

SKRIPSI

**PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA UNTUK
ESTIMASI SUMBERDAYA BERDASARKAN DATA PENGEBORAN
PADA PIT 3HWE *WESTBLOCK* PT INDOMINCO MANDIRI
KALIMANTAN TIMUR**

Disusun dan diajukan oleh

**CHATLINE PATRICIA R.
D061 18 1514**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA
UNTUK ESTIMASI SUMBERDAYA BERDASARKAN DATA
PENGEBORAN PADA PIT 3HWE WESTBLOCK PT
INDOMINCO MANDIRI KALIMANTAN TIMUR

Disusun dan diajukan oleh :

CHATLINE PATRICIA R.

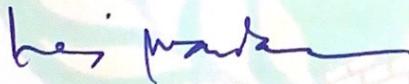
D061 18 1514

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi
Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Agustus
2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

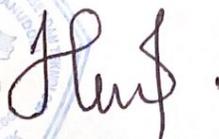


Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil
NIP. 19800428 200501 1 001



Meinarni Thamrin, S.T., M.T
NIP. 19710512 200812 2 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : CHATLINE PATRICIA R.

NIM : D061181514

Program Studi : TEKNIK GEOLOGI

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

{PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA UNTUK ESTIMASI
SUMBERDAYA BERDASARKAN DATA PENGEBORAN PADA PIT 3HWE
WESTBLOCK PT INDOMINCO MANDIRI KALIMANTAN TIMUR}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 16 Agustus 2023

Menyatakan



Chatline Patricia R.

ABSTRAK

Daerah penelitian terletak pada area penambangan PIT 3HWE, *Westblock* PT. Indominco Mandiri, Kecamatan Sangata, Kabupaten Kutai Timur, Kecamatan Bontang Utara dan Bontang Selatan, dan Kecamatan Marang Kayu, Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur, bertujuan untuk dapat mengidentifikasi pola sebaran ketebalan lapisan batubara, kualitas batubara dan estimasi sumberdaya batubara. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan *seam* batubara menggunakan *software* minescape 4.118 dan metode *polygon*. Data yang digunakan yaitu data 166 titik pengeboran, jarak bor berkisar 75 meter hingga 100 meter dalam konsesi area seluas 1900 hektar.

Hasil pemodelan batubara menghasilkan lima *seam* yaitu, *seam* C1, *seam* L1, *seam* U2, *seam* C2, *seam* L2, dengan arah umum penyebaran relatif tenggara ke barat daya, Adapun hasil estimasi sumberdaya terukur pada daerah penelitian yaitu pada *seam* C1 sebanyak 3,029.75 ton, *seam* L1 sebanyak 1,412.77 ton, *seam* U2 sebanyak 1,595.77 ton, *seam* C2 sebanyak 10,460.27 ton, *seam* L2 sebanyak 694.88 ton. Rata – rata ketebalan *seam* pada daerah penelitian yaitu pada *seam* L1 = 0.38 meter, *seam* C1 = 1.02 meter, *seam* U2 = 0.34 meter, *seam* C2 = 1.98 meter, *seam* L2 = 0.35 meter. Hasil dari nilai kualitas pada daerah penelitian yaitu *seam* L1 memiliki CV antara 5240 – 6291 Kcal/kg dan TS 0.31%, *seam* C1 memiliki CV antara 5640 – 6716 Kcal/kg dan TS 0.39%, *seam* U2 memiliki CV antara 4915 – 6459 Kcal/kg dan TS 0.35%, *seam* C2 memiliki CV antara 5838 – 6752 Kcal/kg dan TS 0.21%, *seam* L2 memiliki CV antara 4468 – 6542 Kcal/kg dan TS 0.4%. Lingkungan pengendapan batubara adalah upper delta plain yang ditentukan dari parameter kualitas yang menunjukkan kandungan sulfur yang rendah, ketebalan batubara yang bervariasi dari tipis hingga tebal.

Kata kunci : Peringkat batubara; PT Indominco Mandiri; *minescape*; pemodelan; lapisan batubara

ABSTRACT

The research area is located in the mining area of PIT 3HWE, Westblock PT. Indominco Mandiri, Sangata District, East Kutai District, North Bontang and South Bontang Districts, and Marang Kayu District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province, aim to be able to identify the distribution pattern of coal seam thickness, coal quality and coal resource estimation. The method used in this study is coal seam modeling using minescape 4.118 software and polygon method. The data used are data on 166 drilling points, drill distances ranging from 75 meters to 100 meters in a concession area of 1900 hectares.

The results of coal modeling produced five seams, namely, C1 seam, L1 seam, U2 seam, C2 seam, L2 seam, with the general direction of distribution relative southeast to southwest, The results of estimated measured resources in the study area were in C1 seam as much as 3,029.75 tons, L1 seam as much as 1,412.77 tons , seam U2 as much as 1,595.77 tons, C2 seam as much as 10,460.27 tons, L2 seam as much as 694.88 tons. The average thickness of the seam in the study area was at seam L1 = 0.38 meters, seam C1 = 1.02 meters, seam U2 = 0.34 meters, seam C2 = 1.98 meters, seam L2 = 0.35 meters. The results of the quality value in the research area are L1 seam has a CV between 5240 – 6291 Kcal / kg and TS 0.31%, C1 seam has a CV between 5640 – 6716 Kcal / kg and TS 0.39%, U2 seam has a CV between 4915 – 6459 Kcal / kg and TS 0.35%, C2 seam has a CV between 5838 – 6752 Kcal / kg and TS 0.21 %, The L2 seam has a CV between 4468 – 6542 Kcal/kg and a TS of 0.4%. The coal deposition environment is an upper delta plain determined from quality parameters indicating low sulfur content, coal thickness varying from thin to thick.

Keywords : Coal rank; PT Indominco Mandiri; minescape,; modelling; seam

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya yang selalu diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemodelan Geologi dan Sebaran Lapisan Batubara untuk Estimasi Sumberdaya Berdasarkan Data Pengeboran pada PIT 3HWE Westblock PT. Indominco Mandiri Kalimantan Timur”**.

Dalam proses penyusunan sampai dengan terselesaikannya skripsi penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya skripsi ini.

Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada ayahanda Ronny Rombe S.T dan ibunda Sherly Pasang Amd. Kom. selaku orang tua penulis yang selama ini memberikan kasih sayang, dukungan dan doa yang tak henti-hentinya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan sebagai sarjana.

Dengan rasa terima kasih dan rendah hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Pak Angga Pratama sebagai pembimbing Tugas Akhir di PT. Indominco Mandiri atas segala bimbingannya.
2. Bapak Yuli Purwanto S.T sebagai Kepala Departemen *Mine Geology* PT. Indominco Mandiri atas bimbingan dan arahan selama pengambilan data Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M. Phill dan Ibu Meinarni Thamrin, S.T, M.T sebagai dosen pembimbing yang telah banyak

meluangkan waktu dan tenaga selama memberikan bimbingan dalam pengerjaan laporan ini.

4. Bapak Prof. Dr. Rer.nat. Ir. A.M. Imran dan Bapak Dr. Ir. M. Fauzi Arifin, M. Si. sebagai dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan dalam hasil laporan ini.
5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri,,S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak dan Ibu dosen di Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama ini
7. Bapak dan Ibu staf administrasi Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama ini.
8. Teman-teman mahasiswa geologi Angkatan 2018 (Xenolith) atas segala dukungannya.
9. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH), yang telah memberikan wawasan dan pengalaman serta menjadi wadah pengembangan *softskill* dan *hardskill*.
10. Seluruh mahasiswa dan peserta PKL batch 2022 PT. Indominco Mandiri terutama teman mess penulis Aisyah, Seshy, Shyfa serta teman mess B3 dan C7 yang telah banyak membantu selama berada di bontang.
11. Berbagai pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, atas segala bantuan maupun dorongan yang diberikan selama ini.

Penulis menyadari keterbatasannya sehingga mungkin dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan yang perlu diberi saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Akhir kata penulis mohon maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan kata dalam laporan pemetaan ini dan semoga dapat berguna bagi semua pihak yang menggunakannya. Amiin.

Makassar, 15 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SARI.....	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Waktu, Letak dan Lokasi Penelitian	2
1.6 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	6
2.1.2 Stratigrafi Regional.....	7
2.1.3 Struktur Geologi Regional	11
2.2 Teori Pembentukan Batubara	12
2.2.1 Ganesa Batubara	13
2.2.2 Jenis Batubara.....	21
2.2.3 Lingkungan Pengendapan dan Fasies Batubara	22
2.2.4 Kegunaan dan Pemakaian Batubara	25
2.2.5 Tipe Endapan Batubara dan Kondisi Geologi.....	27
2.2.6 Sumberdaya Batubara	29
2.2.7 Tahap Eksplorasi Rinci Batubara	34

2.2.8 Analisis Kualitas Batubara	39
2.3 Program <i>Minescape</i> 4.118.....	40
2.3.1 Stratmodel	41
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	42
3.1 Metode Penelitian	42
3.2 Tahapan Pendahuluan	42
3.2.1 Tahap Persiapan.....	42
3.2.2 Tahap Pengambilan Data	43
3.2.3 Tahap Pengolahan Data	44
3.2.4 Tahap Penyusunan Laporan	54
3.3 Diagram Alir.....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Data Penelitian.....	57
4.2 Pemodelan Batubara	58
4.3 Identifikasi Pola Sebaran Lapisan Batubara.....	62
4.4 Sebaran Kualitas <i>Seam</i> Batubara Daerah Penelitian	64
4.4.1 Kualitas <i>Seam</i> C1.....	65
4.4.2 Kualitas <i>Seam</i> L1	66
4.4.3 Kualitas <i>Seam</i> U2	66
4.4.4 Kualitas <i>Seam</i> C2.....	66
4.4.5 Kualitas <i>Seam</i> L2.....	66
4.5 Sumberdaya Batubara Pada Daerah Penelitian	67
BAB V PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	
1. Tabel Data Bor.....	74
2. Peta Sebaran Titik Bor	78
3. Peta Isopach Seam C1	79
4. Peta Isopach Seam L1	80

5. Peta Isopach Seam U2.....	81
6. Peta Isopach Seam C2.....	82
7. Peta Isopach Seam L2	83
8. Peta Cropline	84
9. Penampang 2 Dimensi.....	85
10. Tabel Kualitas Batubara	86
11. Peta Isoqual Cv Seam C1	88
12. Peta Isoqual Cv Seam L1	89
13. Peta Isoqual Cv Seam U2.....	90
14. Peta Isoqual Cv Seam C2.....	91
15. Peta Isoqual Cv Seam L2	92
16. Peta Isoqual Ts Seam C1.....	93
17. Peta Isoqual Ts Seam L1	94
18. Peta Isoqual Ts Seam U2.....	95
19. Peta Isoqual Ts Seam C2.....	96
20. Peta Isoqual Ts Seam L2	97
21. Peta Resources Seam C1	98
22. Peta Resources Seam L1	100
23. Peta Resources Seam U2.....	101
24. Peta Resources Seam C2	102
25. Peta Resources Seam L2	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta tunjuk lokasi	3
Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Lembar Sangata Kalimantan Timur .	5
Gambar 2.2 Kolom Stratigrafi Regional Cekungan Kutai	11
Gambar 2.3 Peta Struktur Geologi Regional Cekungan Kutai	12
Gambar 2.4 Tahap pembentukan batubara	17
Gambar 2.5 Hubungan urutan komposit Batubara dengan kedalaman, kalori dan kelas Batubara.....	22
Gambar 2.6 Model lingkungan pengendapan batubara di lingkungan delt	25
Gambar 2.7 Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara.....	32
Gambar 2.8 Kegiatan Pemboran dengan metode <i>open hole, full core, dan touch core</i>	35
Gambar 2.9 Contoh <i>core box</i> metode <i>full core</i> pada <i>drill hole</i> OPT C2-22-02C	36
Gambar 2.10 Contoh <i>core box</i> metode <i>touch core</i> pada <i>drill hole</i> OPT C2-22-02C.....	37
Gambar 2.11 Contoh data <i>Geophysical Logging</i> pada <i>drill hole</i> OPT C2-22-02C	38
Gambar 3.1 Model <i>surface</i> topo	45
Gambar 3.2 Tampilan <i>schema</i> yang memuat data stratigrafi dan parameter model pada <i>form schema</i>	48
Gambar 3.3 Tampilan data <i>post drill hole</i> yang diinput kedalam <i>project stratmodel</i>	49
Gambar 3.4 Tampilan <i>cropline</i> model yang diinput kedalam <i>project stratmodel</i>	50
Gambar 3.5 Tampilan <i>section</i> 3D yang di sayat searah dip (A,B,C) dan searah <i>strike</i> (D)	51
Gambar 3.6 Tampilan kontur struktur semua <i>seam</i> pada <i>project stratmodel</i>	52

Gambar 3.7 Tampilan <i>quality calorific value seam C2</i>	52
Gambar 3.8 Tampilan hasil model <i>polygon resource seam L1</i>	54
Gambar 3.9 Diagram alir metodologi Penelitian	56
Gambar 4.1 Kenampakan singkapan batubara dari <i>seam C1, seam L1, seam U2, seam C2 dan seam L2</i>	58
Gambar 4.2 Model penyebaran titik bor.....	59
Gambar 4.3 Model penyebaran <i>seam C1</i>	59
Gambar 4.4 Model penyebaran <i>seam L1</i>	60
Gambar 4.5 Model penyebaran <i>seam U2</i>	60
Gambar 4.6 Model penyebaran <i>seam C2</i>	61
Gambar 4.7 Model penyebaran <i>seam L2</i>	61
Gambar 4.8 Pemodelan 3D sebaran <i>seam</i> batubara	62
Gambar 4.9 Diagram statistik ketebalan seam batubara	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe endapan batubara berkaitan dengan sedimentasi, tektonik, dan variasi kualitas (Sumber : SNI 5015:2019)	29
Tabel 2.2 Jarak titik informasi menurut kondisi geologi (SNI 5015:2019) .	30
Tabel 4.1 Kualitas Batubara pada daerah penelitian	65
Tabel 4.2 Sumberdaya batubara pada daerah penelitian format IMM.....	68
Tabel 4.3 Sumberdaya batubara pada daerah penelitian	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam dan sumber daya geologi, pada setiap pulau yang ada di Indonesia selalu memiliki kekayaan sumber daya geologi yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat Indonesia. Salah satu sumber daya geologi yang ada di Indonesia yaitu sumber daya batubara. Saat ini batubara telah menjadi komoditas ekonomis yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia dan batubara juga merupakan salah satu komoditas sumber daya energi yang cadangannya termasuk salah satu terbesar di dunia.

Kebanyakan sumberdaya batubara di Indonesia merupakan peringkat rendah (lignit sampai sub-bituminus). Diperkirakan sumberdaya batubara tersebut mencapai 58 milyar ton yang terbentang di beberapa wilayah Indonesia. Sumberdaya batubara paling banyak terdapat di Sumatera dan Kalimantan (Linggadipura,2017).

Untuk mengetahui informasi yang representatif mengenai kompleksitas geologi seperti struktur, stratigrafi, sedimentologi dan sebaran endapan batubara dibutuhkan pemodelan geologi. Maka dari itu, dirasa perlu untuk penulis membuat suatu penelitian yang berjudul “Pemodelan Geologi dan Sebaran Lapisan Batubara untuk Estimasi Sumberdaya Berdasarkan Data Pengeboran pada PIT 3HWE *Westblock* PT. Indominco Mandiri Kalimantan Timur”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini antara lain:

1. Berapa estimasi sumberdaya batubara yang ada pada daerah penelitian?
2. Bagaimana penyebaran dan ketebalan tiap *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian?
3. Bagaimana penyebaran dan nilai kualitas *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui estimasi sumberdaya batubara di daerah penelitian.
2. Mengetahui penyebaran dan ketebalan tiap *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian.
3. Mengetahui penyebaran kualitas *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian.

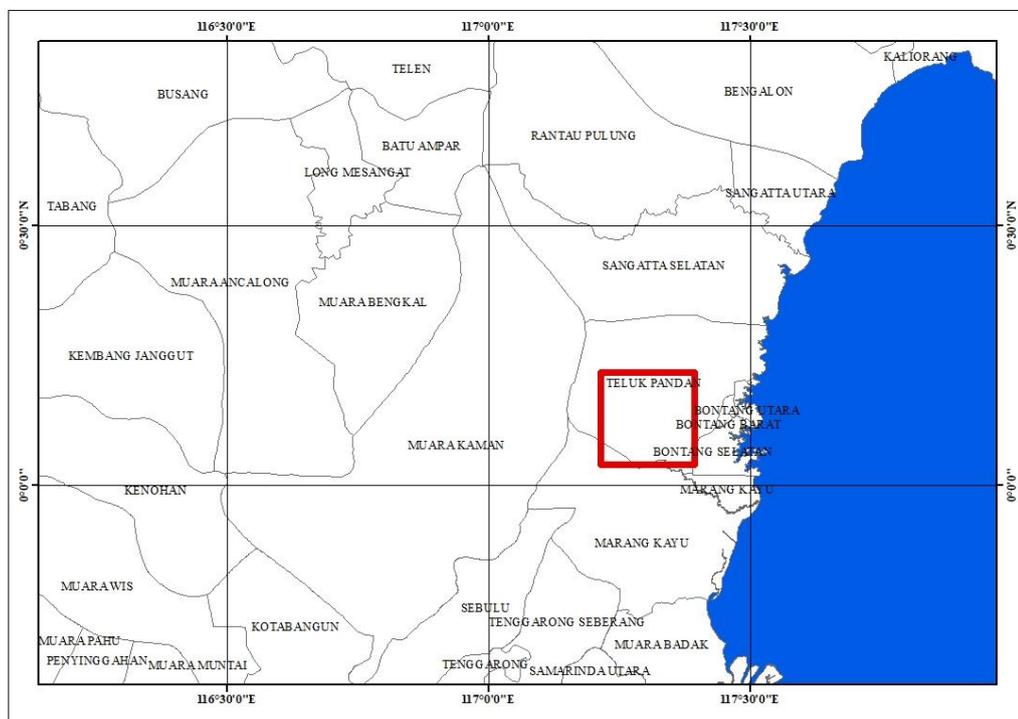
1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini cakupan permasalahan dibatasi pada identifikasi pola sebaran lapisan batubara, penyebaran kualitas, dan estimasi sumberdaya batubara di area penambangan PIT 3HWE *Westblock* dari *seam* C1, L1, U2, C2 dan L2 PT. Indominco Mandiri, Kalimantan Timur, Indonesia.

