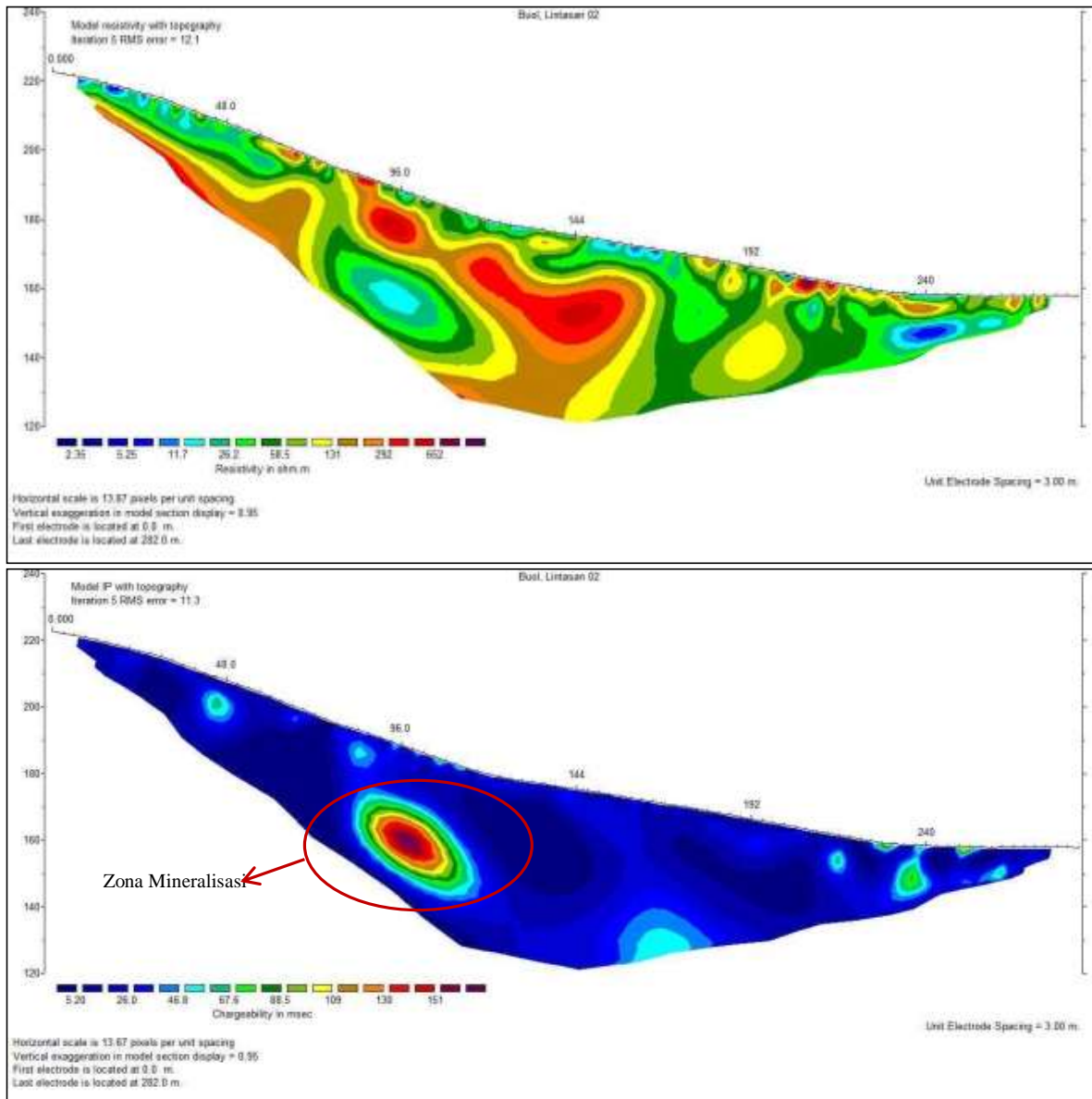
Panjang lintasan pengukuran geolistrik resistivitas yaitu 288 meter dengan spasi antara elektroda 6 meter. Arah lintasan pengukuran $290^{\circ}/110^{\circ}$ N, dengan elektroda 18–27 melewati area sumber air. Data kemudian diolah secara digital untuk memperoleh penampang bawah permukaan (*subsurface*). Hasil dari pengolahan data tersebut menghasilkan profil resistivitas dan *chargeability*, seperti pada **Gambar 3**.

