

Pemodelan Geologi Pasir Besi Menggunakan Metode Penampang Berdasarkan Data Seismik Refleksi di Daerah Kecamatan Loloda Utara, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara

Jivan Akbar*, Noor Fauzi Isniarno, Dudi Nasrudin Usman

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

* akbar.jivan123@gmail.com,
dudinasrudinmining@gmail.com

noor.fauzi.isniarno@gmail.com,

Abstract. The geological conditions in the area of North Loloda District, North Halmahera Regency, North Maluku Province, one of which is composed of gravel, gravel, sand, and mud rock units which are placer deposits from the Alluvium Formation (Qa) which are indicated to contain iron sand deposits. From this distribution, a geological model of the iron sand layer can be described by carrying out the exploration stage first. iron of which the amount and shape of the geological model are known. To identify iron sand deposits, 2 methods of exploration were carried out, namely direct exploration by drilling to describe the depth of the layer and indirect exploration using a geophysical method based on wave propagation, namely reflection seismic which gets output in the form of seismic wave cross-sections, from seismic cross-sectional data it is interpreted based on drilling data with changes from seismic propagation to the subsurface layers. Geological modeling is obtained from the interpretation of seismic data with correlations from drilling data, the number of interpretations obtained is 315 points from the results of crossings between 2 different seismic paths, the modeling is carried out using the cross-sectional method which obtains the amount of iron sand as much as 245.009.121 Bcm in the second layer. 3, sample testing was also carried out using the magnetic separator method and obtained the value of the magnetic content, namely point 1 93.3% and point 2 94.1%, if the whole iron sand was multiplied by the percentage of magnetism to get the amount of 229.573.546,3 Bcm.

Keywords: *Geological Modeling of Iron Sand, Seismic Reflection, Exploration.*

Abstrak. Kondisi geologi pada daerah Kecamatan Loloda Utara, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara salah satunya tersusun dari satuan batuan Kerakal, kerikil, pasir, dan lumpur yang merupakan endapan placer dari Formasi Aluvium (Qa) yang di indikasi terdapat adanya endapan pasir besi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebaran material pasir besi yang diketahui jumlah dan bentuk model geologinya. Untuk mengidentifikasi endapan pasir besi dilakukan 2 metode eksplorasi yaitu ekplorasi langsung dengan melakukan pengeboran untuk menggambarkan kedalam lapisan dan ekplorasi tidak langsung menggunakan metode geofisika berdasarkan rambatan gelombang yaitu seismik refleksi yang mendapatkan output berupa penampang gelombang seismik, dari data penampang seismik di interpretasi berdasarkan data pengeboran dengan perubahan dari rambatan seismik terhadap lapisan dibawah permukaan. Pemodelan geologi didapatkan dari hasil interpretasi data seismik dengan korelasi dari data pengeboran, didapatkan jumlah interpretasi sebanyak 315 titik dari hasil persilangan antara 2 arah jalur seismik yang berbeda, pemodelan dilakukan menggunakan metode penampang yang mendapatkan jumlah pasir besi sebanyak 245.009.121 Bcm pada lapisan yang ke 3, pengujian sampel juga dilakukan menggunakan metode magnetik separator dan mendapatkan nilai kadar kemagnetan yaitu titik 1 93,3% dan titik 2 94,1%, apabila keseluruhan pasir besi dikalikan dengan persen kemagnetan mendapatkan jumlah 229.573.546,3 Bcm.

Kata Kunci: *Pemodelan Geologi Pasir Besi, Seismik Refleksi, Eksplorasi.*

A. Pendahuluan

Besi merupakan logam kedua yang paling banyak di bumi, karakter dari endapan besi bisa berupa endapan logam namun sering kali ditemukan berasosiasi dengan mineral logam lainnya. Berdasarkan kejadiannya endapan besi dapat di kelompokkan menjadi tiga jenis, Pertama endapan besi primer terjadi karena proses hidrotermal, kedua endapan besi laterit terbentuk akibat proses pelapukan, dan ketiga endapan pasir besi terbentuk karena proses rombakan dan sedimentasi secara kimia dan fisika (Prabowo, 2011). Pada tahun 2020 Cadangan bijih besi di Indonesia memiliki jumlah 2,9 miliar ton atau 1,7% cadangan dunia, sedangkan produksi bijih besi pada tahun 2018 mencapai 6.988.688 ton dan pada tahun 2019 mencapai 2.507.786 ton (KEMENTERIAN ESDM, 2020), yang berarti potensi bijih besi di Indonesia masih dapat ditambang ribuan tahun kedepan.