1.5 Waktu, Letak dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian termasuk Kecamatan Sangata, Kabupaten Kutai Timur, Kecamatan Bontang Utara dan Bontang Selatan, Kota

Bontang dan Kecamatan Marang Kayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada $117^{\circ}12'50''$ - $117^{\circ}23'30''$ BT dan $00^{\circ}02'20''$ - $00^{\circ}13'00''$ LU. Jarak tempuh dari Kota Makassar menuju daerah penelitian adalah sekitar ± 833 km yang dapat dituju dengan menggunakan jalur udara berupa pesawat ke Balikpapan sekitar ± 1 jam, lalu dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan kendaraan beroda empat ± 5 jam ke Kota Bontang atau lokasi penelitian (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi

1.6 Manfaat Penelitian

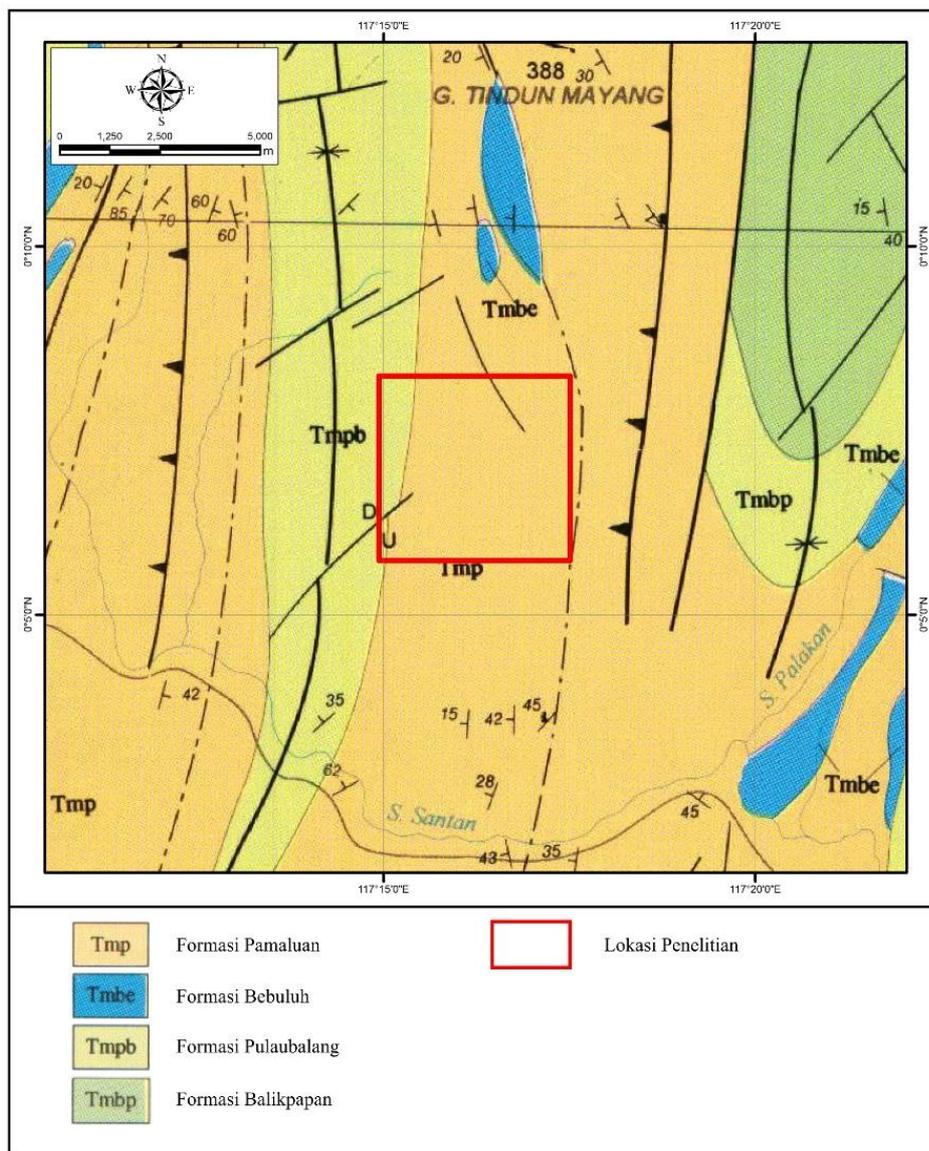
Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah mengetahui pola sebaran lapisan batubara untuk mengetahui kemenerusan tiap lapisan sehingga dapat digunakan sebagai perkiraan lokasi dan batas limit potensial yang dapat digunakan sebagai dasar dalam tahapan perencanaan penambangan untuk produksi

batubara dan mengetahui jumlah cadangan batubara yang terdapat di daerah penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Daerah penelitian secara geologi regional merupakan bagian dari Cekungan Kutai dan termasuk dalam Peta Geologi Lembar Sangata (Supriatna dkk 1995 dalam M. Dede 2011).



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Lembar Sangata, Kalimantan Timur

2.1.1 Geomorfologi Regional

Dalam Laporan Estimasi Sumber Daya PT IMM 2020 dan berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisa dari Peta Topografi Bakosurtanal 1993, lokasi penelitian dapat dibagi 3 satuan morfologi, yaitu:

1. Satuan Morfologi Relief Tinggi

Satuan ini membentuk beberapa perbukitan yang memanjang relatif utara - selatan dan masing-masing perbukitan dipisahkan oleh satuan morfologi sedang, meliputi :

- a. Bagian tengah, perbukitan ini terletak pada sumbu antiklin (Antiklin Api-Api), mempunyai ketinggian antara 100 – 305 m dari permukaan air laut dengan puncak G. Togar dan G. Lobang Batik (305 m). Batuan penyusun perbukitan ini adalah batugamping dari Formasi Pamaluan, dengan kemiringan lereng antara 62° - 74° .
- b. Bagian barat, perbukitan ini terletak pada sumbu antiklin (Antiklin Pelakan), mempunyai ketinggian antara 100 – 370 m dari permukaan air laut dengan puncak G.Tandung Mayang (370 m). Batuan penyusun perbukitan ini adalah batu gamping dari Formasi Balikpapan, dengan kemiringan lereng antara 53° – 64° .
- c. Bagian selatan, perbukitan ini terletak pada sumbu antiklin (Antiklin Pelakan, selatan S. Santan), mempunyai ketinggian antara 75 – 290 m dari permukaan air laut dengan puncak G. Punggung beruk (290 m). Batuan penyusun perbukitan ini adalah batugamping dari Formasi Balikpapan, dengan kemiringan lereng antara 45° - 70° .

2. Satuan Morfologi Relief Sedang

Satuan ini membentuk bukit-bukit kecil yang berlereng relatif kecil, sebagian dataran dan berawa, memisahkan perbukitan yang bermorfologi tinggi, terletak di bagian timur, tengah, dan barat dengan ketinggian antara 50 – 100 m dari permukaan air laut. Batuan penyusun morfologi ini adalah batupasir, batulempung, batulumpur, sisipan batugamping dan batubara (bagian tengah dan barat). Kemiringan lereng antara 0° – 33° .

3. Satuan Morfologi Relief Rendah

Satuan ini merupakan dataran rendah, lembah sungai dan sebagian besar berawa, menempati bagian timur sebelah utara (Kota Bontang) dan selatan (Sekaming dan Santan), memisahkan morfologi sedang (di bagian timur). Ketinggian satuan morfologi ini antara 0 – 50 m dari permukaan air laut, dengan kemiringan lereng antara 0° – 5° . Batuan penyusun morfologi ini adalah batulempung, batulumpur, sisipan batupasir dan sisa tumbuhan.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Secara umum stratigrafi regional daerah penelitian termasuk pada Lembar Sangata (Gambar 2.2), dibagi menjadi (dari tua ke muda) yaitu (Supriatna dkk 1995 dalam M. Dede 2011) :

1. Formasi Pamaluan (*Tomp*)

Formasi Pamaluan memperlihatkan ciri litologi serpih dengan sisipan batupasir kuarsa dan batubara. Berbeda dengan formasi-formasi sedimen Tersier yang lebih tua, Formasi Pamaluan tersingkap pada daerah yang luas, menempati daerah topografi rendah. Berdasarkan kandungan fosil pada serpih, menunjukkan

lingkungan pengendapan litoral – supralitoral. Umurnya tidak lebih tua dari Oligosen. Diatasnya diendapkan batugamping Formasi Bebulu. Dari litologi penyusun Formasi Pamaluan terlihat bahwa bagian bawah formasi ini diendapkan dalam lingkungan paparan delta (*delta plain*) dengan terdapatnya batubara. Kemudian terjadi transgresi, lingkungan berubah menjadi pantai dengan diendapkannya batugamping Formasi Bebulu yang memiliki hubungan menjemari pada bagian atas Formasi Pamaluan.

2. Formasi Bebulu (*Tmbe*)

Formasi Bebulu dengan litologi penyusunnya terdiri dari batugamping terumbu dengan sisipan batugamping pasiran dan serpih warna kelabu, padat, mengandung foraminifera besar, berbutir sedang. Setempat batugamping menghablur, terkekar tak beraturan. Serpih, kelabu kecoklatan berselingan dengan batupasir halus kelabu tua kehitaman. Foraminifera besar yang dijumpai antara lain : *Lepidocyclina sumatraensis* BRADY, *Miogypsina* sp., *Operculina* sp., menunjukkan umur Miosen Awal – Miosen Tengah. Lingkungan pengendapan laut dangkal dengan ketebalan sekitar 300 m. Formasi Bebulu tertindih selaras oleh Formasi Pulau Balang.

3. Formasi Pulau Balang (*Tmpb*)

Supriatna dkk, 1995 menyatakan bahwa formasi ini terdiri dari litologi berupa perselingan antara *graywacke* dengan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tuff dasit. Batupasir *graywacke*, kelabu kehijauan, padat, tebal lapisan antara 50 – 100 cm. Batupasir kuarsa, kelabu kemerahan, setempat tuffan dan gampingan, tebal lapisan antara 15 – 60

cm. Batugamping, coklat muda kekuningan, batugamping ini terdapat sebagai sisipan dan lensa dalam batupasir kuarsa, tebal lapisan 10 – 40 cm. Batulempung, kelabu kehitaman, tebal lapisan 1 – 2 cm. Setempat berselingan dengan batubara, tebal ada yang mencapai 4 m. Tufa dasit, putih merupakan sisipan dalam batupasir kuarsa.

Pada bagian bawah formasi ini diendapkan pada lingkungan *inner neritic* dengan pengaruh deltaik – paralik dan pada bagian atas formasi diendapkan dengan lingkungan laut terbuka (*middle neritic*) dengan kisaran umur N5 – N7 (Miosen Awal) dan kemungkinan dapat lebih muda. Di Sungai Loa Haur mengandung foraminifera besar antara lain *Austrotrilina howchini*, *Borelis sp.*, *Lepidocyclina sp.*, *Miogypsina sp.*, menunjukkan umur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan laut dangkal.

Ditemukannya fragmen batubara pada batuan yang ada pada formasi ini menunjukkan bahwa adanya pengangkatan di daerah barat dimana endapan batubara berumur tua tererosi yang kemudian diendapkan kembali pada Formasi Pulau Balang. Pengangkatan ini menyebabkan terjadinya *prograding* delta ke timur pada Miosen Tengah.

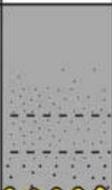
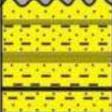
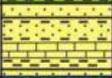
4. Formasi Balikpapan (*Tmpb*)

Formasi Balikpapan terdiri dari beberapa siklus endapan delta yang disusun oleh litologi yang terdiri dari perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan lanau, serpih, batugamping dan batubara. Batupasir kuarsa, putih kekuningan, tebal lapisan 1 – 3 m, disisipi lapisan batubara tebal 5 – 10 cm. Batupasir gampingan, coklat, berstruktur sedimen lapisan bersusun dan

silangsiur, tebal lapisan 20 – 40 cm, mengandung foraminifera kecil, disisipi lapisan tipis karbon. Lempung, kelabu kehitaman, setempat mengandung sisa tumbuhan, oksida besi yang mengisi rekahan - rekahan setempat mengandung lensa-lensa batupasir gampingan. Lanau gampingan, berlapis tipis, serpih kecoklatan, berlapis tipis. Batugamping pasiran mengandung foraminifera besar, moluska, menunjukkan umur Miosen Akhir bagian bawah – Miosen Tengah bagian atas. Lingkungan pengendapan Perengan paras delta – dataran delta, tebal 1000 – 1500 m. Formasi ini memiliki hubungan bersilang jari dengan Formasi Pulau Balang.

5. Formasi Kampungbaru (*Tpkb*)

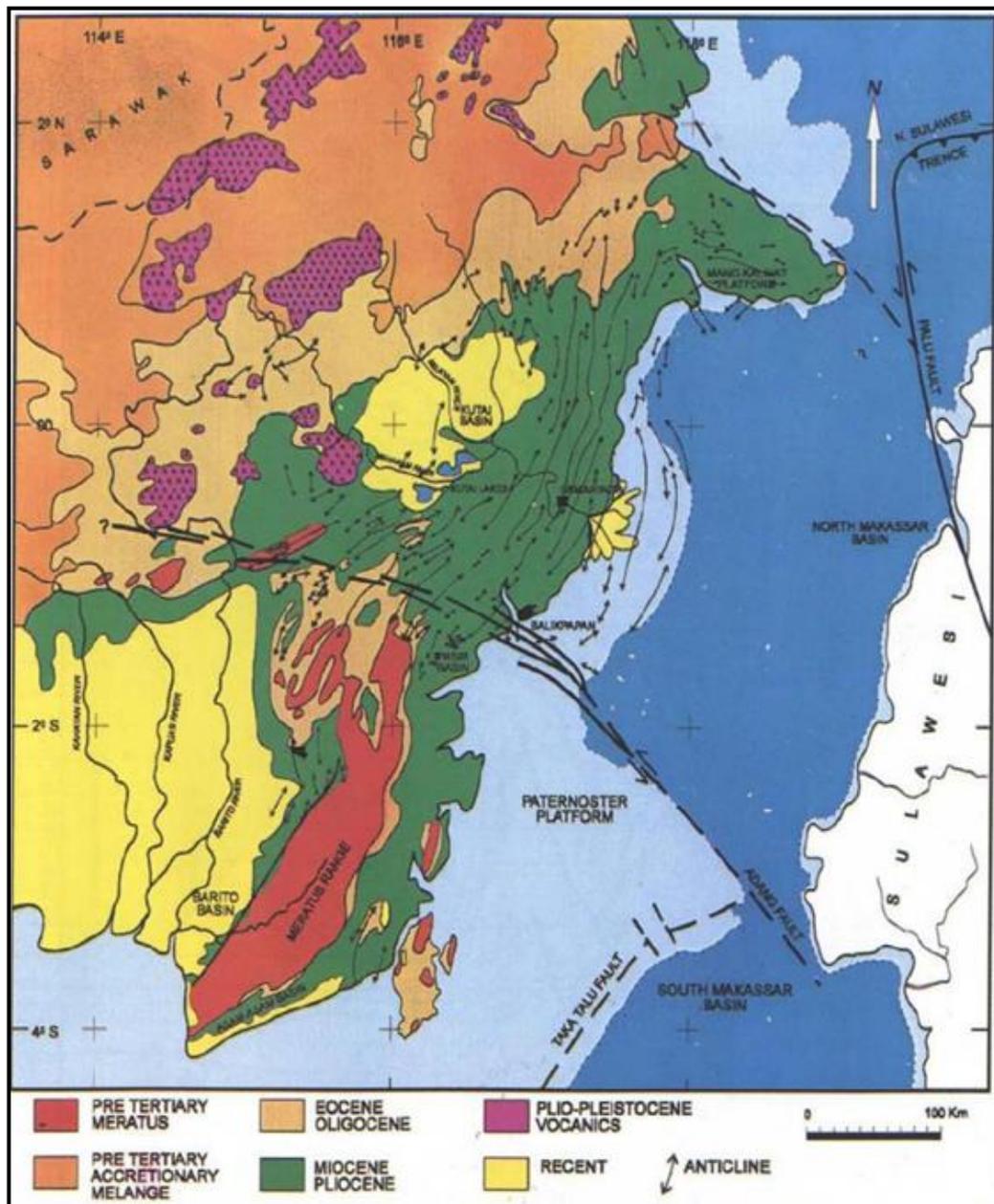
Tediri dari batupasir kuarsa dengan sisipan lempung, serpih, lanau dan lignit, pada umumnya lunak, mudah hancur. Batupasir kuarsa, putih, setempat kemerahan atau kekuningan, tidak berlapis, mudah hancur, setempat mengandung lapisan tipis oksida besi atau konkresi, tuffan atau lanau dan sisipan batupasir konglomeratan atau konglomerat dengan komponen kuarsa, kalsedon, serpih merah dan lempung, diameter 0,5 – 1 cm, mudah lepas. Lempung, kelabu kehitaman mengandung sisa tumbuhan, kepingan batubara, koral. Lanau, kelabu tua, menyerpih, laminasi. Lignit, tebal 1 – 2 m. Diduga berumur Miosen Akhir – Plio Plistosen, lingkungan pengendapan delta – laut dangkal, tebal lebih dari 500m. Formasi ini menindih selaras dan setempat tidak selaras terhadap Formasi Balikpapan.