Hasil dari interpretasi memperlihatkan (**Gambar 3**) bahwa adanya zona mineralisasi yang mengindikasikan terjadinya proses pembentukan Emas (Au) dengan nilai resistivitas berkisar antara 100–151 Ω m.

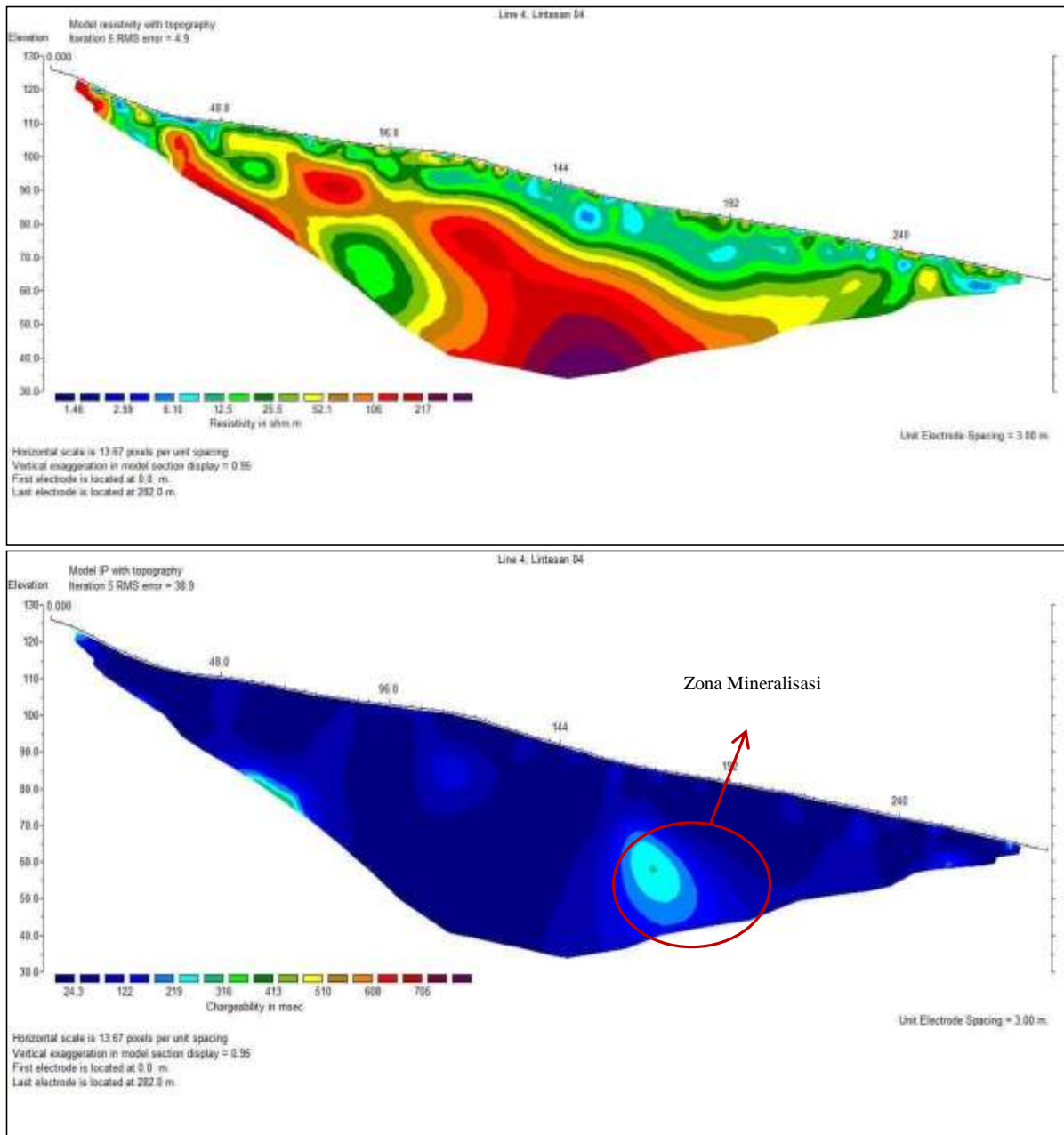
2. Lintasan 2

Panjang lintasan pengukuran geolistrik resistivitas yaitu 282 meter dengan spasi antara elektroda 6 meter. Arah pengukuran $150^{\circ}/330^{\circ}$ N. Data yang diperoleh di lapangan kemudian diolah secara digital untuk memperoleh penampang bawah permukaan. Hasil dari pengolahan tersebut menghasilkan profil resistivitas dan *chargeability*, seperti pada **Gambar 4**.

Hasil dari interpretasi memperlihatkan (**Gambar 4**) bahwa adanya zona mineralisasi yang mengindikasikan terjadinya proses pembentukan Emas (Au) dengan nilai resistivitas berkisar antara 30–60 Ω m.



Gambar 3. Profil 2D resistivitas (atas) dan *chargeability* (bawah) batuan bawah permukaan Lintasan 1.



Gambar 4. Profil 2D resistivitas (atas) dan chargeability (bawah) batuan bawah permukaan Lintasan 2.