Memperhatikan besarnya potensi besi Indonesia dimana salah satu wilayah yang memiliki potensi tersebut yaitu di Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara, namun untuk mengetahui lebih detail potensi besi yang ada di wilayah tersebut perlu dilakukan eksplorasi untuk dapat memberikan gambaran dan informasi keberadaan potensi endapan biji besi khususnya dari sisi geologi.

Pada daerah penelitian pasir besi terletak di kawasan pesisir pantai, untuk mengetahui keterdapat pasir besi dilakukanlah kegiatan eksplorasi tidak langsung menggunakan metode seismik yang menghasilkan berupa data penampang gelombang seismik, lalu digunakan eksplorasi langsung menggunakan metode pengeboran yang dapat menggambarkan stratigrafi dan karakteristik dari batuan, untuk menggambarkan model geologi hasil dari data seismik diinterpretasikan berdasarkan data pengeboran dengan perubahan rambatan seismik terhadap lapisan dibawah permukaan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan terdapat tujuan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui pola penyebaran lapisan endapan pasir besi berdasarkan gelombang seismik.
2. Untuk mengetahui kualitas endapan pasir besi berdasarkan nilai kadar kemagnetan pada sampel yang di ambil.
3. Untuk mengetahui jumlah pasir besi pada pemodelan geologi.

B. Metodologi Penelitian

Pasir besi adalah sejenis pasir dengan konsentrasi besi yang sangat signifikan. Hal ini biasanya berwarna abu-abu gelap atau berwarna kehitaman. Telah diketahui bahwa endapan pasir besi dapat memiliki mineral-mineral seperti magnetit, dan hematit. Memiliki ukuran butir 0.074-0.075 mm merupakan sebuah mineral endapan atau sendimen dengan ukuran halus (<1 mm) dan Ukuran Kasar (5-3 mm). Perbedaan karakteristik kandungan mineral pasir besi seperti Fe, Ti, Mg dan Si mungkin terjadi karena adanya perbedaan lokasi endapan, Mineral magnetik (Fe_3O_4) yang biasanya ditemukan di daerah pantai atau sungai.

Endapan pasir besi yang bersumber dari gunung berapi, mengalir melintasi sungai, terendapkan di sepanjang sungai (terutama pada lekukan sungai), dan terjadi pengendapan di sungai, muara, hingga menuju laut. Pada sepanjang pantai ombak yang menyapu butiran pasir besi menjadi butiran bebas dan terpilahkan, yang terkayakan dan dibantu pergerakan media cair, padat dan gas/udara, dimana mineral yang mempunyai nilai densitas/berat jenis tinggi akan mengendap dan mineral yang mempunyai nilai densitas/berat jenis rendah akan tercuci dan terbuang.

Konsep eksplorasi adalah merupakan gambaran dari model (bentuk) dari cebakan atau gejala geologi yang dicari, model dari daerah dimana kemungkinan cebakan atau gejala geologi tersebut dapat ditemui serta model (cara) yang akan digunakan untuk pencarian cebakan tersebut atau gejala geologi yang dicari, konsep tersebut bersangkutan paut dengan kegiatan penyelidikan eksplorasi untuk bahan galian yang dimana dilakukan kegiatan eksplorasi terlebih dahulu.