UMUR		FORMASI	TEBAL (m)	LITOLOGI	DESKRIPSI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	HOLOSEN	Alluvial (Qa)	?		Material lepas berukuran lempung hingga pasir halus, dan material organik.	Fluvial Lacustrine
	PLISTOSEN					
TERSIER	PLIOSEN	Kampungbaru	900		Batupasir kuarsa yang bersifat lepas dengan sisipan batulempung, serpih, batulanau dan lignit.	Delta
	MIOSEN ATAS	Balikpapan	3000		Batulempung dan batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau serpih, dan batubara	Delta
	MIOSEN TENGAH	Pulau Balang	2750		Batupasir (greywacke), batupasir kuarsa, batugamping, batulempung dengan sisipan batubara.	Darat - laut dangkal
	MIOSEN BAWAH	Bebulu Pamalu	2000 3000		Formasi Bebulu : batugamping dengan sisipan batugamping pasiran dan serpih. Formasi Pamalu : batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batugamping dan batulanau.	Laut Dangkal (Neritik)

Gambar 2.2 Kolom Stratigrafi Regional Cekungan Kutai (Supriatna & Rustandi 1995 dalam Resmawan 2007 dalam M. Dede 2011)

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Secara regional Struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan adalah struktur lipatan dan sesar. Struktur lipatan berupa antiklin dan sinklin yang sumbuanya berarah relatif Baratlaut – Tenggara sedangkan struktur sesar berarah relatif Utara – Selatan. Salah satu unsur struktur yang dominan di daerah ini adalah struktur sinklin. Sinklin-sinklin tersebut umumnya terlipat lemah dengan kemiringan kedua sayap yang cukup landai yaitu bervariasi dari 5° hingga 20° (Rahmat, 2007).



Gambar 2.3 Peta Struktur Geologi Regional Cekungan Kutai (van de Weerd & Armin 1992)

2.2 Teori Pembentukan Batubara

Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Perubahan

yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras (Mutasim, 2010).

Bahan organik utamanya yaitu tumbuhan yang dapat berupa jejak kulit pohon, daun, akar, struktur kayu, spora, polen, damar, dan lain-lain. Adapun material pembentuk batubara sebagai berikut (Teichmuller, 1982).

- Alga
- Silofita
- Pteridofita
- Gimnospermae
- Angiospermae

2.2.1 Genesa Batubara

Batubara terbentuk pada zaman Karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu. Pada masa itu pembentukan batubara terjadi paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk. Pada Zaman Permian, kira-kira 270 juta tahun, juga terbentuk endapan-endapan batubara yang ekonomis di belahan bumi bagian selatan, seperti Australia, dan berlangsung terus hingga ke Zaman Tersier (70 - 13 juta tahun) di berbagai belahan Bumi lain (Sukandarrumidi, 1995).

Genesa batubara berdasarkan tempat dibedakan menjadi dua (Sukandarrumidi, 1995) yaitu :

a. Teori Insitu

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuk di tempat dimana tumbuh - tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian setelah tumbuhan itu mati, sebelum terjadi proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Batubara dengan proses ini penyebarannya luas, merata dan kualitasnya baik.

b. Teori *Drift*

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati mengalami transportasi oleh media air dan terakumulasi disuatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan terjadi proses *coalification*. Batubara dengan proses *drift* penyebarannya tidak luas tetapi banyak dan kualitasnya kurang baik.

Bahan organik mengalami berbagai tingkat perubahan sehingga menyebabkan perubahan sifat-sifat fisika maupun kimia baik sebelum ataupun sesudah tertutup oleh endapan lainnya.

1. Tahapan Pembentukan Batubara

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap seperti pada (Gambar 2.4) yaitu:

a. Tahap biokimia (penggambutan)

Tahap Diagenetik atau Biokimia, dimulai pada saat material tanaman terdeposisi hingga lignit terbentuk. Agen utama yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi dan gangguan biologis yang

dapat menyebabkan proses pembusukan (dekomposisi) dan kompaksi material organik serta membentuk gambut.

Tahap penggabutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah yang ideal untuk pembentukan gambut misalnya rawa, delta sungai, danau dangkal atau daerah dalam kondisi tertutup udara dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5-10 meter.

Gambut bersifat porous, tidak padat dan umumnya masih memperlihatkan struktur tumbuhan asli, kandungan airnya lebih besar dari 75% (berat) dan komposisi mineralnya kurang dari 50% (dalam keadaan kering). Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut.

Syarat terbentuknya formasi batubara antara lain adalah kenaikan muka air tanah yang lambat, perlindungan rawa terhadap pantai atau sungai dan energi relief rendah. Jika muka air tanah terlalu cepat naik (atau penurunan dasar rawa cepat) maka kondisi akan menjadi *limnic* atau bahkan akan terjadi endapan marin. Sebaliknya jika terlalu lambat, maka sisa tumbuhan yang terendapkan akan teroksidasi dan tererosi. Terjadinya kesetimbangan antara penurunan cekungan/*land-subsidence* dan kecepatan penumpukan sisa tumbuhan (kesetimbangan bioteknik) yang stabil akan menghasilkan gambut yang tebal.

Lingkungan tempat terbentuknya rawa gambut umumnya merupakan tempat yang mengalami depresi lambat dengan sedikit sekali atau bahkan tidak

ada penambahan material dari luar. Pada kondisi tersebut muka air tanah terus mengikuti perkembangan akumulasi gambut dan mempertahankan tingkat kejenuhannya. Kejenuhan tersebut dapat mencapai 90% dan kandungan air menurun drastis hingga 60% pada saat terbentuknya *brown-coal*. Sebagian besar lingkungan yang memenuhi kondisi tersebut merupakan *topogenic low moor*. Hanya pada beberapa tempat yang mempunyai curah hujan sangat tinggi dapat terbentuk rawa gambut ombrogenik (*high moor*) (Anshari, 2016).

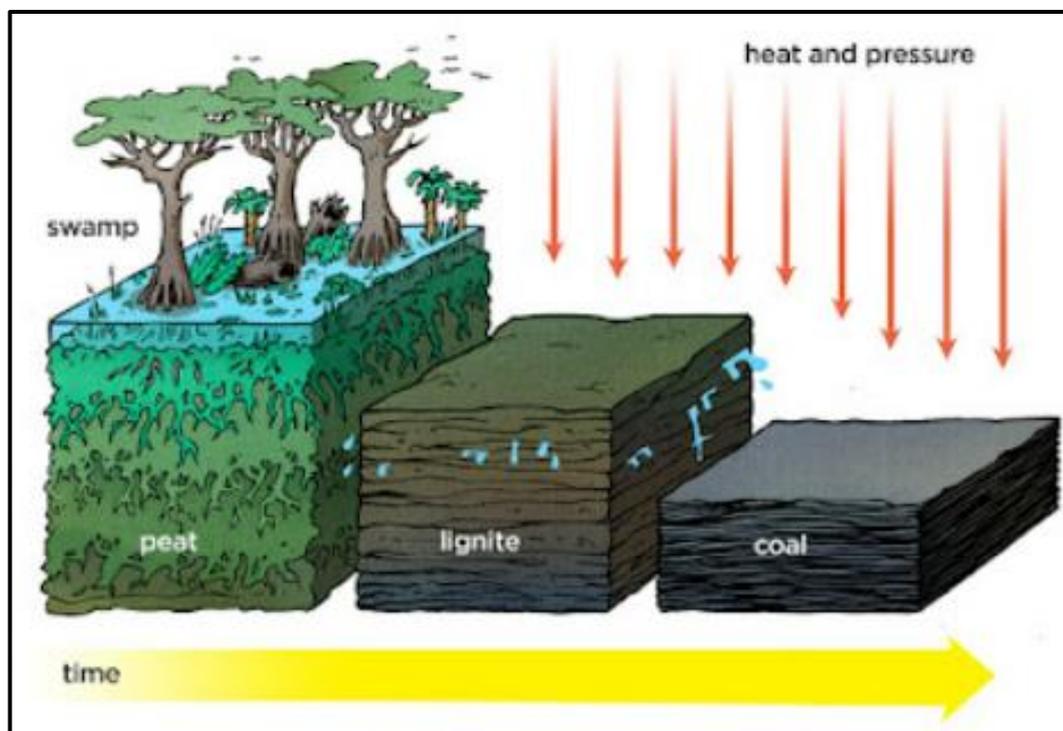
b. Tahap geokimia (pembatubaraan).

Proses pembentukan gambut dapat berhenti karena beberapa proses alam seperti misalnya karena penurunan dasar cekungan dalam waktu yang singkat. Jika lapisan gambut yang telah terbentuk kemudian ditutupi oleh lapisan sedimen, maka tidak ada lagi bahan anaerob, atau oksigen yang dapat mengoksidasi, maka lapisan gambut akan mengalami tekanan dari lapisan sedimen. Tekanan terhadap lapisan gambut akan meningkat dengan bertambah tebalnya lapisan sedimen. Tekanan yang bertambah besar pada proses pembatubaraan akan mengakibatkan menurunnya porositas dan meningkatnya anisotropi. Porositas dapat dilihat dari kandungan airnya yang menurun secara cepat selama proses perubahan gambut menjadi *brown coal*. Hal ini memberi indikasi bahwa masih terjadi kompaksi (Anshari, 2016).

Proses pembatubaraan terutama dikontrol oleh kenaikan temperatur, tekanan dan waktu. Pengaruh temperatur dan tekana dipercayai sebagai faktor yang sangat dominan, karena sering ditemukan lapisan batubara *high-rank* (antrasit) yang berdekatan dengan intrusi batuan beku sehingga terjadi kontak

metamorfisme. Kenaikan peringkat batubara juga dapat disebabkan karena bertambahnya kedalaman. Sementara bila tekanan makin tinggi, maka proses pembatubaraan semakin cepat, terutama didaerah lipatan dan patahan (Anshari, 2016).

Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia, dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan, dan waktu terhadap komponen organik dari gambut. Pada tahap ini prosentase karbon akan meningkat, sedangkan prosentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit (Anshari, 2016).



Gambar 2.4 Tahap pembentukan batubara (Susilawati, 1992)

2. Faktor yang berpengaruh dalam pembentukan batubara (Susilawati, 1992)

antara lain:

a. Posisi Geotektonik

Yaitu suatu keadaan batubara yang keberadaannya dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik dengan adanya pengaruh dari gaya - gaya tersebut akan mempengaruhi iklim lokal dan morfologi cekungan lingkungan pengendapan batubara maupun kecepatan penurunannya.

b. Topografi

Topografi dari cekungan pada saat pembentukan gambut sangat penting karena menentukan penyebaran rawa - rawa dimana batubara tersebut terbentuk. Topografi mungkin mempunyai efek yang terbatas terhadap iklim dan keberadaannya bergantung pada posisi geoteknik. Bentuk muka bumi yang berupa cekungan akan sangat berpengaruh dan dapat menentukan arah penyebaran batubara.

c. Iklim

Keberadaan memegang peranan penting dalam pembentukan batubara dan merupakan faktor pengontrol pertumbuhan flora dan kondisi yang sesuai. Iklim tergantung pada posisi geografi dan lebih luas lagi dipengaruhi oleh posisi geoteknik. Temperatur yang lembab pada iklim tropis dan subtropis pada umumnya sesuai untuk pertumbuhan flora dibandingkan wilayah yang lebih dingin. Pada iklim tropis atau subtropis umumnya akan membentuk batubara yang mengkilap, sedangkan pada daerah yang lebih dingin batubara terbentuk lebih kusam.

d. Penurunan

Penurunan cekungan batubara dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik, jika penurunan dan pengendapan gambut seimbang maka akan menghasilkan lapisan batubara yang tebal. Pergantian transgresi dan regresi akan mempengaruhi pertumbuhan flora dan pengendapannya yang menyebabkan adanya infiltrasi material dan mineralnya, hal ini mempengaruhi kualitas batubara yang terbentuk.

e. Umur Geologi

Merupakan umur formasi pembawa lapisan batubara. Proses geologi menentukan berkembangnya evolusi kehidupan berbagai macam tumbuhan, berpengaruh pada sejarah pengendapan batubara dan metamorfosa organik. Dimana makin tua umur pembawa lapisan batubara maka akan semakin tinggi nilai kalorinya.

f. Tumbuhan

Flora merupakan unsur utama pembentuk batubara yang tumbuh pada masa Karbon dan Tersier terdiri berbagai jenis tumbuhan. Pertumbuhan dari flora terakumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu.

g. Dekomposisi

Dekomposisi flora merupakan bagian dari transformasi biokimia dari organik menjadi gambut yang merupakan titik awal untuk seluruh alterasi, bila tumbuhan tertutup air dengan cepat maka pembusukan tidak akan terjadi tetapi

akan di integrasi atau penguraian hewan mikrobiologi, bila tumbuhan yang mati berada di udara terbuka maka kecepatan pembentukan gambut akan berkurang sehingga bagian keras saja yang tertinggal.

h. Metamorfosa Organik

Tingkat kedua dalam pembentukan batubara adalah penimbunan atau penguburan oleh sedimen baru. Proses ini lebih didominasi oleh proses dinamokimia yang menyebabkan perubahan gambut menjadi batubara dalam berbagai mutu. Proses metamorfosa organik akan dapat mengubah gambut menjadi batubara sesuai dengan perubahan sifat kimia, fisik, dan optiknya. Selama Proses ini terjadi pengurangan air lembab, oksigen, zat terbang, serta bertambahnya presentase karbon padat, belerang dan kandungan abu.

i. Sejarah Setelah Pengendapan

Sejarah cekungan batubara secara luas bergantung pada posisi geoteknik yang mempengaruhi perkembangan batubara dan cekungan batubara. Secara singkat terjadi proses biokimia dan metamorfosa organik sesudah pengendapan gambut, secara geologi intrusi menyebabkan terbentuknya struktur cekungan batubara berupa perlipatan, sesar, intrusi. Terbentuknya batubara pada cekungan batubara umumnya mengalami deformasi oleh gaya tektonik, yang akan menghasilkan lapisan batubara dengan bentuk-bentuk tertentu. Disamping itu adanya erosi yang intensif menyebabkan bentuk lapisan batubara tidak menerus.

2.2.2 Jenis Batubara

Menurut Sari (2009), Batubara pada umumnya dibagi dalam 5 kelas, yaitu:

1. Antrasit

Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.

2. Bituminus

Bituminus mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batubara yang paling banyak ditambang di Australia.

3. Sub-bituminus

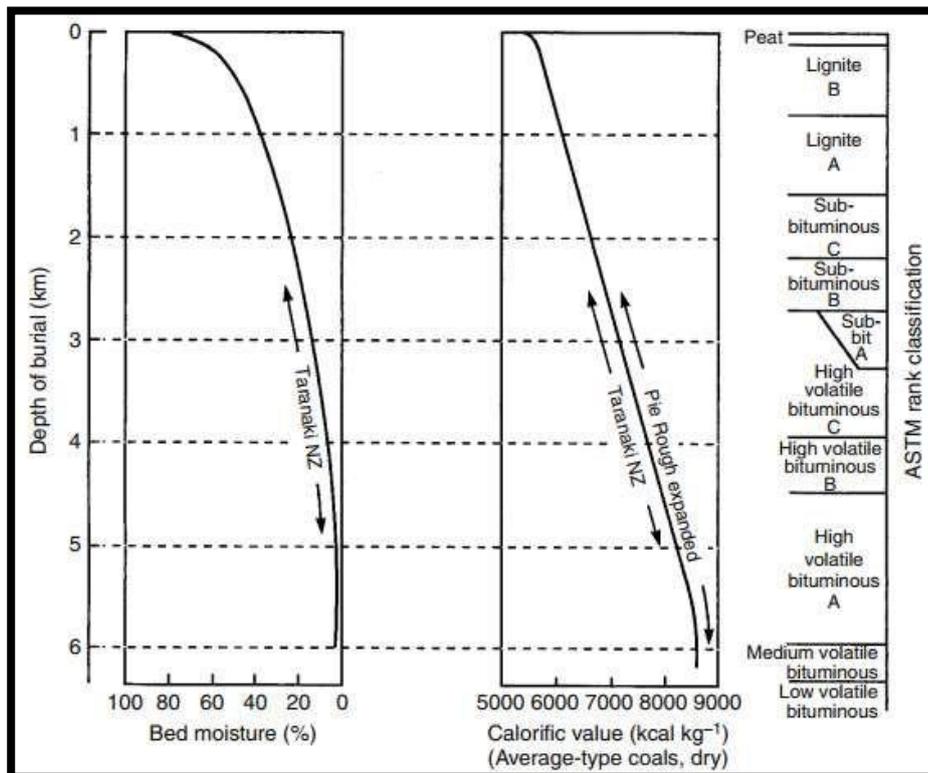
Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.