Lokasi penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Tilamatu, Sulawesi (Bachri et al., 1993), dengan Formasi Batuan Tpmv: Breksi gunung api, anglomerat, tuf, tufa lapili dan lava, bersusun andesitan sampai basalt. Endapan mineral emas yang terdapat pada lokasi penelitian termasuk dalam proses alterasi hidrotermal (Pirajno, 1992). Keterdapatannya urat kuarsa serta adanya zona mineralisasi (Gambar 5) yang mengandung mineral pirit (Gambar 6), kalkopirit dan kuarsa merupakan penciri dari keberadaan endapan emas (Au).



Gambar 5. Kenampakan zona mineralisasi pada daerah penelitian



Gambar 6. Kenampakan mineral *pyrite* pada daerah penelitian

Kesimpulan

Hasil identifikasi zona mineralisasi emas menggunakan metode resistivitas dan induksi polarisasi (IP) menunjukkan bahwa pada lintasan 1 terdapat zona mineralisasi yang mengindikasikan terjadinya proses pembentukan Emas (Au) dengan nilai resistivitas 100–151 Ωm . Hal yang sama juga diperlihatkan pada lintasan 2 yang menunjukkan terdapatnya zona mineralisasi dan terindikasi terjadi proses pembentukan Emas (Au) dengan nilai resistivitas 30–60 Ωm .