Pengeboran eksplorasi dilakukan untuk mengetahui keadaan dan keberadaan bahan tambang yang terdapat dibawah permukaan bumi, selain untuk mengetahui keadaan geologi

dan pemineralan (bahan galian), Pemboran ini juga ditunjukkan untuk pemercontohan dalam bentuk inti (core) dapat diperoleh dengan cara pemboran inti (Core Drilling), Pemboran eksplorasi dilakukan secara tegak, miring, melengkung atau berarah (Directional Drilling) atau mendatar tergantung pada perkiraan letak atau bentuk endapan bahan tambang. Full Coring adalah metode pengeboran dimana lubang bor yang dibuat tidaklah sebesar open hole karena sampling yang diambil berupa inti bor (core). Metode ini merupakan metode eksplorasi dengan pengeboran yang baik, karena dengan metode ini, data yang didapatkan cukup rinci. Dengan melalui inti bor ini dapat terlihat struktur dan diskontinuitas pada litologi batuan, sehingga deskripsi percontohnya dapat diketahui secara rinci.

Metode seismik refleksi adalah sebuah metode geofisika yang merekam penalaran gelombang seismik yang dipantulkan dari batas antara kedua buah medium batuan. Besar gelombang refleksi seismik berhubungan langsung dengan perubahan impedansi akustik (AI) diantara dua medium batuan tersebut. Semakin besar kontras antara dua medium tersebut, gelombang refleksinya akan semakin kuat. Seismik refleksi menggunakan gelombang elastis yang dipancarkan oleh suatu sumber getar yang biasanya berupa ledakan dinamit (pada umumnya digunakan di darat, sedangkan di laut menggunakan sumber getar (pada media air menggunakan sumber getar berupa air gun, boomer atau sparker) Gelombang yang dihasilkan dari ledakan tersebut menembus sekelompok batuan di bawah permukaan yang nantinya akan dipantulkan kembali ke atas permukaan melalui bidang reflektor yang berupa batas lapisan batuan. Gelombang yang dipantulkan ke permukaan ini diterima dan direkam oleh alat perekam yang disebut geophone (di darat) atau hydrophone (di laut).

Komponen gelombang seismik yang direkam oleh alat perekam berupa waktu datang gelombang seismik. Dari waktu datang tersebut dapat didapatkan waktu tempuh gelombang seismik yang berguna untuk memberi informasi mengenai kecepatan gelombang seismik dalam suatu lapisan. Gelombang seismik merambat dari source ke receiver melalui lapisan bumi dan mentransfer energi, sehingga dapat menggerakkan partikel batuan. Kemampuan partikel batuan untuk bergerak jika dilewati gelombang seismik menentukan kecepatan gelombang seismik pada lapisan batuan tersebut.

Pemodelan geologi merupakan ilmu untuk menggambarkan keadaan geologi di bawah permukaan bumi dengan penggambaran metode 3 dimensi, Pemodelan geologi sangat erat kaitannya dengan ilmu geologi seperti geologi struktur, stratigrafi, sedimentologi, dan diagenesis. Pemodelan geologi mempunyai suatu tujuan tertentu, yaitu untuk membatasi penaksiran kadar agar penaksiran nya tidak diekstrapolasikan terlalu jauh ke blok – blok di luar batas mineralisasi. Dalam pemodelan geologi secara komputer memerlukan basis data assay, Collar, Litologi, Survei sehingga dalam pemodelan geologi dan topografi perlu dilakukan pengecekan yang berulang. Hasil dari pemodelan geologi dapat digunakan untuk perencanaan penambangan, Penggunaan model geologi berguna untuk mengidentifikasi daerah yang potensial dan ekonomis dengan lebih baik. Pemodelan geologi umumnya meliputi beberapa langkah, yaitu:

1. Analisis awal, berisi data geologi pada daerah penelitian.
2. Interpretasi data
3. Pemodelan struktur yang menggambarkan batas batuan.