4. Lignit

Lignit atau batubara coklat adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.

5. Gambut

Gambut, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.



Gambar 2.5 Hubungan urutan komposit Batubara dengan kedalaman, kalori dan kelas Batubara (Thomas Larry 2013)

2.2.3 Lingkungan Pengendapan dan Fasies Batubara

Batubara merupakan hasil dari akumulasi tumbuh-tumbuhan pada kondisi lingkungan pengendapan tertentu. Akumulasi tersebut telah dikenai pengaruh *syndimentary* dan *post-sedimentary*. Akibat pengaruh-pengaruh tersebut dihasilkanlah batubara dengan tingkat (*rank*) dan kerumitan struktur yang bervariasi. Lingkungan pengendapan batubara dapat mengontrol penyebaran lateral, ketebalan, komposisi, dan kualitas batubara. Untuk pembentukan suatu endapan yang berarti diperlukan suatu susunan pengendapan dimana terjadi produktifitas organik tinggi dan penimbunan secara perlahan-lahan namun terus menerus terjadi dalam kondisi reduksi tinggi dimana terdapat sirkulasi air yang cepat sehingga oksigen tidak ada dan zat organik dapat terawetkan. Kondisi

demikian dapat terjadi diantaranya di lingkungan paralik (pantai) dan limnik (rawa-rawa) (Horne, 1979).

Horne (1979) mengemukakan terdapat 4 lingkungan pengendapan utama pembentuk batubara yaitu *upper delta plain*, *transitional delta plain*, *lower delta plain*, *back barrier*. Tiap lingkungan pengendapan mempunyai asosiasi dan menghasilkan karakter batubara yang berbeda.

1. Lingkungan pengendapan *back barrier*

Lingkungan *back barrier* menghasilkan lapisan batubara yang tipis, pola sebarannya memanjang sejajar sistem penghalang, bentuk lapisan melebar karena dipengaruhi tidal *channel* setelah pengendapan atau bersamaan dengan proses pengendapan dan kandungan sulfurnya tinggi.

2. Lingkungan pengendapan *lower delta plain*

Lingkungan *lower delta plain* karakteristik batubaranya mengkilap, indeks pengawetan jaringan maseral rendah-menengah, indeks gelifikasi maseral tinggi-sangat tinggi, sulfurnya agak tinggi. Lapisan batubaranya tipis, sebaran sepanjang *channel* atau jurus pengendapan, ditandai hadirnya *splitting*. Litologinya didominasi oleh urutan serpih dan batulanau yang mengkasar kearah atas, ketebalannya berkisar antara 15-55meter dengan pelampiran lateral. Pada bagian bawah dari teluk tersusun atas lempung-serpih abu-abu gelap sampai hitam yang merupakan litologi dominan, kadang-kadang terdapat batugamping dan *mudstone siderite* yang sebarannya tidak teratur, pada bagian atas sikuen ini terdapat batupasir *ripples* dan struktur lain yang ada hubungannya dengan arus,

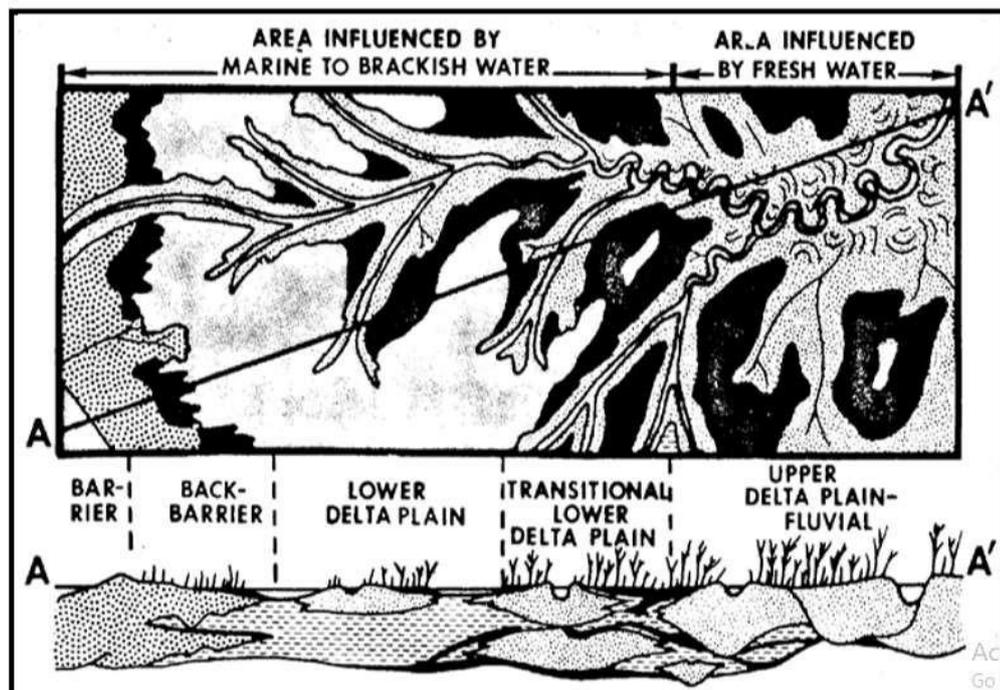
hal ini menunjukkan adanya penambahan energi pada perairan dangkal ketika teluk terisi endapan.

3. Lingkungan pengendapan *upper delta plain*

Upper delta plain-fluvial tebal dapat mencapai lebih dari 10 meter, sebaran luas cenderung memanjang sejajar jurus pengendapan, kemenerusan lapisan lateral sering terpotong *channel*, di tandai *splitting*, *washout* dan kandungan sulfur rendah. Endapannya didominasi oleh bentuk linier, tubuhpasir lentikuler, pada tubuhpasir dapat gerusan pada bagian bawahnya, permukaan terpotong tajam, tetapi secara lateral pada bagian atas bagian batupasir ini melidah dengan serpih abu-abu, batulanau dan lapisan batubara. Sifat khas tersebut menunjukkan energi yang besar pada *channel* pada sekitar rawa kecil dan danau-danau, dari bentuk batupasir dan pertumbuhan lapisan *point bar* menunjukkan bahwa hal ini dikontrol oleh *meandering*.

4. Lingkungan pengendapan *transitional lower delta plain*

Tebal dapat lebih dari 10 meter, sebaran luas cenderung memanjang sejajar jurus pengendapan, kemenerusan lateral sering terpotong *channel*, di tandai *splitting* dan *washout* serta kandungan sulfur agak rendah. Lapisan batubara pada umumnya tersebar meluas dengan kecenderungan agak memanjang sejajar dengan jurus pengendapan. Lapisan batubara pada daerah *transitional lower delta plain* terbentuk pada daerah transisi antara *upper delta plain* dan *lower delta plain* dan merupakan yang paling tebal dan penyebarannya juga paling luas karena perkembangan rawa yang ekstensif pada pengisian yang hampir lengkap dari teluk yang interdistribusi.



Gambar 2.6 Model lingkungan pengendapan batubara di lingkungan delta (Thomas Larry, 2013)

2.2.4 Kegunaan dan Pemakaian Batubara

Batubara ini memiliki nilai yang strategis dan potensial untuk memenuhi sebagian besar energi dalam negeri. Batubara sebagai bahan bakar digunakan pada industri kereta api, kapal laut, pembangkit tenaga listrik, dan industri semen (Anshari, 2016). Penggunaan batubara dalam bentuk briket untuk keperluan rumah tangga dan industri kecil. Pemanfaatan teknologi batubara bersih yang terus dikembangkan, antara lain adalah:

1. *UBC (Upgrading Brown Coal)*

UBC adalah proses peningkatan batubara berkalori rendah. Peningkatan mutu batubara dilakukan untuk batubara mutu rendah (< 5.000 kcal/kg) menjadi batubara mutu menengah sampai tinggi (>6.000 kcal/kg) dengan cara pengurangan kandungan total air (*total moisture reduction*). Kemudian

dilanjutkan dengan pembangunan Demonstration Plant UBC berkapasitas di Kalimantan yang diresmikan pada tahun 2008 dengan menjalin kerjasama dengan Jepang. (Anshari, 2016).

2. Pencairan Batubara (*Coal Liquefaction*)

Coal liquifaction merupakan proses yang dilakukan pada jenis batubara peringkat rendah yang dibuat dalam bentuk batubara cair yang disebut minyak mentah sintetis. Minyak sintetis ini diproses lebih lanjut untuk mendapatkan jenis bahan bakar yang siap pakai, seperti minyak bensin, solar, dan minyak tanah. Program pencairan batubara menjadi sangat penting, sehubungan dengan kebijakan energi yang dituangkan dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang didasarkan pada Perpres No.5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, dan Inpres No. 2 Tahun 2006 tentang Penyediaan Batubara yang dicairkan sebagai bahan bakar lain, yang salah satu sarannya adalah batubara cair harus dapat memenuhi kebutuhan akan bahan bakar sekitar dua persen dari jumlah kebutuhan nasional pada tahun 2025 mendatang. (Anshari, 2016).

3. Gasifikasi Batubara (*Coal Gasification*)

Seiring dengan program pencairan batubara, program gasifikasi batubara juga terus dilaksanakan. Proses gasifikasi batubara adalah proses yang mengubah batubara dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas dengan mengubah batubara menjadi gas, maka material yang tidak diinginkan yang terkandung dalam batubara seperti senyawa sulfur dan abu, dapat dihilangkan dari gas dengan menggunakan metode tertentu sehingga dapat dihasilkan gas bersih dan dapat dialirkan sebagai sumber energi. Teknologi gasifikasi batubara

ini juga telah diterapkan sebagai campuran bahan bakar mesin diesel untuk keperluan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan kapasitas 250 kW (Anshari, 2016).

2.2.5. Tipe Endapan Batubara dan Kondisi Geologi

Berdasarkan proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, karakteristik geologi tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama: kelompok geologi sederhana, kelompok geologi moderat, dan kelompok geologi kompleks. Ketiga tingkat kompleksitas geologi ini dapat terjadi di daerah tertentu. Uraian tentang batasan umum untuk tiap-tiap kelompok tersebut beserta tipe lokalitasnya adalah sebagai berikut. (SNI 5015:2019).

2.2.5.1 Kompleksitas Geologi

Berdasarkan proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, karakteristik geologi tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama: kelompok geologi sederhana, kelompok geologi moderat, dan kelompok geologi kompleks. Ketiga tingkat kompleksitas geologi ini dapat terjadi di daerah tertentu. Uraian tentang batasan umum untuk tiap – tiap kelompok tersebut beserta tipe lokalitasnya adalah sebagai berikut (SNI 5015:2019).

2.2.5.1.1 Kelompok Geologi Sederhana

Endapan batubara dalam kelompok ini umumnya tidak dipengaruhi secara signifikan oleh lipatan, sesar, dan intrusi. Lapisan batubara pada umumnya landai, menerus secara lateral sampai ribuan meter, dan hampir tidak mempunyai pencabangan. Ketebalan lapisan batubara secara lateral dan kualitasnya tidak memperlihatkan variasi yang signifikan (SNI 5015:2019).

2.2.5.1.1 Kelompok Geologi Moderat

Batubara dalam kelompok ini diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang lebih bervariasi sampai tingkat tertentu dan telah mengalami pengaruh tektonik pascaproses pengendapan, ditandai oleh adanya pelipatan dan sesar. Kelompok ini dicirikan pula oleh kemiringan lapisan yang sedang dan variasi ketebalan lateral yang sedang serta munculnya pencabangan lapisan batubara, namun sebarannya masih dapat diikuti sampai ratusan meter. Kualitas batubara dapat dipengaruhi secara langsung berkaitan dengan tingkat perubahan yang terjadi baik pada saat proses sedimentasi maupun pascapengendapan. Pada beberapa tempat intrusi batuan beku mempengaruhi struktur lapisan dan kualitas batubaranya (SNI 5015:2019).

2.2.5.1.1 Kelompok Geologi Kompleks

Batubara pada kelompok ini umumnya diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang kompleks atau telah mengalami deformasi tektonik yang ekstensif yang mengakibatkan terbentuknya lapisan batubara dengan ketebalan yang beragam. Kualitas batubaranya banyak dipengaruhi oleh perubahan-perubahan yang terjadi pada saat proses sedimentasi berlangsung atau pada pascapengendapan seperti percabangan atau kehilangan lapisan (*washout*). Pelipatan, pembalikan, dan pergeseran yang ditimbulkan oleh aktivitas tektonik, umum dijumpai dan sifatnya rapat sehingga menjadikan lapisan batubara sulit direkonstruksi dan dikorelasikan. Bentuk pelipatan yang kuat juga mengakibatkan kemiringan lapisan yang terjal. Secara lateral, sebaran lapisan batubaranya terbatas dan hanya dapat diikuti sampai puluhan meter (SNI 5015:2019).

Tabel 2.1 Tipe endapan batubara berkaitan dengan sedimentasi, tektonik, dan variasi kualitas (Sumber : SNI 5015:2019)

Parameter	Kondisi Geologi		
	Sederhana	Moderat	Kompleks
I.A. Sedimentasi			
1. Variasi Ketebalan	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi
2. Kesenambungan	Ribuan meter	Ratusan meter	Puluhan meter
3. Percabangan	Hampir tidak ada	Beberapa	Banyak
I.B. Tektonik			
1. Sesar	Tidak ada	Jarang	Rapat
2. Lipatan	Ada, Landai	Terlipat sedang	Terlipat kuat
3. Intrusi	Tidak ada	Berpengaruh	Sangat berpengaruh
4. Kemiringan	Landai	Sedang	Terjal
II. Variasi Kualitas	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi

2.2.6 Sumberdaya Batubara

Sumberdaya batubara adalah bagian dari endapan batubara yang diharapkan dapat dimanfaatkan. Perhitungan sumberdaya batubara dilakukan dengan tujuan mengetahui berapa banyak endapan batubara yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pertambangan (Thomas, 2013).

1. Dasar Klasifikasi Sumberdaya Batubara

Investigasi dari setiap deposit batubara dilakukan untuk memastikan apakah batubara dapat ditambang secara ekonomi, dan bahwa produk batubara dapat diperoleh yang akan dipasarkan. Persyaratan penting dari setiap penyelidikan batubara adalah itu penilaian dari sumber daya batubara di dalam area. Klasifikasi

sumberdaya batubara didasarkan pada tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan (Thomas, 2013).

a. Tingkat Kepastian Geologis Mereka

Tingkat kepastian geologi secara kuantitatif diceminkan oleh jarak titik pengamatan dan kompleksitas geologi. Untuk menjustifikasi kondisi geologi (sederhana, moderat, kompleks) ini dilakukan oleh orang yang berkompoten. Berdasarkan tingkat kepastian geologi (Tabel 2.2), sumberdaya terukur harus mempunyai tingkat kepastian yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber daya tertunjuk, begitu pula sumber daya tertunjuk harus mempunyai tingkat keyakinan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber daya tereka. Sumber daya terukur dan tertunjuk secara berturut-turut dapat dikonversi menjadi cadangan terkira dan terbukti setelah memenuhi kriteria layak (Thomas, 2013).

Tabel 2.2 Jarak titik informasi menurut kondisi geologi (SNI 5015:2019)

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya			
		Hipotetik	Terkira	Tertunjuk	Terukur
Sederhana	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$1000 < x = 1500$	$500 < x = 1000$	$x = 500$
Moderat	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$500 < x = 1000$	$250 < x = 500$	$x = 250$
Komplek	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$200 < x = 400$	$100 < x = 200$	$x = 100$

b. Tingkat Kelayakan Ekonomi

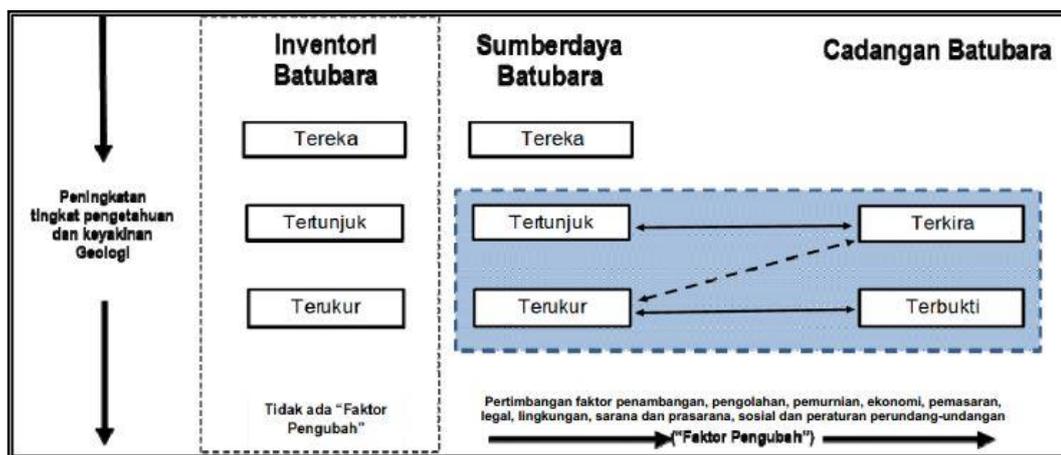
Aspek kelayakan merupakan faktor pengubah yang meliputi teknis penambangan, pengolahan, ekonomi, pemasaran, legalitas, lingkungan,

sarana dan prasarana, sosial, serta peraturan perundang-undangan (Thomas, 2013).