DAFTAR PUSTAKA

- Aryaseta, B., Warnana, D.D. dan Widodo, A. 2017. *Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akuifer di Daerah Sutorejo, Surabaya*. Jurnal Teknik ITS, 6(1), 84-86.
- Bachri, S., Sukido dan Ratman, N. 1993. *Peta Geologi Lembar Tilamuta, Sulawesi*. Bandung: Pusat Survei Geologi.
- Briyantara, S.S. dan Yulianto, T. 2015. *Aplikasi Metode Magnetik untuk Melokalisasi Target Zona Mineralisasi Emas di Daerah "X"*. Youngster Physics Journal, 4(1), 1-6.
- Corbett, G. 2013. *World Gold: Pacific Rim Epithermal Au-Ag*. World Gold Conference, Brisbane 26-27 September 2013. Australasian Institute of Mining and Metallurgy. No. 9/2013. pp. 5-13.
- Jewell, S. and Kimball, S.M. 2017. *Mineral Commodity Summaries 2017*. Virginia: United States Geological Survey (USGS).
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*.
- Maghfiroh, D. 2009. *Pemodelan Data CSAMT 3D Pada Eksplorasi Deposit Emas di Daerah "X"*. Universitas Indonesia. Depok. Tidak Diterbitkan
- Pirajno, F. 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist*. New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag.
- Pramana, A.J., Sunaryo dan Akbar, M. 2014. *Pendugaan Zona Endapan Mineral Logam (Emas) di Gunung Bujang, Jambi Berdasarkan Data Induced Polarization*. Physics Student Journal, 2(1): 544-548.
- Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. *Supply Demand Mineral*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Railasha, V., Satibi, S. dan Nugro, S.A. 2015. *Interpretasi Lapisan Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik 2-D (Mapping)*. FTEKNIK, 2(2): 1-7.
- Sukandarrumidi. 2009. *Geologi Mineral Logam*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yatini dan Suyanto, I. 2008. *Eksplorasi Batu Besi dengan Metode Polarisasi Terinduksi di Ujung Langit, Kabupaten Lombok, Nusa Tenggara Barat*. Bandung: Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI Ke-37.

IDENTIFIKASI AIR TANAH KAWASAN CAGAR PURBAKALA LEANG – LEANG KABUPATEN MAROS DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER- SCHLUMBERGER

Nur Okviyani¹, Andi Sebrahim², Enni Tri Mahyuni¹

¹Universitas Bosowa, Indonesia

²Universitas Veteran Republik Indonesia, Indonesia

*Corresponding author. Email: nur.okviyani@universitasbosowa.ac.id

Manuscript received: 18 August 2020; Received in revised form: 16 October 2020; Accepted: 27 October 2020

Abstrak

Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang merupakan kawasan wisata di Kabupaten Maros. Peningkatan pengunjung baik dari kalangan peneliti maupun masyarakat harus didukung dengan fasilitas termasuk ketersediaan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan air tanah di Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang berdasarkan pengukuran nilai resistivitas bawah permukaan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger sebanyak 2 lintasan lalu menghitung dan memodelkan data tersebut. Hasil penelitian menunjukkan lintasan 1 diidentifikasi tidak memiliki potensi air tanah dengan nilai resistivitas $>200 \Omega\text{m}$ sedangkan lintasan 2 diidentifikasi memiliki potensi air tanah dangkal kedalaman 20 m, dan potensi air tanah dalam pada kedalaman 50 m dengan rentang nilai resistivitas 100 – 200 Ωm .

Kata Kunci: air tanah; karst; resistivitas.

Abstract

The Leang – Leang archaeological reserve is a tourist area in Maros Regency. Increasing visitors both from researchers and the community must be supported by facilities including the availability of water. This study aims to identify groundwater prospect based on measuring subsurface resistivity using geoelectric method Wenner-Schlumberger configuration for 2 lines at Leang – Leang archaeological reserve, then calculating and modeling its data. The output of this study shows that line 1 has no groundwater potential with resistivity value $>200 \Omega\text{m}$ while line 2 has shallow groundwater potential with depth of 20 m and deep groundwater potentials depth 50 m with range resistivity value 100 – 200 Ωm .

Keywords: groundwater; karst; resistivity.