Dalam melakukan pemodelan geologi terdapat beberapa komponen yang diperlukan dalam pengolahannya, yaitu :

1. Kerangka Struktur
2. Tipe Batuan
3. Geostatistik

Terdapat beberapa data yang dibutuhkan dalam pemodelan geologi yaitu:

1. Data Topografi
Data ini berguna untuk mengetahui level dari bahan galian yang akan dimodelkan serta kondisi medan yang akan dilalui jika penambangan dilakukan
2. Data Geologi
Data geologi berguna untuk mengetahui keadaan geologi seperti struktur geologi, tipe batuan, kekuatan batuan dan lain sebagainya

3. Data Logbor
Data logbor digunakan sebagai data tambahan untuk korelasi data litologi
4. Pemetaan Singkapan
Data ini merupakan data penting, karena data ini menjadi data dasar dalam pemodelan 3 dimensi
5. Data eksplorasi
 - a. Data pemetaan
 - b. Data pemboran (litologi)
 - c. Data survey topografi
 - d. Data hasil analisis laboratorium (Uji Kualitas).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kegiatan pengeboran yang dilakukan di dapatkan sample core yang diambil oleh core barrel dengan panjang tiap 1,5 meter dan di letakan didalam core box yang sudah disiapkan.

Tabel 1. Deskripsi Core DH-01

From	To	Depth	Description
0	5	5	Pasir, terdapat kerikil, sifat terurai warna hitam
5	11,5	6,5	Pasir halus ,terdapat gravelan sifat terurai sampai dengan keras warna hitam
11,5	20	8,5	Pasir halus ,sifat terurai warna hitam

Tabel 2. Deskripsi Core DH-02

From	To	Depth	Description
0	3,5	3,5	Pasir, terdapat kerikil, sifat terurai warna hitam
3,5	11	7,5	Pasir halus, terdapat gravelan sifat terurai sampai dengan keras warna hitam
11	20	9	Pasir halus ,sifat terurai warna hitam

Sampel core yang sudah diletakan di core box selanjutnya akan di uji di laboratorium untuk mengetahui tingkat konsentrasi ukuran butir dan tingkat kemagnetan dari core yang diambil, pengujian ini dilakukan dengan alat sieve shaker dan alat magnetic separator untuk penentuan ukuran butir.

Tabel 3. Pengujian Ukuran Butir

No	Sample Code	Kedalaman	Grave	Coarse To Medium	Fine Sand	Silt-Clay
		(m)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	D1-DS1	7.5-8 m	0,05	0,20	82,02	17,73
2	D1-DS2	13.5-14 m	0,10	0,30	91,61	7,99
3	D2-DS1	6.5-7 m	0,45	1,20	96,24	2,11
4	D2-DS2	12.5-13 m	0,20	1,81	96,23	1,76

Tabel 4. Pengujian Kemagnetan

Berat Total Feed	Sample Code	Kedalaman	Berat konsentrat	Berat tailling	persentase konsentrat	Berat Total hasil
(gr)		(m)	(gr)	(gr)	(%)	(gr)
200	D1-DS1	7.5-8 m	37	162,4	18,50	199,4
	D1-DS2	13.5-14 m	186,6	13,3	93,30	199,9
	D2-DS1	6.5-7 m	153,41	45,71	76,705	199,12

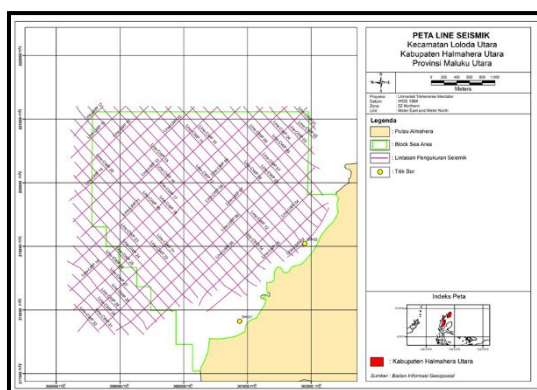
	D2-DS2	12.5-13 m	188,21	10,9	94,104	199,1
--	--------	-----------	--------	------	--------	-------

Perekaman data seismik pantul dangkal saluran tunggal yang telah dilakukan pada Blok WPP sebanyak 54 lintasan, total panjang lintasan 134,01 km, dan interval antar lintasan 150 - 250 m Masing-masing lintasan terdiri atas:

1. Lintasan seismik yang relatif sejajar terhadap garis pantai dengan arah timurlaut-barat daya, panjang lintasan 50,5 km, dan interval antar lintasan ± 250 m.
2. Lintasan seismik yang relatif tegak lurus terhadap garis pantai dengan arah timurlaut-barat daya, panjang lintasan 83,5 km, dan interval antar lintasan ± 150 m.