Hubungan antara sumberdaya berdasarkan SNI 4726:2011 (Gambar 2.7) adalah sebagai berikut:

- Sumberdaya tereka (*Inferred resource*), bagian dari sumber daya batubara di mana tonase dan kualitasnya dapat diperkirakan pada tingkat kepercayaan yang rendah menggunakan singkapan, lubang, cara kerja dan lubang bor. Jumlah dan distribusi titik pengamatan ditambah interpretatif data, jika tersedia, harus memberikan pemahaman yang cukup tentang geologi untuk memperkirakan kontinuitas lapisan batubara, kisaran ketebalan batubara dan kualitas batubara.
- Sumberdaya tertunjuk (*Indicated coal resource*) adalah sumber daya batubara dengan sumber daya yang lebih tinggi tingkat kepercayaan diri. Poin-poin pengamatan ditambah data interpretatif cukup untuk memungkinkan yang realistis estimasi ketebalan rata-rata batubara, luas area, kisaran kedalaman, kualitas dan kuantitas insitu.
- Sumberdaya terukur (*Measured coal resource*) adalah sumber daya batubara di mana titik-titik pengamatan, yang dapat dilengkapi dengan data interpretatif, cukup untuk memungkinkan estimasi andal dari ketebalan rata-rata batubara, areal tingkat, kisaran kedalaman, kualitas dan kuantitas insitu. Ini untuk memberikan tingkat kepercayaan yang cukup untuk menghasilkan rencana tambang yang terperinci dan menentukan biaya penambangan dan biaya batubara ditambah spesifikasi untuk produk yang

dapat dipasarkan. Batubara terukur sumber daya dapat diperkirakan menggunakan data yang diperoleh dari titik pengamatan biasanya kurang dari 500 m. Jarak ini dapat diperpanjang jika orang yang kompeten menganggap bahwa variasi apa pun untuk estimasi akan tidak mungkin secara signifikan mempengaruhi potensi kelayakan ekonomi.



Gambar 2.7 Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara (SNI 5015:2019)

2. Metode Perhitungan Sumberdaya Batubara

Penghitungan sumber daya batubara dilakukan dengan berbagai metode diantaranya *cross section*, *isoline*, model blok dan poligon.

a. Metode *Cross section*

Masih sering dilakukan pada tahap-tahap paling awal dari perhitungan. Hasil perhitungan secara manual ini dapat dipakai sebagai alat pembanding untuk mengecek hasil perhitungan yang lebih canggih dengan menggunakan komputer.

b. Metode *Isoline* (Metode Kontur)

Metode ini dipakai untuk digunakan pada endapan dimana ketebalan dan kadar mengecil dari tengah ke tepi endapan. Volume dapat dihitung dengan cara

menghitung luas daerah yang terdapat di dalam batas kontur, kemudian mempergunakan prosedur-prosedur yang umum dikenal.

c. Metode Model Blok (*Grid*)

Aspek yang paling penting dalam perhitungan cadangan adalah metode penaksiran, terdapat bermacam-macam metode penaksiran yang bisa dilakukan yaitu metode klasik yang terdiri dari NNP (*Neighborhood Nearest Point*) dan IDW (*Inverse Distance Weighting*) serta metode non klasik yaitu penaksiran dengan menggunakan Kriging. Metode Kriging adalah yang paling baik dalam hal ketepatan penaksirannya (interpolasi), metode ini sudah memasukkan aspek spasial (posisi) dari titik referensi yang akan digunakan untuk menaksir suatu titik tertentu.

d. Metode poligon (*area of influence*)

Metode poligon ini merupakan metode perhitungan yang konvensional. Metode ini umum diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana. Kadar pada suatu luasan di dalam poligon ditaksir dengan nilai contoh yang berada di tengah-tengah poligon sehingga metode ini sering disebut dengan metode poligon daerah pengaruh (*area of influence*). Daerah pengaruh dibuat dengan membagi dua jarak antara dua titik contoh dengan satu garis sumbu.

Perhitungan sumberdaya batubara di Indonesia sendiri sudah memiliki acuan terhadap metode perhitungan sumberdaya batubara yaitu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional. Metode perhitungan besarnya sumberdaya batubara berdasarkan SNI

prinsipnya adalah sama dengan metode circular USGS. Perbedaannya hanya terletak pada radius dari jarak titik informasi batubara yang mengacu pada kondisi geologi daerah tersebut. Untuk menghitung besarnya sumberdaya batubara berdasarkan SNI 2019.

2.2.7 Tahap Eksplorasi Rinci Batubara

Eksplorasi Rincian (*Detailed exploration*) Tahap eksplorasi ini dimaksudkan untuk mengetahui kuantitas dan kualitas serta model tiga dimensi endapan batubara secara lebih rinci.

Kegiatan yang harus dilakukan adalah pemetaan geologi dan topografi dengan skala minimal 1:2.000, pemboran dan pencontoon yang dilakukan dengan jarak yang sesuai dengan kondisi geologinya, penampangan (*logging*) geofisika, serta pengkajian geohidrologi dan geoteknik.

1. Pemboran

Kegiatan pengeboran dalam ekplorasi batubara ini secara umum bertujuan untuk mengetahui data geologi bawah permukaan (*subsurface*) nya, diantaranya urutan stratigrafi batuan, posisi kedalaman batubara, ketebalan batubara, untuk mendapatkan sampel batubara untuk kemudian dianalisis kualitasnya, termasuk untuk kajian tertentu seperti geologi teknik ataupun geohidrologi yang bertujuan untuk mendapatkan data geologi teknik dan muka air tanah. Tujuan lain dari kegiatan pengeboran ini adalah untuk menambah titik informasi yang berguna untuk meningkatkan kelas sumberdaya dan cadangan serta menambah keyakinan geologi (Nurcahyo, 2014).



Gambar 2.8 Kegiatan Pengeboran dengan metode *open hole*, *full core*, dan *touch core* oleh tim Dando PT. IMM

Metode pengeboran yang digunakan dalam kegiatan pengeboran Batubara adalah *Open Hole*, *Full core*, dan *Touch Core*.

- a. *Open Hole* merupakan teknik pengeboran dengan melubangi area tertentu sampai kedalaman yang telah direncanakan. Pengambilan sampelnya berdasarkan hasil potongan batuan dari tiap gerusan mata bor per *run* atau per pipa bor biasanya per 1,5 meter yang biasa disebut *cutting* (Nurchahyo, 2014).
- b. *Full Core* merupakan teknik pengeboran yang dilakukan sampai kedalaman yang direncanakan dengan mengambil sampel berupa inti (*core*) batuan

tanpa dilakukan pengeboran *open hole*. Pengambilan sampel ini pun biasanya per 1,5 meter atau 3 meter tergantung panjang pipa yang digunakan (Nurcahyo, 2014)



Gambar 2.9 Contoh *core box* metode *full core* pada *drill hole* OPT C2-22-02C.

- c. *Touch Core* merupakan teknik pengeboran yang awalnya dilakukan dengan teknik *open hole* dan ketika mata bor menyentuh lapisan batubara, yang terindikasi dari lubang bor dengan keluarnya sampel *cutting* batubara dan air pengeboran berwarna coklat tua-hitam akibat batubara tergerus, maka pomboran akan di *stop* putaran bornya. Selanjutnya, stang bor diangkat dan mata bor akan diganti dengan jenis mata bor seperti pada *full core* untuk pengambilan sampel inti batuan (Nurcahyo, 2014).



Gambar 2.10 Contoh *core box* metode *touch core* pada *drill hole* OPT C2-22-02C.

2. Sampel Percontaan

Pengambilan sampel percontaan merupakan kegiatan lanjutan dari eksplorasi terdahulu yakni pembuatan sumur uji/*trenching* guna mendapatkan data-data yang lebih teliti.

3. *Logging* geofisika

Penampangan (*logging*), merupakan kegiatan perekaman data-data hasil dari pemboran. *Logging* geofisik untuk eksplorasi batubara dirancang tidak hanya untuk mendapatkan informasi geologi, tetapi untuk memperoleh berbagai data lain, seperti kedalaman, ketebalan dan kualitas lapisan batubara, dan sifat geomekanik batuan yang menyertai penambahan batubara. Dan juga mengkompensasi berbagai masalah yang tidak terhindar apabila hanya dilakukan pengeboran, yaitu pengecekan kedalaman sesungguhnya dari lapisan penting, terutama lapisan

2.2.8 Analisa Kualitas Batubara

Kualitas batubara berperan penting dalam menentukan kelas batubara. Terdapat lima unsur utama pembentuk batubara, yaitu karbon (C), hidrogen (H), sulfur (S), nitrogen (N), oksigen (O₂), dan fosfor. Penentuan kualitas batubara dapat diperoleh dengan cara mengetahui parameter kualitas pada batubara. Hal ini dapat diketahui menggunakan analisis kimia dan pengujian laboratorium terhadap sampel batubara. Analisis kualitas batubara terdiri dari dua jenis, yaitu analisis ultimat dan analisis proksimat.

Analisis ultimat adalah analisis sederhana yang digunakan untuk mengetahui unsur-unsur pembentuk batubara dengan hanya memperhatikan unsur kimia pembentuk yang penting dan mengabaikan keberadaan senyawa kompleks yang ada di dalam batubara.

Salah satu senyawa yang umum dijumpai pada endapan batubara adalah sulfur. Beberapa jenis sulfur yang umum dijumpai pada batubara, yaitu:

1. Pirit (FeS₂), dijumpai berupa bentukan makrodeposit, seperti lensa, urat, dan rekahan (*joint*).
2. Sulfur organik, secara kimia terikat dalam endapan batubara dengan jumlah antara 20 – 80%.
3. Sulfur sulfat, umumnya dijumpai berupa kalsium sulfat dan besi sulfat dengan jumlah relatif kecil.

Analisis proksimat digunakan untuk menentukan kelas (*rank*) batubara. Analisis ini memiliki empat parameter utama yang digunakan, yaitu:

1. Kadar air (*moisture*), yaitu kandungan air yang terdapat pada batubara. Kadar air sendiri dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:
2. Kadar air bebas (*free surface moisture*), yaitu air yang menempel pada permukaan batubara yang berasal dari air hujan dan juga air semprotan yang mana akan mudah menguap dalam kondisi laboratorium.
3. Kadar air bawaan (*inherent moisture*), yaitu air yang terdapat pada rongga (pori) dan mineral yang terdapat dalam batubara. Air ini dapat dihilangkan dengan suhu pemanasan 105⁰-110⁰C.
4. Kadar air total (*total moisture*), merupakan jumlah dari kadar air bebas ditambah dengan kadar air bawaan.
5. Kadar abu (*ash*), yaitu kandungan bahan inorganik yang tertinggal atau tidak terbakar sewaktu batubara dibakar pada suhu 815⁰C.

Zat terbang (*volatile matter*), yaitu komponen-komponen dalam batubara yang dapat lepas atau menguap pada saat dipanaskan di ruang hampa udara pada suhu 900⁰C. Zat terbang ini meliputi zat terbang mineral (*volatile mineral matter*) dan zat terbang organik (*volatile organik matter*) (IMM, 2020).

2.3. Program Minescape 4.118

Metode perhitungan dengan mempergunakan perangkat lunak (*software*) adalah perhitungan dengan mempergunakan data yang diformat khusus dan disimpan secara digital. Dengan mempergunakan software, dapat mempermudah seorang *engginer* dalam melakukan pengolahan data dan mendapatkan data yang cepat dan akurat. Dalam tugas akhir ini penulis mempergunakan *software minescape*.

Minescape merupakan *software* sistem pertambangan terpadu yang dirancang khusus untuk industri pertambangan. Dengan menggunakan *open* arsitektur. *Minescape* mampu meningkatkan semua aspek informasi teknik suatu *site* tambang, mulai dari data eksplorasi, survei geologis, sampai ke penjadwalan produksi tambang (Pekerjatambang, 2016).

2.3.1. *Stratmodel*

Stratmodel adalah salah satu aplikasi dari *minescape* yang dirancang untuk membuat dan mengolah model tiga dimensi suatu endapan geologi yang berlapis terutama batubara atau endapan-endapan geologi lainnya. *Stratmodel* adalah produk yang dipergunakan untuk membuat model struktur geologi endapan batubara, gunan membentuk suatu model struktur geologi batubara yang komprehensif maka diperlukan data-data seperti data-data lubang bor, data survei, data singkapan dan data struktur patahan. *Stratmodel* didasarkan pada prinsip umum stratigrafi terutama tentang urutan lapisan yang diendapkan pada suatu periode tertentu yang menerus atau selaras. Sesuai dengan prinsip stratigrafi tersebut, *stratmodel* membuat model dengan cara mengkorelasikan unit-unit yang sama pada suatu lapisan pemboran, survey dan lain sebagainya. Model yang dibuat atau dihasilkan akan dikontrol oleh suatu defenisi yang disebut *schema* (Hawadi,2019)

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan suatu penelitian ada banyak cara atau metode yang dapat digunakan, tergantung dari tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tersebut. Maka metodologi yang digunakan berupa interpretasi dan korelasi data geologi bawah permukaan dan pemodelan lapisan batubara, ketebalan tiap lapisan batubara, dan perhitungan sumberdaya batubara. Diperlukan suatu tahapan penelitian yang sistematis untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian yang telah ditentukan.

Tahapan penelitian tersebut adalah (Gambar 3.9) :

1. Tahap pendahuluan
2. Tahap pengumpulan data
3. Tahap analisis dan pengolahan data
4. Tahap penyusunan laporan dan penyajian data

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi tahap persiapan, tahap pengambilan data, tahap pengolahan data, tahap analisis data dan tahapan penyusunan laporan.

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahap pendahuluan ini merupakan tahap awal yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian. Adapun hal-hal yang dilakukan antara lain:

1. Studi Literatur

Merupakan tahapan yang dilakukan untuk menunjang penelitian melalui kajian pustaka dan laporan-laporan hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan

daerah penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran kondisi geologi secara umum di daerah penelitian.

2. Perizinan dan Penyusunan Proposal Penelitian

Merupakan tahapan yang meliputi pengurusan administrasi dan perizinan penelitian serta penyusunan proposal penelitian. Tahapan ini dilakukan di Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

3. Persiapan Perlengkapan

Sarana pengolahan data menggunakan *software Minescape 4.118*, dan *Arcgis 10.8*.

3.2.2 Tahap Pengambilan Data

Hal yang pertama kali dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data. Dalam tahap ini dikumpulkan semua data yang akan digunakan dalam penelitian, data-data tersebut meliputi:

1. Data primer

Data primer merupakan data inti dari penyusunan laporan tugas akhir ini yaitu data akhir hasil pengeboran (*coring*) yang dilakukan oleh *team* kontraktor pemboran pada tahun 2010 sampai 2021, yang berisikan data survey data litologi serta data analisa laboratorium. Pengambilan data primer bawah permukaan dilakukan dengan pengeboran pada beberapa titik yang telah ditentukan di daerah penelitian dengan sistem pengeboran *full coring*. Sistem *full coring* ini merupakan sistem pengeboran dengan pengambilan sampel inti (*coring*) pada seluruh lapisan batuan dari permukaan hingga kedalaman akhir pengeboran. Selanjutnya adalah mendeskripsi sampel inti batuan (*coring*) pada saat pengeboran sumur eksplorasi

dapat diketahui gambaran awal letak kedalaman dan ciri fisik lapisan batuan dan kemudian dilakukan analisa lab untuk mendapatkan data kualitas yang meliputi data ash%, kalori, *moisture%*, kadar sulfur, dan karbon%. Data pengeboran yang diambil pada daerah penelitian berjumlah 116 titik bor meliputi data topografi yang berisi peta topografi lokasi titik bor, data survey yang berisi nama dan koordinat lokasi titik bor, data litologi yang berisi kedalaman dan ketebalan litologi, dalam hal ini yaitu litologi batubara (IMM, 2020).

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data penunjang untuk kelengkapan analisis dalam penyusunan laporan tugas akhir, seperti kondisi geologi regional daerah penelitian yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian (IMM, 2020).

3.2.3 Tahap Pengolahan Data

Tahapan analisis dan pengolahan data dilakukan menggunakan *software* pemodelan batubara berupa *Minescape* dengan modul *Stratmodel*. *Software minescape* yang digunakan dalam pengolahan merupakan versi 4.118.

A. Pemodelan Sebaran Lapisan Batubara 2 Dimensi

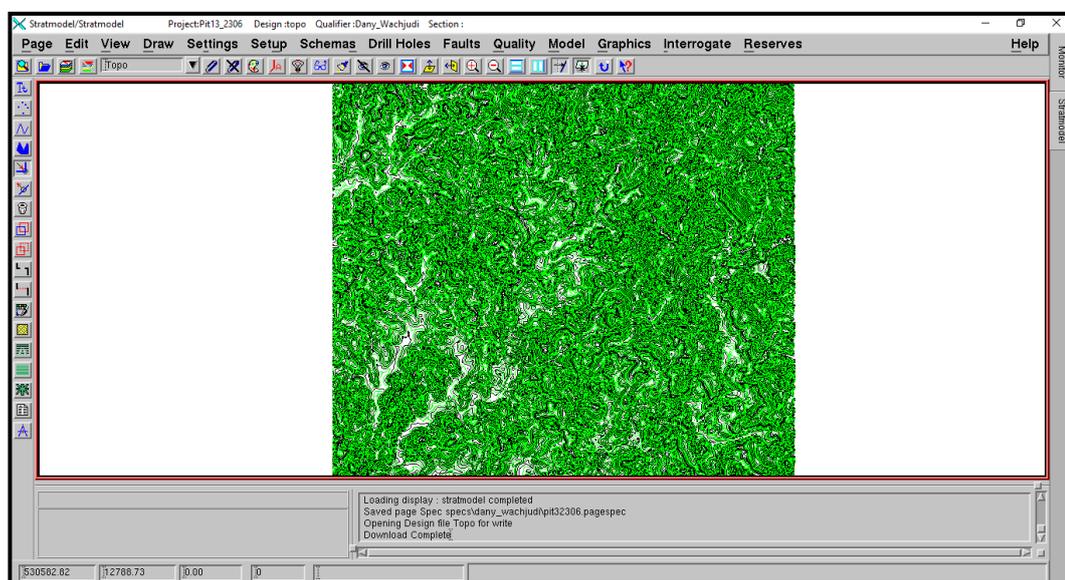
Secara umum, pemodelan dan estimasi sumberdaya batubara memerlukan data-data dasar sebagai berikut :

1. Data Topografi

Topo model merupakan *surface* topografi yang akan digunakan sebagai batas atas dalam pemodelan. *Surface* topo yang digunakan dapat berupa *surface* dari *grid*, *triangle*, *expression* dan lain-lain (Pekerjatambang, 2016).