Pendahuluan

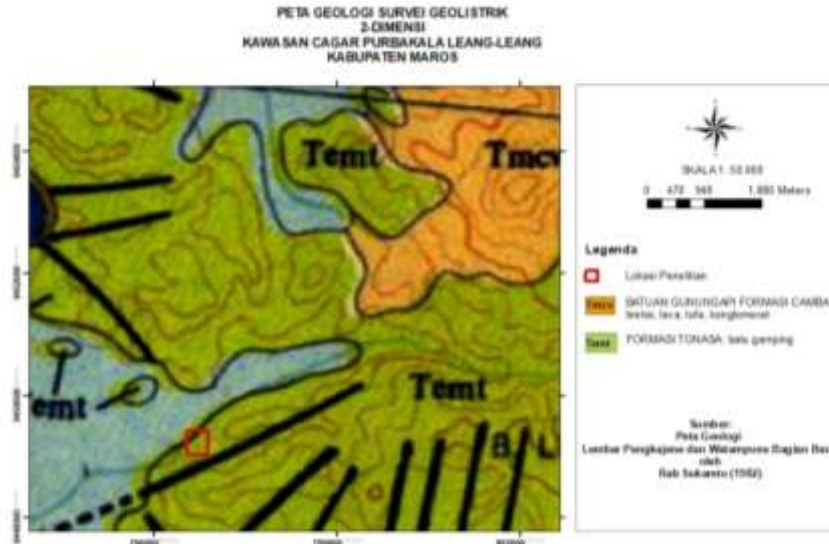
Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang merupakan kawasan wisata di Kabupaten Maros yang menyajikan jejak peninggalan masa purba. Peningkatan pengunjung baik dari kalangan peneliti maupun masyarakat harus didukung dengan fasilitas yang

memadai termasuk tersedianya air. Menurut Rohmah dkk. (2018) air dapat diperoleh dari sumber di permukaan seperti danau dan sungai. Selain itu terdapat pula sumber di bawah permukaan yang lazim dikenal sebagai air tanah. Air tanah disebut memiliki kualitas lebih tinggi daripada air permukaan sebab aktivitas di atas

permukaan seringkali mencemari air permukaan.

Kenampakan lapangan Kawasan Leang – Leang memperlihatkan topografi karst. Topografi karst Maros terbentuk pada Formasi Tonasa yang berumur Eosen Awal hingga Miosen Tengah (Sukanto, 1982).

Akuifer produktif di daerah karst dibentuk oleh proses pelarutan batugamping dan tektonik. Pada sistem ini, akuifer karst mengalir pada jaringan rekahan sehingga mata air dengan debit besar umumnya juga ditemukan pada batugamping.



Gambar 1. Peta geologi lokasi survei geolistrik (modifikasi dari Sukanto, 1982).

Identifikasi untuk mengetahui keberadaan akuifer, dapat menggunakan metode geofisika, salah satunya metode geolistrik resistivitas atau tahanan jenis. Metode ini bertujuan untuk memperoleh gambaran lapisan bawah permukaan dan kemungkinan terdapatnya air tanah dan mineral pada kedalaman tertentu (Sedana dkk., 2015).

Penelitian keterdapatan air tanah menggunakan metode geolistrik pada morfologi karst telah diteliti oleh Husni dan Ansosry (2018) yang menunjukkan keterdapatan sungai bawah tanah. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Okviyani (2016) menunjukkan tipe akuifer karst yang tidak memiliki potensi untuk air tanah dalam, sehingga tidak semua karst menyimpan debit mata air tapi sebagian hanya merupakan perangkap air tanah yang berasal dari permukaan dengan jumlah debit kecil.

Pada Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang terdapat sungai yang hanya terisi pada musim hujan. Begitu pun kondisi sumur warga yang kering ketika memasuki musim kemarau.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber air tanah dalam sehingga dapat memberikan rekomendasi titik pemboran air tanah yang dapat dimanfaatkan oleh Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang untuk meningkatkan fasilitas serta masyarakat setempat.