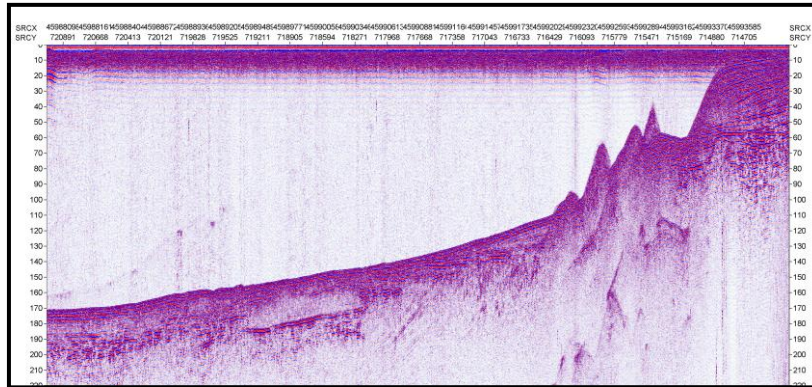
Tabel 5. Panjang Line Seismik

no	Lintasan Seismik	Panjang (km)	no	Lintasan Seismik	Panjang (km)	no	Lintasan Seismik	Panjang (km)
1	Line-CWP01	0,7627	19	Line-CWP16A	1,7833	37	Line-CWP32	0,6319
2	Line-CWP02	0,9972	20	Line-CWP17	4,1896	38	Line-LWP02	1,0416
3	Line-CWP03	1,3057	21	Line-CWP18	4,1345	39	Line-LWP03	2,5789
4	Line-CWP04	1,6836	22	Line-CWP19	3,8604	40	Line-LWP04	2,5673
5	Line-CWP05	2,1503	23	Line-CWP20	3,4734	41	Line-LWP05	3,6966
6	Line-CWP06	2,485	24	Line-CWP21	3,239	42	Line-LWP06	4,2494
7	Line-CWP07	2,6935	25	Line-CWP22	2,9187	43	Line-LWP07	4,6783
8	Line-CWP08	2,9002	26	Line-CWP23	2,7895	44	Line-LWP08	5,0936
9	Line-CWP09	3,101	27	Line-CWP24	2,5322	45	Line-LWP09	4,8949
10	Line-CWP10	3,258	28	Line-CWP25	0,7994	46	Line-LWP10	4,492
11	Line-CWP11	3,4217	29	Line-CWP25A	1,6452	47	Line-LWP11	3,9396
12	Line-CWP12	3,5837	30	Line-CWP26	2,1739	48	Line-LWP12	0,0841
13	Line-CWP13	3,5688	31	Line-CWP27	0,0852	49	Line-LWP12A	3,2684
14	Line-CWP14	2,7062	32	Line-CWP27A	1,8729	50	Line-LWP13	2,9666
15	Line-CWP14A	0,852	33	Line-CWP28	1,7782	51	Line-LWP14	2,4746
16	Line-CWP15	3,3252	34	Line-CWP29	1,7065	52	Line-LWP15	1,9736
17	Line-CWP15A	0,3391	35	Line-CWP30	1,3262	53	Line-LWP16	1,4962
18	Line-CWP16	2,3191	36	Line-CWP31	1,1055	54	Line-LWP17	1,0103
Total Panjang (km)								
134								