Tahap pembuatan topografi model dalam modul Pekerjatambang 2016 adalah sebagai berikut:

- A. Memasukkan data topo ke dalam *design*.
- B. Membuat *sheet specification*.
- C. Membuat *grid specification*.
- D. Membuat *grid file*.
- E. Interpolasi data ke dalam *grid*.



Gambar 3.1 Model *surface* topo

2. *Schema*

Schema adalah salah satu fasilitas dalam *stratmodel* yang berfungsi untuk mendefinisikan stratigrafi dan parameter-parameter model yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan model stratigrafi serta pemeriksaan model. Suatu *schema* terdiri dari sembilan bagian/*form* yang berbeda. Setiap bagian atau *form* pada *schema* mengatur suatu kumpulan dari parameter- parameter geologi dan model, dalam modul Pekerjatambang 2016 cara membuat *schema* seperti diterangkan

berikut:

A. Model Parameters

Parameter-parameter dasar pemodelan seperti output model file, topografi yang digunakan, pilihan proses pemodelan dan sebagainya.

B. *Modelling Defaults*

Default interpolator-interpolator yang digunakan dan nilai-nilai default minimum dan maksimum ketebalan unit-unit yang dimodelkan.

C. *Lithology Codes*

Daftar kode-kode litologi yang akan digunakan untuk identifikasi unit resources pada pemodelan. Unit dengan kode diluar yang terdaftar akan diidentifikasi sebagai *split* atau *parting*.

D. Elemental Unit

Unit-unit dasar dalam model stratigrafi. Unit elemental bisa berupa *single seam* atau *split seam*. Unit elemental dapat digabungkan untuk membentuk unit *compound*.

E. *Compound* Unit

Unit *compound* analog dengan *parent* unit. Unit *compound* terdiri dari unit bagian atas (*upper*) dan bagian bawah (*lower*). Unit *upper* dan *lower* bisa sebagai unit *compound* itu sendiri atau gabungan dari unit elemental.

F. *Survey* (Data *Points*)

Survey data dalam bentuk *point string*, *line string* atau *polygon* dalam *design file* dapat digunakan saat *modelling*. Data tersebut dapat digunakan sebagai *roof*, *floor*, atau *thickness split line* atau elevasi *surface*.

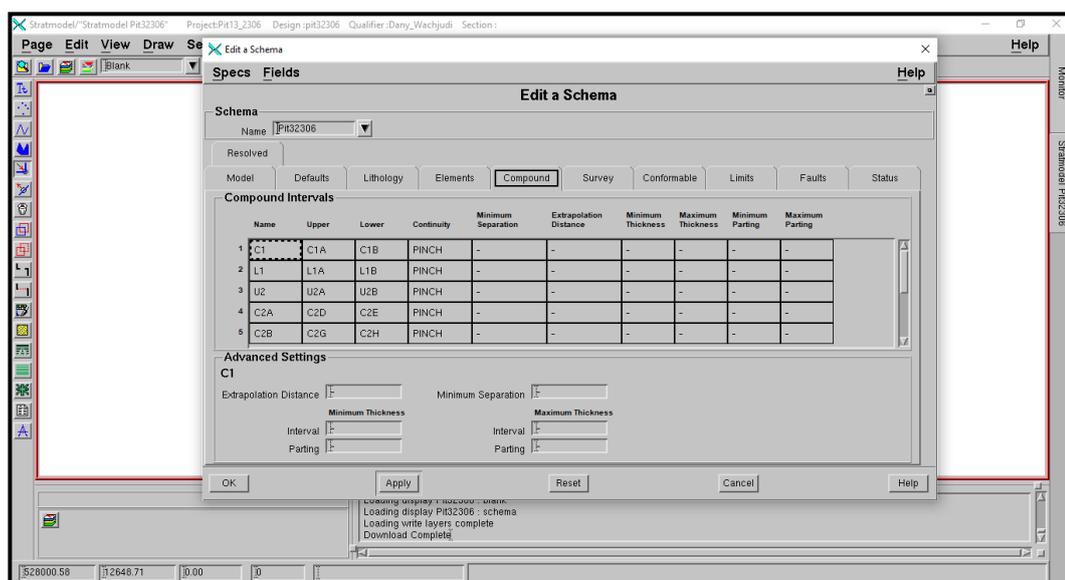
G. *Conformable Sequence*

Suatu *conformable sequence* adalah suatu paket stratigrafi yang terdiri dari kumpulan interval dan *surface* yang mempunyai parameter-parameter umum yang sama, misalnya *seam* yang mempunyai karakteristik stratigrafi dan struktur yang sama. Di dalam suatu model, mungkin terdapat beberapa *conformable sequence* yang dipisahkan oleh suatu model, mungkin terdapat beberapa *conformable sequence* yang dipisahkan oleh suatu ketidakselarasan. Setiap *conformable sequence* tersebut dimodelkan masing-masing secara terpisah satu dengan *conformable* lainnya. Setiap unit di dalam suatu *conformable sequence* akan saling berkaitan dengan unit lainnya di dalam *sequence* tersebut dan tidak akan memotong batas atas dan bawah dari *conformable sequence*.

H. Limit (*Polygon*)

Di dalam suatu daerah deposit, suatu unit mungkin menghilang diakibatkan oleh *pinchout* (membaji), *washed out* (tererosi), atau *truncated* (terpotong oleh intrusi). Pada kasus *pinchout*, batas dari *pinchout* tersebut dapat dimodelkan langsung dari data *drill hole*. Jika suatu *drill hole* tidak mempunyai unit/interval dimaksud, maka interval tersebut akan dianggap mempunyai ketebalan negatif pada *drill hole* tersebut, kemudian akan diinterpretasikan suatu batas daerah dimana interval akan mempunyai nilai nol. Pada kasus *washed out* dan *truncated* unit tidak berakhir pada ketebalan nol, tapi menghilang pada batas ketebalan terakhir akibat tererosi atau terpotong. Limit *polygon* dapat digunakan pada batas

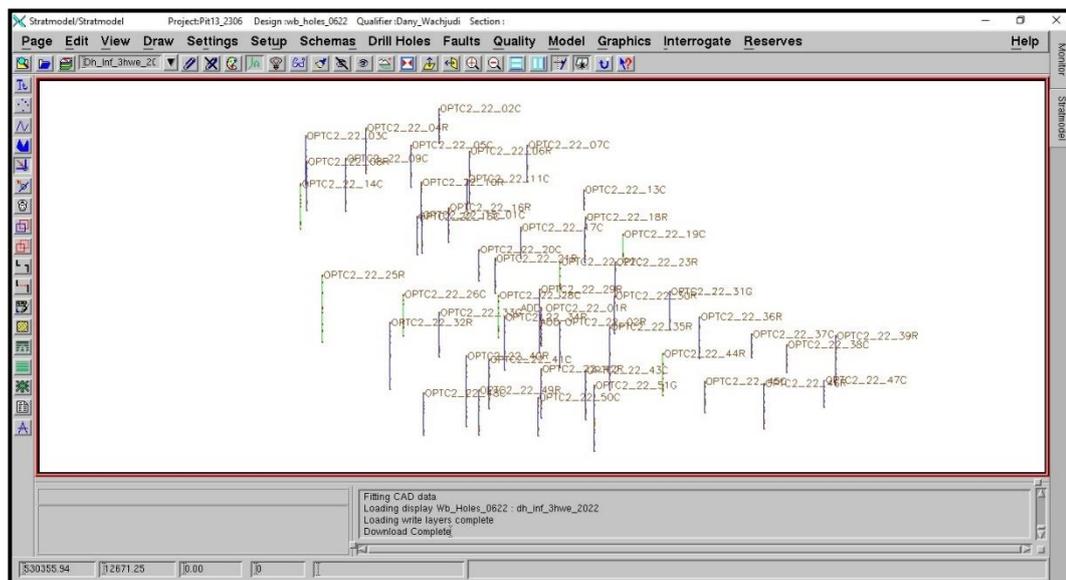
ketebalan terakhir akibat tererosi atau terpotong. Limit *polygon* dapat digunakan untuk menangani kasus *washed out* dan *truncated* dimana suatu *polygon* dapat didefinisikan sebagai daerah unit tererosi atau terpotong.



Gambar 3.2 Tampilan *schema* yang memuat data stratigrafi dan parameter model pada *form schema*

3. Drill Hole

Data *drill hole* yang dimasukkan ke dalam *project Stratmodel* akan disimpan dalam sebuah *design file* sebagai *graphical object* yang berisikan data evelasi top/*roof* dan lantai/*floor*, *thickness*, nama *seam* dan nama *drill hole* batubara yang akan dimodelkan untuk sebaran lapisan serta estimasi sumberdaya (Pekerjatambang, 2016).



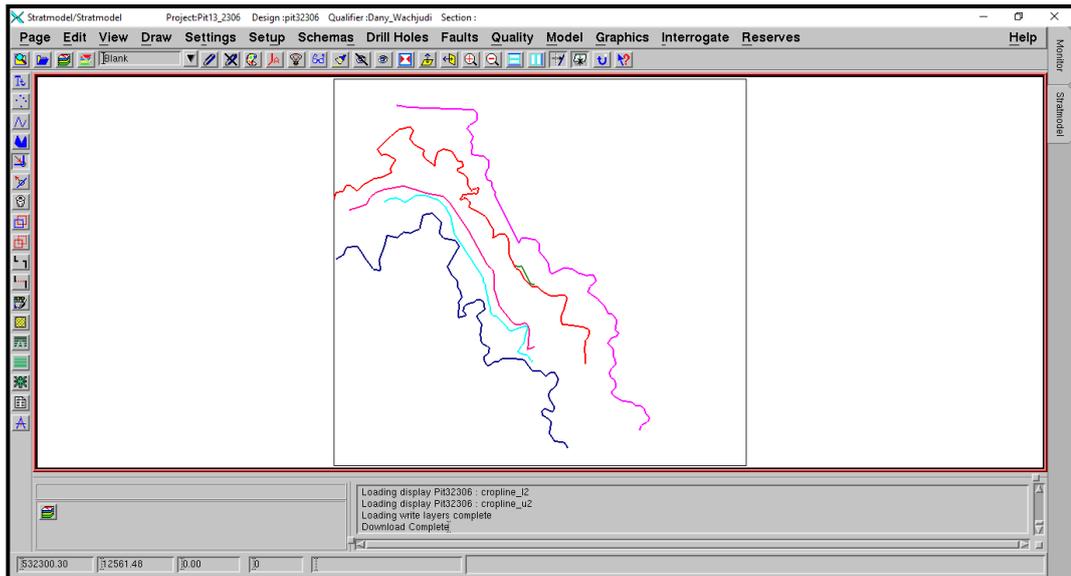
Gambar 3.3 Tampilan data *post drill hole* yang diinput kedalam *project stratmodel*

4. Data geologi regional (meliputi litologi, stratigrafi, dan struktur geologi) (IMM,2020).
5. Peta situasi dan data-data yang memuat batasan-batasan alamiah seperti, aliran sungai, jalan, perkampungan, dan lain-lain, berguna untuk menentukan batas/*boundary* estimasi sumberdaya. Endapan batubara yang tidak dapat ditambang karena batasan-batasan alamiah tersebut tidak diperhitungkan dalam estimasi sumberdaya (IMM, 2020).

Dari data-data dasar tersebut akan dihasilkan data olahan, yaitu data dasar yang diolah untuk mendapatkan model endapan batubara untuk selanjutnya akan dilakukan estimasi sumberdaya endapan batubara (IMM, 2020). Data olahan ini terdiri atas:

1. *Subcrop* atau *Cropline* Model

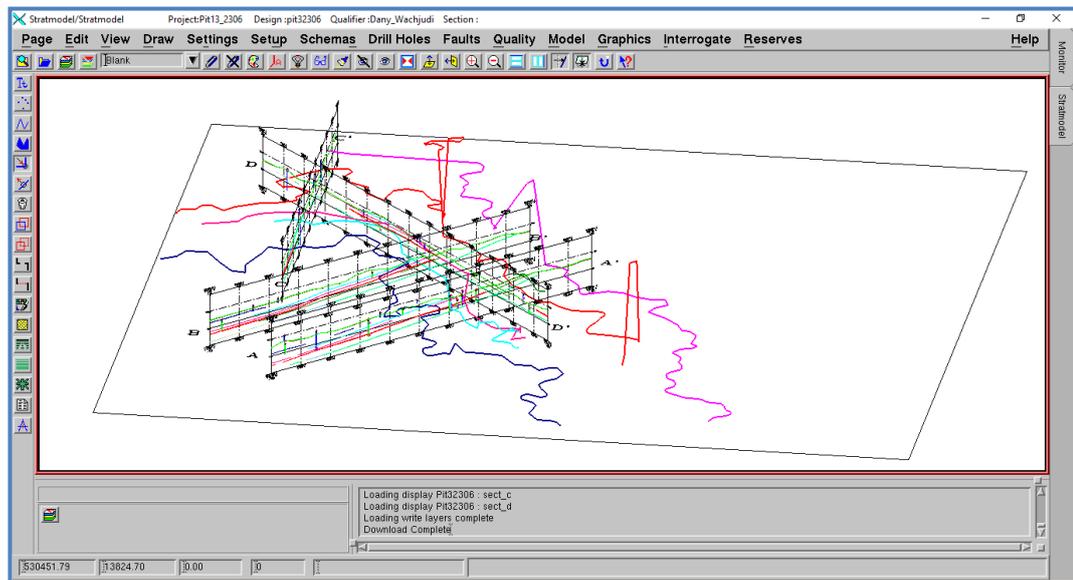
Subcrop/cropline model adalah model yang dibuat sebagai batas dari kontur model yang kemudian akan digunakan untuk menghitung sumberdaya batubara pada setiap *seam* (Pekerjatambang, 2016).



Gambar 3.4 Tampilan *cropline* model yang diinput kedalam *project stratmodel*

2. *Section 3D*

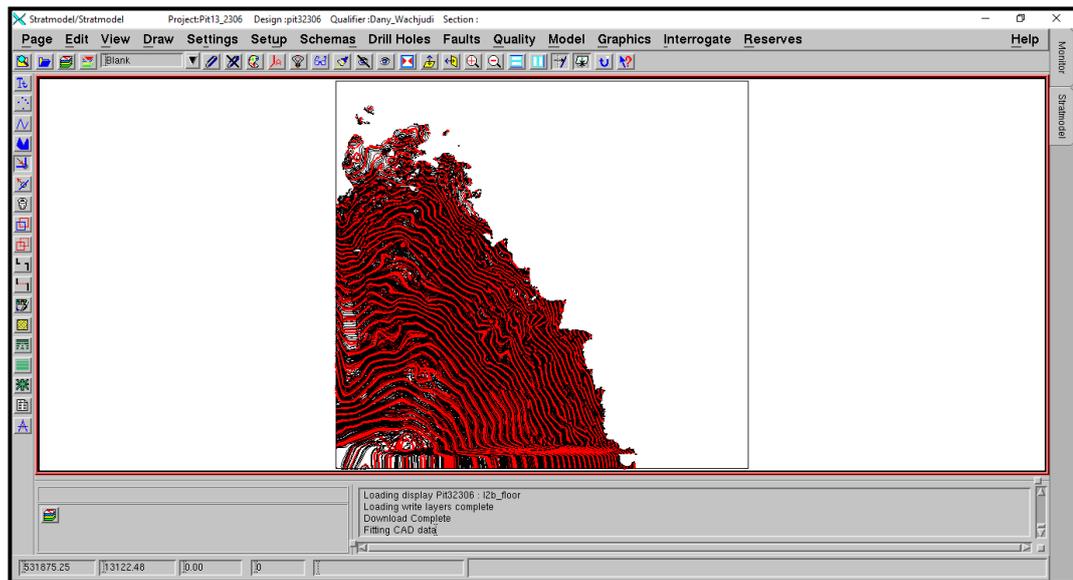
Pembuatan *section 2* Dimensi bertujuan untuk melihat arah kemenerusan perlapisan seam batubara, ketebalan, kedalaman serta titik lokasi dari seam tersebut dengan kenampakan 2 Dimensi. Disusun dari kombinasi antara peta *cropline* batubara dengan data pemboran (log bor). Perlapisan batubara disusun dengan melakukan interpolasi antara data *seam* pada setiap titik bor yang berdekatan (Pekerjatambang, 2016).