Metode Penelitian

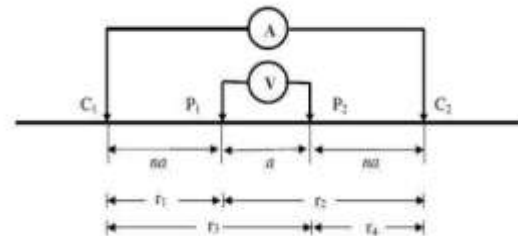
Penelitian ini menggunakan metode geolistrik 2D dengan Konfigurasi Wenner-Schlumberger sebanyak 2 lintasan dengan panjang 480 m tiap lintasan berlokasi di Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang Kabupaten Maros. Desain lintasan dibuat berdasarkan kondisi atas permukaan berupa morfologi karst dan area kosong pada

Kawasan Cagar Purbakala Maros seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Desain arah lintasan pengukuran geolistrik.

Pengukuran resistivitas dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke dalam tanah melalui dua elektroda arus (C_1 dan C_2), dan pengukuran beda tegangan antara dua elektroda potensial (P_1 dan P_2) (**Gambar 3**). Besar nilai resistivitas diperoleh dari hasil kuat arus (I) dan besar tegangan (V) (Loke, 2000).



Gambar 3. Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Yuristina, 2015).

Pengolahan data dilakukan dengan cara mengolah hasil pengukuran di lapangan sehingga didapatkan nilai resistivitas semu. Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan (Yuristina, 2015).

Nilai resistivitas sebenarnya diperoleh dari hasil inversi menggunakan *software* Res2dInv yang menghasilkan penampang bawah permukaan 2D tiap lintasan. Penampang 2D geolistrik diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas dan kondisi geologi permukaan.

Nilai resistivitas semu dapat dinyatakan dengan persamaan:

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

Penentuan klasifikasi nilai resistivitas untuk analisa keterdapatan air tanah hasil geolistrik berdasarkan Hasbi dkk. (2015) pada **Tabel 1**.

k adalah faktor geometrik yang tergantung pada jenis konfigurasi yang digunakan. Faktor geometrik untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger menggunakan persamaan:

$$k = \pi n(n + 1)a \quad (2)$$

Tabel 1. Nilai resistivitas material bumi (Hasbi dkk., 2015)

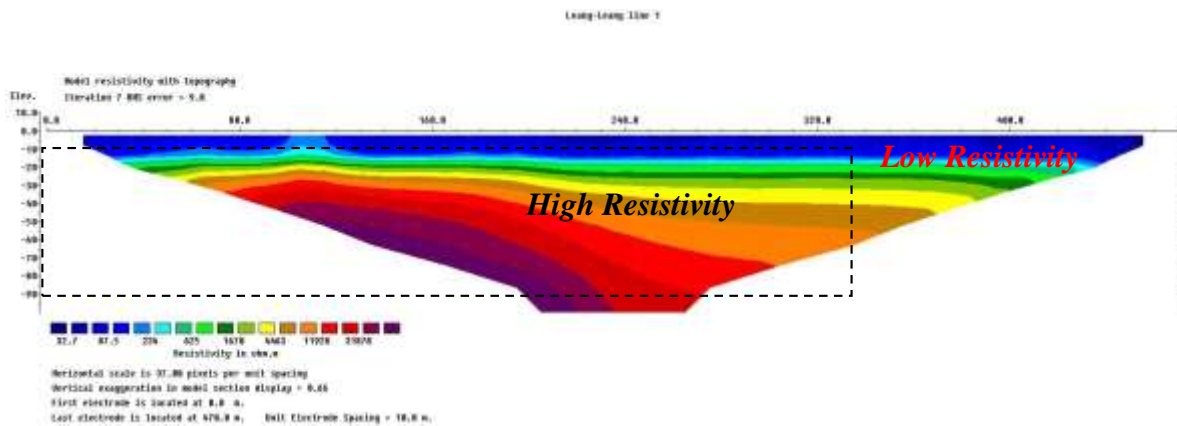
No	Material	Resistivitas (Ωm)
1	Udara	0
2	Pasir	1 – 1000
3	Lempung	1 – 100
4	Air tanah	0,5 – 300
5	Air Asin	0.2
6	Kerikil Kering	600 – 10000
7	Aluvium	10 – 800
8	Kerikil	100 – 600

Hasil dan Pembahasan

Dari pengamatan geologi berdasarkan sinkapan yang terlihat, litologi daerah Maros berupa batugamping, batupasir dan

lempung. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil geolistrik tiap lokasi dimana terlihat nilai *high resistivity* di permukaan hingga di beberapa kedalaman.