Gambar 1. Peta Line Seismik

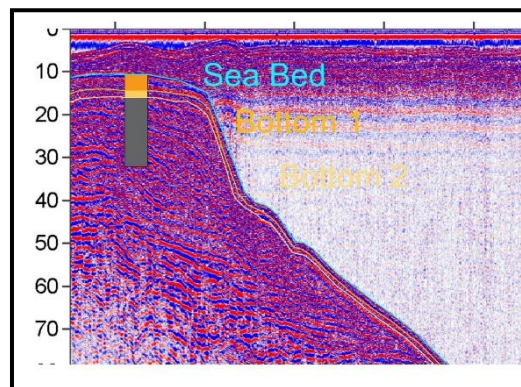
Penampang seismik dapat menggambarkan suatu bentuk dari hasil rambatan gelombang yang dilalui ke suatu objek, contoh penampang Line CWP-06 memiliki panjang line yaitu 2,485 km dari arah barat laut ke tenggara pesisir pantai, menggambarkan gelombang seismik yang berada dekat dengan pesisir pantai, terdapat gelombang memuncak yang menggambarkan karang atau endapan bahan galian.



Gambar 2. Penampang Line Seismik CWP-06

Pada interpretasi menggunakan data seismik terdapat jumlah lokasi yaitu 315 titik dari tiap persilangan antar jalur seismik, hal tersebut dapat menggambarkan dua penampang yang akan menjadi 1 dengan mengkorelasi data pengeboran.

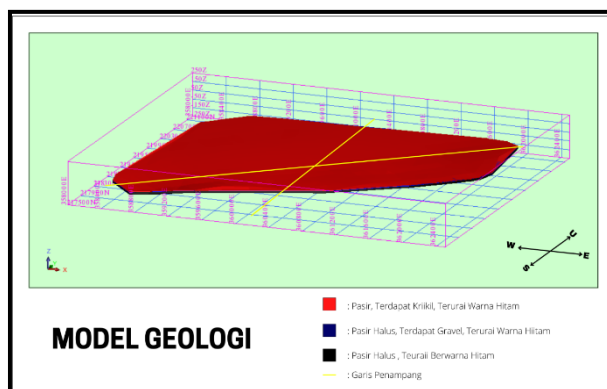
Pembagian unit fasies seismik berdasarkan prinsip seismik stratigrafi (R. M. Mitchum, Jr., et.al., 1977 dan Ringis, J., 1986). Dimana batas unit pengendapan dilihat dari pola konfigurasi reflektor internal dan eksternal yang diikat oleh data pemboran. Berdasarkan pola konfigurasi reflektor internal dan eksternalnya fasies seismik lokasi survei dibatasi oleh 3 horison, yaitu: (1) Horison 1 merupakan dasar laut (seabed); (2) Horison 2 atau selanjutnya disebut sebagai bottom unit 1 sekaligus membatasi unit sedimen resen (Unit 1); (3) Horison 3 atau selanjutnya disebut sebagai bottom unit 2 sekaligus membatasi sedimen unit 2 dengan sebagian merupakan bagian dari basement akustik. Ketiga horison ini membatasi 2 (dua) unit pengendapan, yaitu: Unit 1 dan Unit 2. Hasil interpretasi seismik yang menggambarkan pola pengendapan sedimen di bawah permukaan, dapat terlihat pada beberapa lintasan terpilih.



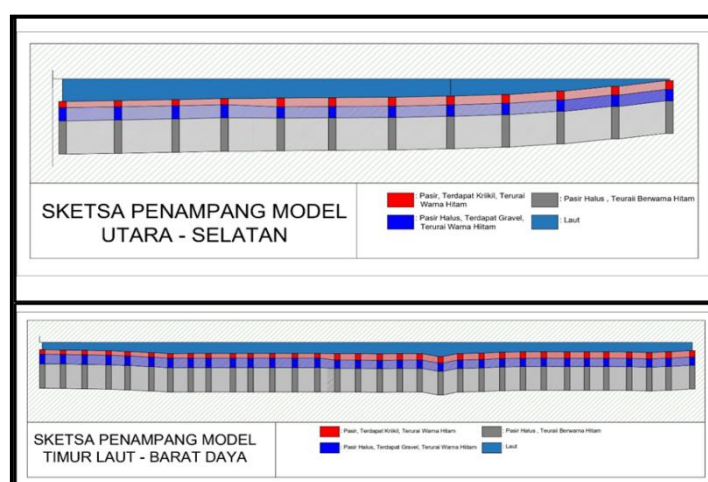
Gambar 3. Interpretasi Penampang Seismik Line CWP-21 Dengan DH-02