Gambar 3.5 Tampilan *section* 3D yang di sayat searah dip (A,B,C) dan searah *strike* (D)

3. Kontur Struktur

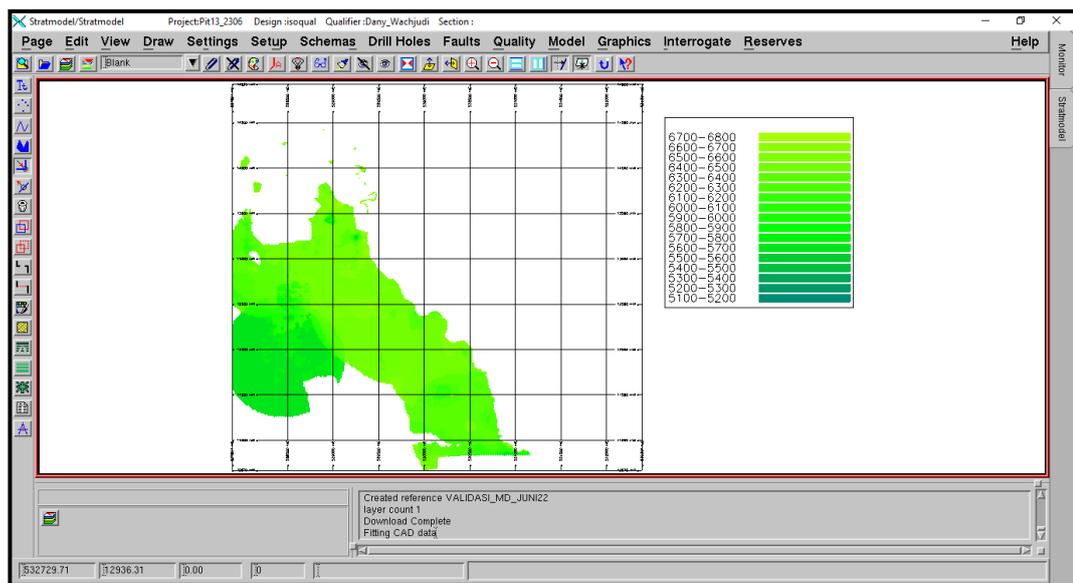
Pemodelan Kontur drill hole bertujuan untuk menunjukkan kontur elevasi yang sama dari *top* atau *bottom* batubara. Untuk elevasi *top* atau *bottom* batubara dapat diperoleh dari data bor. Kontur ini berguna untuk mengetahui arah umum/jurus masing-masing seam batubara (Pekerjatambang, 2016).



Gambar 3.6 Tampilan kontur struktur semua *seam* pada *project stratmodel*

4. *Quality Contour*

Quality contour menunjukkan kontur penyebaran kualitas batubara. Data kualitas pada peta ini merupakan kualitas sebenarnya yang diperoleh dari data uji laboratorium pada sampel *coring*. Peta ini bertujuan untuk menggambarkan variasi kuatlitas batubara (Pekerjatambang, 2016).



Gambar 3.7 Tampilan *quality calorific value seam C2*

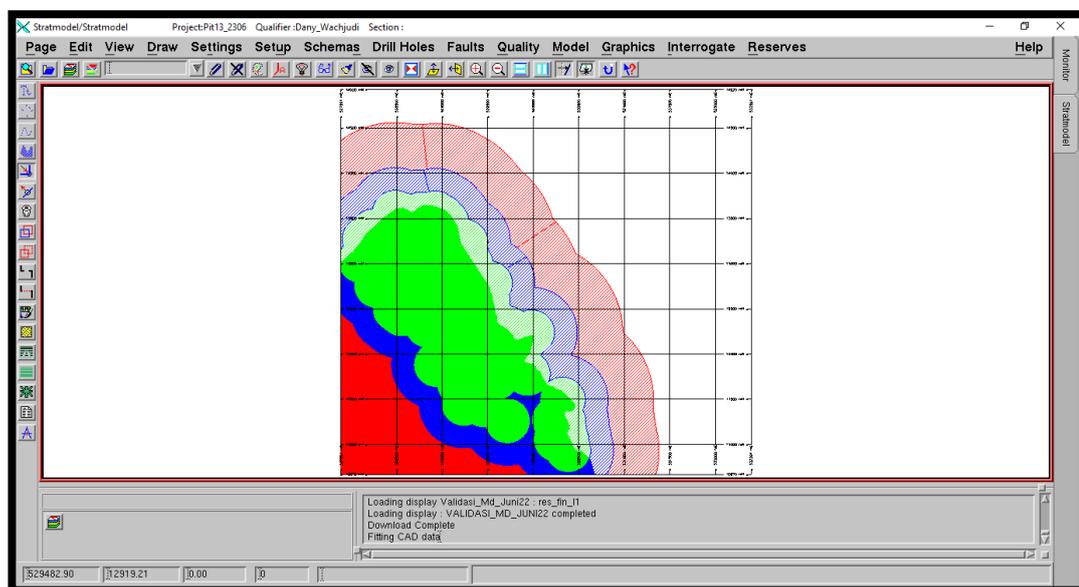
5. Perhitungan Sumberdaya

Pada daerah penelitian dilakukan perhitungan sumberdaya terukur (*measured*) yang ditendukan secara kualitatif oleh kondisi geologi atau tingkat kompleksitas geologi dan secara kuantitatif oleh jarak titik informasi. Estimasi sumberdaya dilakukan dengan metode poligon, dimana lingkaran dibuat dari titik informasi terluar (data sebaran titik bor) (IMM, 2020). Adapun untuk menghitung sumberdaya pada penelitian ini menggunakan *software minescape 4.118* adalah sebagai berikut (Pekerjatambang, 2016) :

- a. Menentukan *seam* yang akan dihitung *resource*-nya, pada penelitian ini ada lima *seam* yang dihitung yaitu seam C1, L1, U2, C2, L2.
- b. Memposting *drill hole* dari *seam* yang akan dihitung *resource*-nya dengan memilih *tools: Drill hole – graphics – post*.
- c. Membuat *polygon* pengaruh dari *resource* dengan memilih *tools: Drill hole – graphics – influence*.
- d. Membuat *polygon donut* antara *resource inferred – indicated* dan *indicated – measured*.
- e. Tampilkan kontur *cropline* dari *floor seam* yang *resource*-nya akan dihitung dengan *attach reference*. *Duplicate* kontur *cropline* dengan memilih *tools: Edit – copy – duplicate*.
- f. Membuat *polygon limit* yang akan digunakan sebagai batas *project* yang sedang akan dihitung. *Polygon limit* ini bisa dibuat menggunakan *sheet spec* yang sudah ada menggunakan *tools: Graphics – Ancillaries – Sheet*.

Kemudian *copy sheet* tersebut dalam layer poligon pengaruh yang sudah dibuat *polygon donut*.

- g. *Connect*-kan *subcrop* dengan *polygon limit* yang sudah *dicopy*, bisa menggunakan *tools: Edit - Relimit – Trim to Boundary*.
- h. Hapus poligon *polygon limit*. Kemudian hitung *reserve* dengan memilih menu: *Reserve – Sample – polygon*.



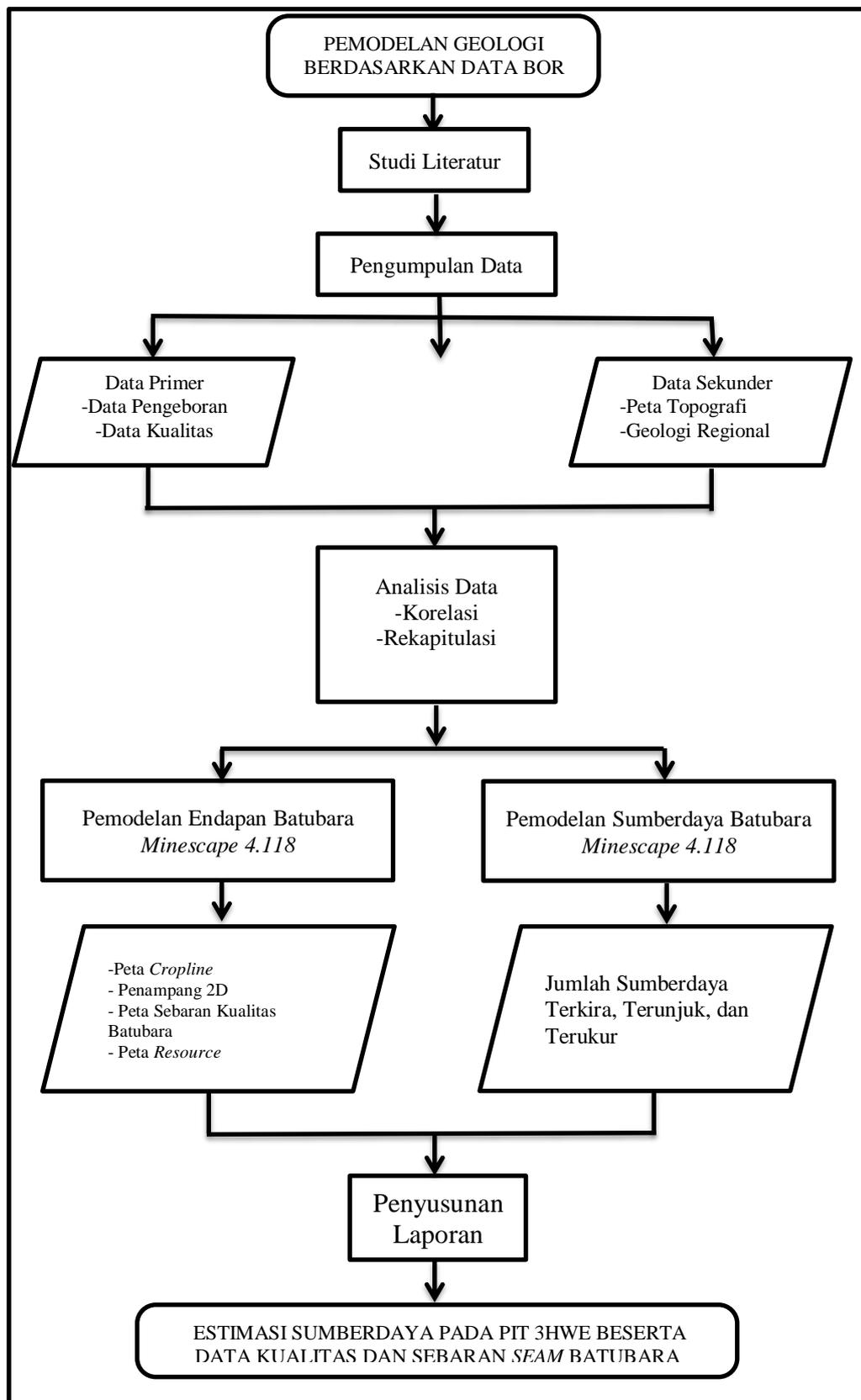
Gambar 3.8 Tampilan hasil model *polygon resource seam L1*

3.2.4 Tahap Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari kegiatan penelitian yang memuat semua data yang meliputi hasil pengumpulan data, hasil interpretasi, analisis dan pengolahan data secara sistematis. Selama penyusunan laporan dilakukan pengoreksian dan pengecekan ulang terhadap semua data dan hasil analisa yang kemudian dituangkan menjadi suatu laporan ilmiah.

3.3 Diagram Alir

Proses berjalannya penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian berikut ini (Gambar 3.9)



Gambar 3.9 Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data penelitian ini merupakan data lapangan pada daerah PIT 3HWE *Westblock* PT. Indominco Mandiri Kalimantan Timur. Data yang digunakan untuk melakukan estimasi sumberdaya adalah data survey yang meliputi titik bor, elevasi, dan kedalaman, data kualitas yang meliputi data *calori value*, dan *total sulfur*, serta data litologi yang meliputi litologi, ketebalan dan *seam* batubara.

Perhitungan besarnya sumberdaya batubara pada daerah penelitian diolah dengan *software Minescape 4.118* pada radius dari jarak titik informasi batubara yang mengacu pada kondisi geologi daerah penelitian, yaitu menggunakan pengklasifikasian sumberdaya tereka, terunjuk, dan terukur yang mengacu pada titik jarak kondisi geologi moderat.

Adapun parameter yang kemudian dijadikan acuan dalam pengolahan data sumberdaya daerah penelitian adalah *vertical limit topo* 100, *Minimum Thickness* 0.3 m, *Density used default* 1.3, *Boundary* poligon (daerah konsesi), dan *Lateral limit measured* 1000 m, *indicated* 500 m, *inferred* 250 m



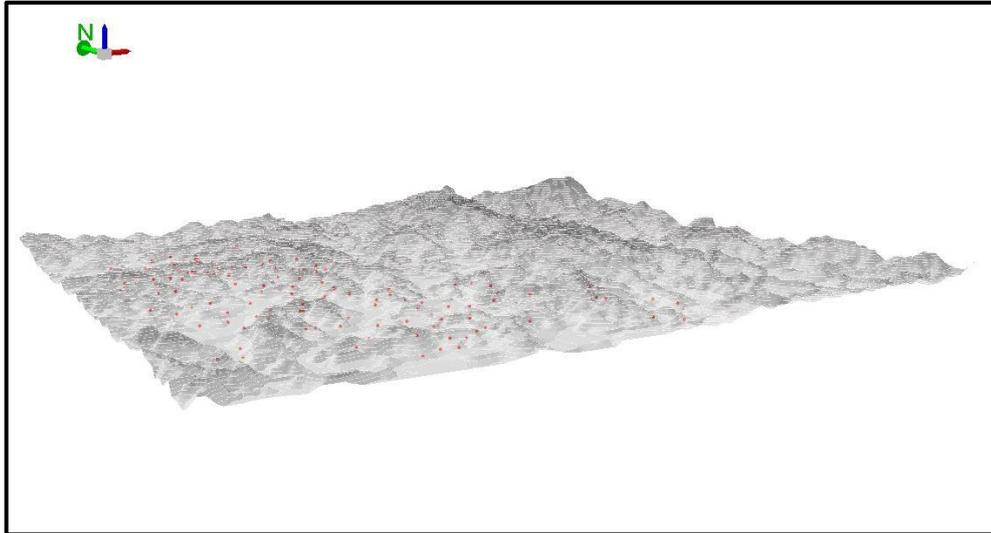
Gambar 4.1 Kenampakan singkapan batubara dari *seam C1, seam L1, seam U2, seam C2 dan seam L2*

4.2 Pemodelan Batubara

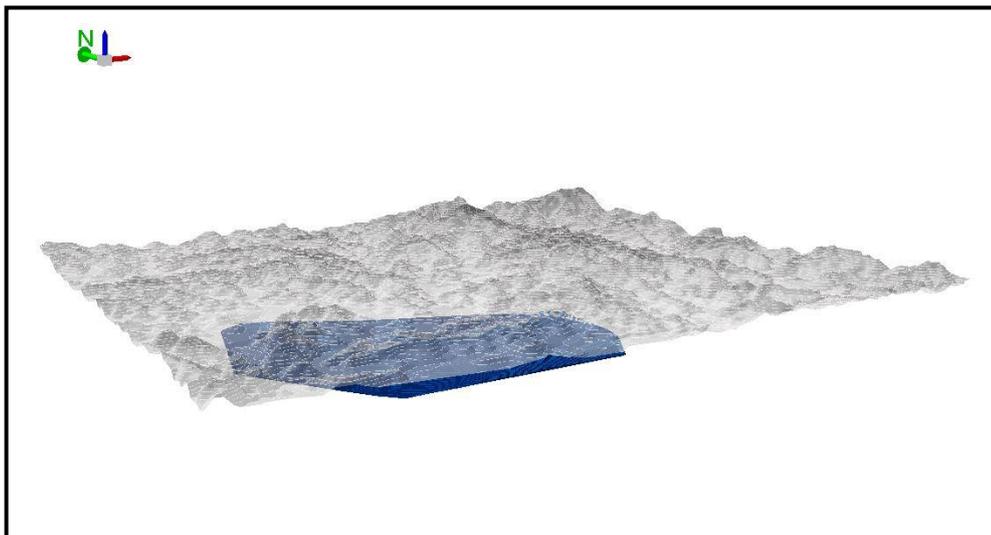
Pemodelan merupakan penggambaran keadaan di bawah permukaan bumi secara 2 dan 3 dimensi. Pemodelan batubara pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui arah dan pola penyebaran seam batubara PIT 3HWE *Westblock* PT. Indominco Mandiri dengan menggunakan software *minescape 5.7*. Melalui hasil pengolahan data *logging* 166 titik bor dengan kedalaman berkisar 3-433 meter dengan jarak 75-500 meter dibuatlah pemodelan penyebaran *seam* batubara dan dilakukan perhitungan estimasi sumberdaya batubara daerah penelitian dengan metode *polygon donut* dimana poligon dibuat dari titik informasi terluar (data sebaran titik bor).

Berdasarkan data *coring* maka didapatkan 5 *seam* batubara di PIT 3HWE *Westblock*. *Seam* tersebut kemudian diberi nama berdasarkan urutan dari yang

termuda yaitu *Seam C1*, *Seam L1*, *Seam U2*, *Seam C2*, *Seam L2*. Dengan penyebaran dan ketebalan dari titik.