Lintasan 1 Leang – Leang



Gambar 4. Penampang 2D geolistrik lintasan 1 Leang – Leang.

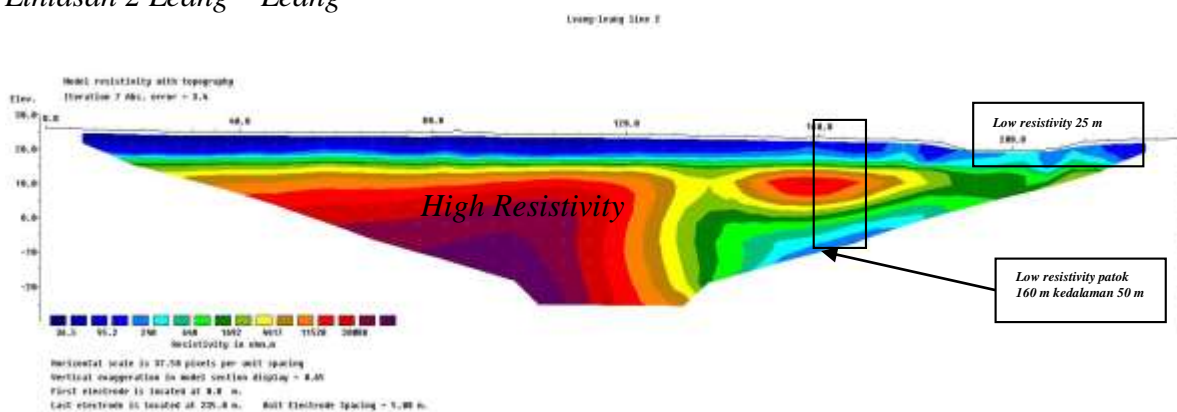
Pengukuran lintasan 1 Leang – Leang menunjukkan nilai *high resistivity* ($>200 \Omega\text{m}$ hingga $31878 \Omega\text{m}$) dengan kedalaman $> 8 \text{ m}$ ke bawah permukaan yang lebih dominan di sepanjang 480 m lintasan sedangkan, kondisi *low resistivity* ($<200 \Omega\text{m}$) berada pada kedalaman 0 m hingga 8 m di bawah permukaan.

Dari data geolistrik dapat diidentifikasi lintasan 1 Leang – Leang merupakan daerah dengan arah sebaran gamping pada kedalaman 8 m hingga $> 90 \text{ m}$ ke bawah permukaan bumi, sementara identifikasi

sebaran batu pasir yang merupakan *reservoir* air tanah hanya berada pada kedalaman yang dangkal 0 – 8 m sehingga air tanah pada lintasan ini hanya untuk air permukaan.

Interpretasi bawah permukaan ini diperkuat, karena adanya kegiatan pemboran sumur yang telah mencapai 10 meter yang tidak mendapatkan air tanah dan hanya mendapatkan batuan *massive* yang sesuai dengan sinkapan permukaan berupa batugamping.

Lintasan 2 Leang – Leang



Gambar 5. Penampang 2D geolistrik lintasan 2 Leang – Leang.