Hasil data yang sudah didapatkan dari beberapa data seperti kedalaman lubang bor, penampang seismik dan analisa laboratorium maka output yang dihasilkan ialah interpretasi dari tiap titik untuk mendapatkan kedalaman lithologi di bawah permukaan.

Interpretasi hasil dari keseluruhan data dapat dikorelasikan antar tiap titik dan mempunyai ketebalan tiap lapisan nya masing masing dan terdapat hasil deskripsi untuk konsentrat yang dicari pada lapisan. Metode yang digunakan untuk pemodelan ini adalah metode penampang dari setiap titik yang memiliki kedalaman, setelah dapat memodelkan tiap lapisan memiliki jumlah atau volume nya masing masing.



Gambar 4. Pemodelan Geologi



Gambar 5. Penampang Geologi

Target pada pemodelan geologi ini yaitu pada litologi yang memiliki ukuran butir pasir halus, terurai dan berwarna hitam yang mengindikasikan bahwa terdapat konsentrasi kandungan fe pada pasir halus tersebut, jumlah volume yang didapatkan pada target litologi yaitu berjumlah 245.009.121 Bcm.

Tabel 6. Konsentrat Pasir Besi

Nama	Volume bahan galian (Bcm)	Tingkat Kemagnetan	Jumlah Konsentrat (Bcm)
Pasir Halus, Terurai berwarna hitam	245.009.121	93,7%	229.573.546,3

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kegiatan eksplorasi tidak langsung menggunakan metode seismic dapat di tarik beberapa point kesimpulan :

1. Pola penyebaran pasir besi diidentifikasi berdasarkan gelombang seismic dengan jumlah lintasan sebanyak 54 line, Perubahan rambatan gelombang seismic di pengaruhi oleh adanya perbedaan karakteristik dari objek yang dilalui, perubahan tersebut dapat membentuk wiggle seismic atau nilai impedansi akustik apabila gelombang melalui lapisan yang sama maka akan semakin konstan rambatan gelombang seismic, untuk pasir besi memiliki nilai P wave Velocity 800 – 2200 (m/s).
2. Pengujian dilakukan pada sampel di lapisan ke 3 yang memiliki ukuran butir halus,

terurai berwarna hitam dikarena konsentrasi ikatan antar butir terlepas, pada titik 1 nilai kemagnetan pada lapisan ke 3 memiliki nilai 93,3 % dan pada titik 2 nilai kemagnetan pada lapisan ke 3 memiliki nilai 94,1%.

3. Pada pemodelan geologi dilakukan interpretasi sebanyak 315 titik dari setiap persilangan atau perpotongan antar 2 penampang seismik, pemodelan geologi dilakukan dengan menggunakan metode penampang yang mengkorelasikan antara tiap lapisan, lapisan yang di hitung jumlah nya yaitu lapisan yang memiliki konsentrasi ukuran butir yang halus dan berwarna hitam, mengindikasikan bahwa terdapatnya kadar Fe pada lapisan tersebut, jumlah volume yang didapatkan pada lapisan yang ke 3 yaitu 245.009.121 Bcm apabila dikalikan dengan kadar kemagnetan hasil pengujian laboratorium jumlah pasir besi yaitu 229.573.546,3 Bcm.

Acknowledge

1. Keluarga Tercinta
Kepada kedua orang tua saya yang sudah mengasuh dari mulai kecil sampai jenjang perkuliahan dan selalu memberikan, motivasi, semangat hidup serta DOA dalam kondisi apapun saya ucapkan terima kasih yang sebesar besarnya. Dan teruntuk keluarga yang berada di sukabumi dan di Padang pariaman yang selalu memberikan semangat dan doanya di masa masa perkuliahan.
2. Dosen Teknik Pertambangan
Terimakasih kepada para dosen yang sudah mengajar dari perkuliahan awal sampe akhir dan selalu memberikan ilmu yang terbaik kepada mahasiswa nya untuk menjadi orang yang mampu bersaing dengan dunia luar.
3. Teknik Pertambangan Angkatan 2018.
Kepada semua teman teman yang sudah menemani hari hari di masa perkuliahan yang sangat sulit, suka, duka, canda, tawa dan selalu mendukung dalam kondisi apapun saya ucapkan terimakasih yang sebesar besarnya.

Daftar Pustaka

- [1] Aridhayandi, M. R. (2021). "Pemetaan Bathimetri Dalam Perencanaan Pembangunan Pesisir". *Journal of Empowerment Community and Education*, 1(2), 1–7.
- [2] Badan Informasi Geospasial, 2022 “ Peta Perwilayah Kabupaten Halmahera Utara” cibinong, Kabupaten Bogor
- [3] Brown, M. E. D. (2013). "Exploration and Resource Definition of Offshore" Titano Magnetite Iron Sands, on the West Coast of New Zealand. <https://doi.org/10.4043/24038-ms>
- [4] Hananto Kurnio, dkk, 2015 “ Pengaruh Pengangkatan Dan Perubahan Pola Sedimentasi Terhadap Sebaran Pasir Besi Di Pesisir dan Perairan Pantai Bagian Barat” Bandung
- [5] Hiltermann, FJ, 2001 “ Interpretasi Amplitudo Seismik “ Kursus Singkat Instruktur Terhormat, SEG & EAGE
- [6] Jiwo, P., Bayat, K., & Tengah, K. J. (2004). "HUBUNGAN GENESA ANTARA BATUAN BEKU INTRUSI DAN EKSTRUSI DI". 19(3), 147–163. Kurnio, H., Mustafa, M. A., Kamiludin, U., Penelitian, P., Pengembangan, D., Kelautan, G., & Junjuran, J. (2015). Uplifted and Sedimentary Changes To Iron Sand Distribution on Coastal Talaud Island, North Sulawesi. 13(2), 61– 74. www.thewatchers.adorraeli.com.
- [7] Muchammad Dani Satria, 2015 “Proses Pembentukan Endapan Pasir Besi Di Kulon” Energi Sumaberdaya Mineral : Indonesia
- [8] Nurdianto, Boko dkk, 2011 “Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refleksi” *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*
- [9] Okan, E., Kepic, A., Urosevic, M., & Ziramov, S. (2015). "A Case for Regional Seismic Reflection Surveys in the Gawler Craton", South Australia. *ASEG Extended Abstracts*, 2015(1), 1–4. <https://doi.org/10.1071/aseg2015ab307>
- [10] Prabowo, H. (2011). "Makalah Bijih besi" (p. 23). Putra, A. R. T., & Riyanto, A. (2019).

- "Perhitungan Volume Cadangan Bahan Galian Tambang Andesit Menggunakan Metode Resistivitas Dipol-Dipol Dan Interpolasi 3D Di Lapangan" "a." VIII, SNF2019-PA-71–84. <https://doi.org/10.21009/03.snf2019.02.pa.11>
- [11] Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral Batubara, 2013 "Pasir Besi" Tekmira : Bandung
- [12] Wildan Prasetyo, Noor Cahyo D. A, Dudi Nasrudin U "Pemanfaatan Data Seismik Kanal Tunggal Untuk Mengetahui Potensi Pasir Laut didaerah Perairan Lampung Timur, Provinsi Lampung" Prosiding SPESIA Teknik Pertambangan (Agustus, 2016), ISSN: 2460-6499, P 578-684, Universitas Islam Bandung.
- [13] Zhao, W., Zhang, X., Wang, Z., Chen, S., Wu, Z., & Mi, B. (2018). "Quaternary high-resolution seismic sequence based on instantaneous phase of single-channel seismic data in the South Yellow Sea", China. Quaternary International, 468, 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.014>