Pada pengukuran lintasan 2, panjang lintasan 240 m dengan elektroda yang digunakan 48 spasi 5 meter. Hal ini disebabkan kondisi atas permukaan yang banyak terdapat singkapan karst. Penampang geolistrik lintasan 2 Leang – Leang menunjukkan nilai *high* resistivitas (>200 Ω m hingga 30888 Ω m) dengan kedalaman >10 m ke bawah permukaan yang lebih dominan di sepanjang lintasan. Nilai resistivitas mengidentifikasi sebaran batugamping di bawah permukaan, hal ini didukung juga dengan litologi permukaan yang dominan sebaran karst.

Kondisi *Low* resistivitas (<200 Ω m) berada pada kedalaman 0 m hingga 100 m di bawah permukaan mengidentifikasi sebaran batupasir yang merupakan *reservoir* air tanah. Pada patok 200 m hingga 240 m potensi air tanah dangkal dapat mencapai hingga 25 m ke bawah permukaan bumi. Pada patok 160 m kedalaman 50 m terdapat *low* resistivitas yang diduga air tanah terperangkap namun diperlukan data penampang yang bersilangan dengan patok 160 m.

Lintasan 1 dan lintasan 2 berbeda dengan sangat signifikan yang disebabkan karena lintasan 2 terdapat aliran sungai sehingga nilai resistivitas lebih menunjukkan variasi dari *high-low* diduga terjadi rembesan air sungai sebagai potensi air tanah yang terperangkap.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian identifikasi keterdapatannya air tanah di Kawasan Cagar Purbakala Leang – Leang, lintasan 1 tidak memiliki potensi air tanah dengan nilai resistivitas tinggi >200 Ω m sedangkan lintasan 2 diidentifikasi memiliki potensi air tanah dangkal kedalaman 20 m, dan potensi air tanah dalam pada kedalaman 50 m dengan nilai resistivitas 100 – 200 Ω m.

Daftar Pustaka

- Bakri, H., Husein, JR. dan Firdaus. 2015. *Pendugaan Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Di Desa Tellumpanua Kec. Tanete Rilau Kab. Barru Sulawesi Selatan*. Jurnal Geomine, 3(1), 165-169.
- Husni, Y.F. dan Ansosry. 2018. *Identifikasi Sungai Bawah Tanah Berdasarkan Nilai Resistivitas Batuan Pada Danau Karst Tarusan Kamang*. Jurnal Bina Tambang, 4(1), 212–222.
- Loke, M.H. 2000. *Electrical imaging survey for Environmental and Engineering Studies*. Penang. New York: McGraw-Hill Book Ci. inc.
- Okviyani, N. 2016. *Model Resistivitas Perubahan Lapisan Air tanah Pada Topografi Undak Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara*. Tesis. Makassar. Universitas Hasanuddin.
- Rohmah, S.A., Maryanto, S. dan Susilo, A. 2018. *Identifikasi Air Tanah Daerah Agrotechno Park Cangar Batu Jawa Timur Berdasarkan Metode Geolistrik Resistivitas*. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya, 14(1), 5. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v14i1.3106>
- Sedana, D., As'ari dan Adey, T. 2015. *Pemetaan Akuifer Air Tanah Di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeng Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Jurnal Ilmiah Sains. 15(2), 1-5.
- Sukamto, R. 1982. *Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Yuristina, A.P. 2015. *Pendugaan Persebaran Air Bawah Permukaan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner Schlumberger di Desa Tanggunharjo Kabupaten Grobogan*. Skripsi, Semarang: Universitas Negeri Semarang.

SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi



Kutipan dari Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia
Nomor: 10/E/KPT/2019
Tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 2 Tahun 2019

Jurnal Geocelebes

E-ISSN: 25795546

Penerbit: Program Studi Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

TERAKREDITASI PERINGKAT 4

Akreditasi berlaku selama 5 (lima) tahun, yaitu
Volume 1 Nomor 1 Tahun 2017 sampai Volume 5 Nomor 2 Tahun 2021
Jakarta, 4 April 2019

Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan



Dr. Muhammad Dimiyati
NIP. 195912171984021001



Indexing and Abstracting



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ISSN 2579-5546



97700