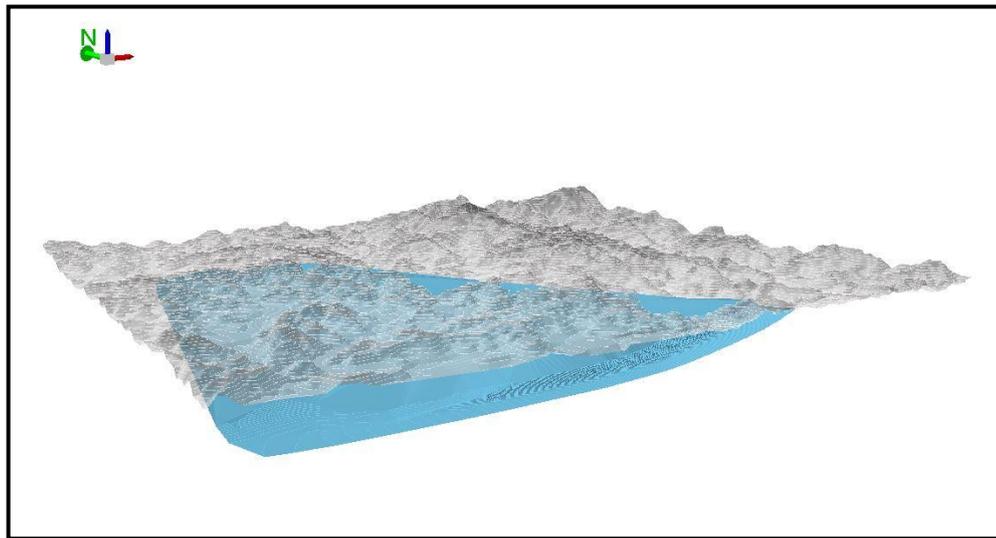


Gambar 4.2 Model penyebaran titik bor



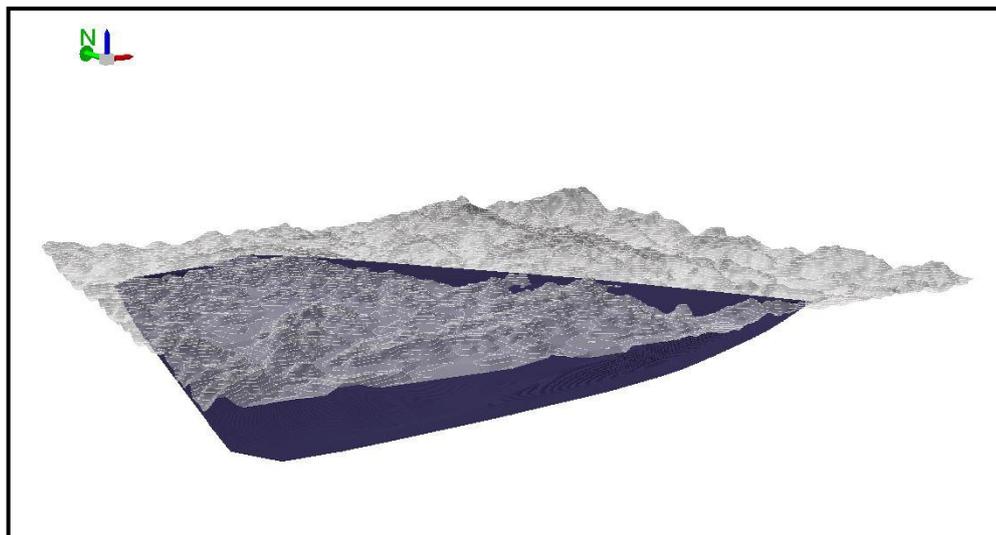
Gambar 4.3 Model penyebaran *seam C1*

Seam C1 tersebar di sebelah barat daya PIT 3HWE *Westblock* dengan penyebaran yang kurang konsisten. *Seam* ini dijumpai paling dekat dengan permukaan pada kedalaman 9,08 meter dan paling jauh pada kedalaman 69,86 meter dengan tebal rata-rata 0,21 meter.



Gambar 4.4 Model penyebaran *seam* L1

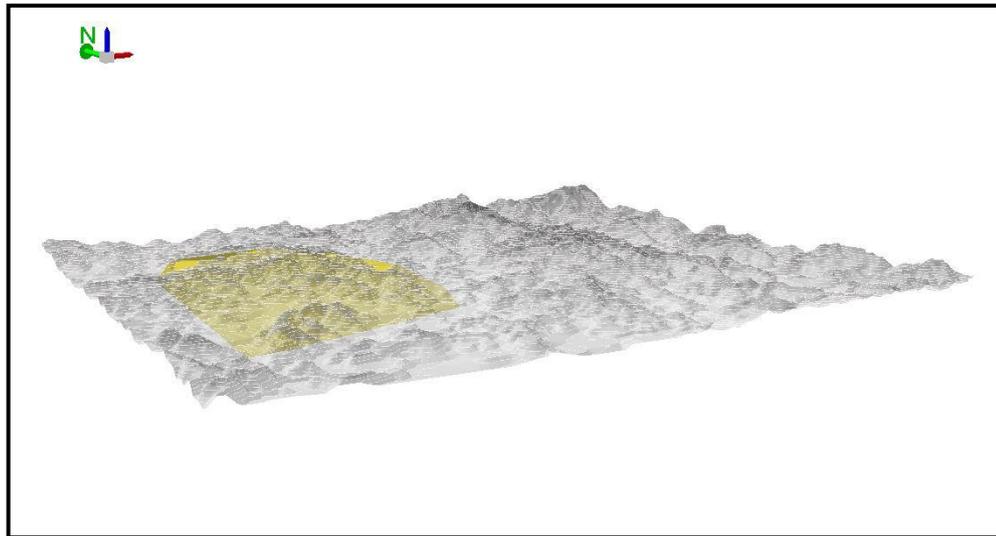
Seam L1 tersebar di sebelah barat daya PIT 3HWE *Westblock* dengan penyebaran yang kurang konsisten. *Seam* ini dijumpai paling dekat dengan permukaan pada kedalaman 15,04 meter dan paling jauh pada kedalaman 73,3 meter dengan tebal rata-rata 0,15 meter.



Gambar 4.5 Model penyebaran *seam* U2

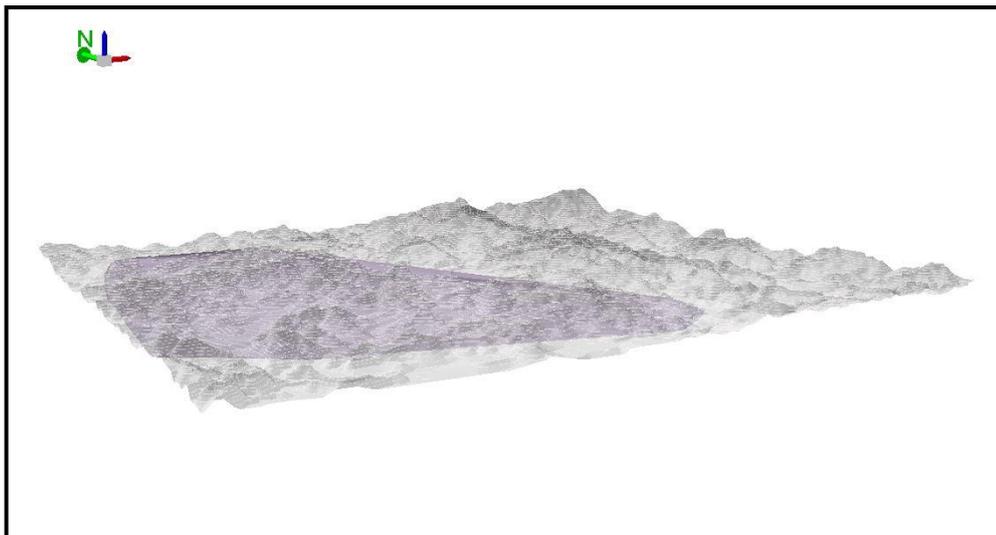
Seam U2 tersebar di sebelah barat daya PIT 3HWE *Westblock* dengan penyebaran yang kurang konsisten. *Seam* ini dijumpai paling dekat dengan

permukaan pada kedalaman 3,68 meter dan paling jauh pada kedalaman 94,86 meter dengan tebal rata-rata 0,18 meter.



Gambar 4.6 Model penyebaran *seam* C2

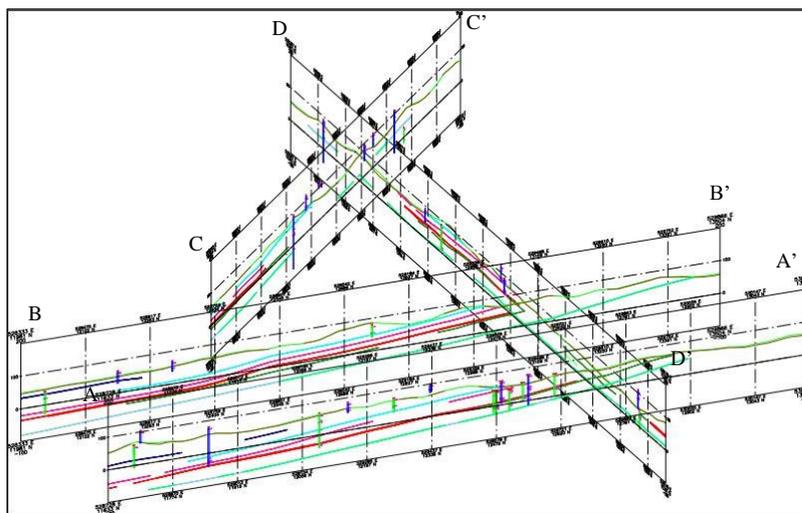
Seam C2 tersebar di sebelah utara PIT 3HWE *Westblock* dengan penyebaran yang kurang konsisten. *Seam* ini dijumpai paling dekat dengan permukaan pada kedalaman 2,77 meter dan paling jauh pada kedalaman 75,56 meter dengan tebal rata-rata 0,61 meter.



Gambar 4.7 Model penyebaran *seam* L2

Seam L2 tersebar di sebelah utara PIT 3HWE *Westblock* dengan penyebaran yang kurang konsisten. *Seam* ini dijumpai paling dekat dengan permukaan pada kedalaman 8,04 meter dan paling jauh pada kedalaman 99,5 meter dengan tebal rata-rata 0,12 meter.

4.3 Identifikasi Pola Sebaran Lapisan Batubara



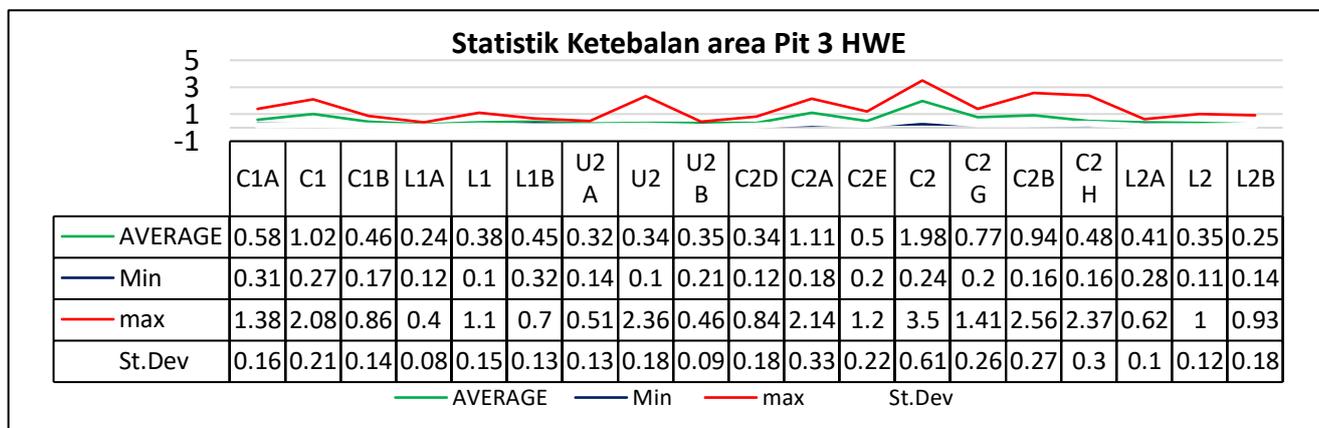
Gambar 4.8 Pemodelan *Section 3D* sebaran *seam* batubara

Identifikasi pola sebaran endapan batubara bertujuan untuk mengetahui pola penyebaran lapisan batubara, baik geometri secara umum, letak/posisi lapisan, kedalaman, ketebalan dan kemiringan. Dari data kedalaman dan sebaran 166 sumur pegeboran kemudian dibuat 4 garis sayatan tegak lurus *Dip* berarah barat – timur, dan 1 garis sayatan tegak lurus strike berarah utara - selatan dengan menggunakan *software Minescape 4.118* membentuk model dua dimensi (2D) penyebaran batubara. Hasil pemodelan menggambarkan pola penyebaran endapan batubara.

Dari pemodelan *Seam* batubara diperoleh hasil bahwa *Seam* batubara pada PIT 3HWE *Westblock* PT Indominco Mandiri ini memiliki lima *Seam* batubara dari tua ke muda yaitu *Seam L2* dengan *splitting Seam L2A* dan *Seam L2B*, *Seam C2*

dengan *splitting Seam C2A* dan *Seam C2B*, *Seam C2A* mengalami *split* menjadi *Seam C2D* dan *C2E*, sedangkan *Seam C2B* mengalami *split* menjadi *Seam C2G* dan *C2H*. Kemudian lebih muda dari *seam C2* terendapkan lapisan batubara *Seam U2* dengan *splitting Seam U2A* dan *U2B*, lalu *Seam L1* dengan *splitting Seam L1A* dan *L1B*, kemudian *Seam C1* dengan *splitting seam C1A* dan *Seam C1B*. Batubara yang terdapat pada daerah penelitian memiliki kedalaman dan ketebalan yang bervariasi dengan arah umum kemenerusan penyebaran batubara yaitu relatif Barat – Timur. Identifikasi penyebaran batubara didasari oleh ketebalan *seam* batubara pada garis sayatan yang mewakili PIT 3HWE *Westblock* (Penampang Terlampir). Dari interpretasi sayatan 2D daerah penelitian dapat diketahui pola penyebaran tiap *seam* antara lain :

1. *Seam C1* terbentuk secara insitu dan memiliki pola penyebaran lapisan dengan ketebalan tidak menentu.
2. *Seam L1* memiliki pola penyebaran lapisan dengan ketebalan tidak menentu.
3. *Seam U2* memiliki pola penyebaran lapisan dengan ketebalan tidak menentu.
4. *Seam C2* memiliki pola penyebaran lapisan dengan ketebalan tidak menentu.
5. *Seam L2* memiliki pola penyebaran lapisan dengan ketebalan tidak menentu.



Gambar 4.9 Diagram statistik ketebalan *seam* batubara

4.4 Sebaran Kualitas *Seam* Batubara Daerah Penelitian

Kualitas batubara ditentukan dengan analisis batubara di laboratorium, diantaranya adalah analisis proksimat dan analisis ultimat.

Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan jumlah air, zat terbang, karbon padat, dan kadar abu, sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti: karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, unsur tambahan dan juga unsur jarang.

Kualitas batubara ini diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang selain dilihat dari besarnya sumberdaya batubara di daerah penelitian. Pada data kualitas yang didapatkan pada daerah penelitian diolah menjadi *Quality Map* tiap *Seam*.

Data kualitas kemudian dibuatkan peta kualitas dengan parameter *Calorific value* (CV) dan *Total sulfur* (TS) menggunakan *software Minescape* 4.118. Adapun nilai kualitas dan uraian mengenai nilai kualitas tiap *seam* pada daerah penelitian (Tabel 4.2).

Tabel 4.1 Kualitas Batubara pada daerah penelitian

No	Seam	RD	CV	TS
1	L1	1.35	5864	0.31
2	C1	1.32	6265	0.39
3	U2	1.34	6008	0.35
4	C2	1.3	6460	0.21
5	L2	1.36	5984	0.4

Total sulfur (TS) dapat didefinisikan sebagai jumlah kandungan belerang pirit, sulfat dan organik secara keseluruhan yang terkandung didalam batubara. Kandungan sulfur yang tinggi di dalam batubara tidak diinginkan karena akan berakumulasi di dalam cairan logam panas sehingga memerlukan proses desulfurisasi. Total sulfur umumnya berbanding lurus dengan lingkungan pengendapan yang semakin mendekati laut maka semakin tinggi nilai sulfurnya.

Nilai kalori (CV) bertujuan untuk mengetahui nilai panas pembakaran yang dihasilkan batubara. Selain itu, nilai kalori merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan kualitas batubara. Semakin tinggi nilai kalori maka panas yang dihasilkan batubara semakin tinggi. Salah satu faktor yang dapat memengaruhi nilai kalori adalah tekanan yang menimbulkan panas. Apabila pembebanan lebih tinggi berarti sedimentasi diatas batubara lebih tebal. Berdasarkan nilai rata-rata *Calorific Value* batubara daerah penelitian termasuk dalam *rank* Sub-Bituminus hingga Bituminus.

4.4.1. Kualitas Seam C1

Data kualitas batubara *seam* A berdasarkan data bor disajikan dalam bentuk *Quality Map* dengan interval kontur 500 menggunakan *software minescape 4.118*, peta kualitas pada *seam* C1 menggunakan parameter

perbandingan *Calorific Value* (CV) dan *Total Sulfur* (TS), *seam* C1 memiliki nilai CV antara 5.640 – 6.716 Kcal/kg dan TS 0.39%.

4.4.2. Kualitas Seam L1

Data kualitas batubara *seam* L1 berdasarkan data bor disajikan dalam bentuk *Quality Map* dengan interval kontur 500 menggunakan *software minescape* 4.118, peta kualitas pada *seam* C1 menggunakan parameter perbandingan *Calorific value* (CV) dan *Total sulfur* (TS), *seam* B memiliki nilai CV antara 5.240 – 6.291 Kcal/kg dan TS 0.31%.

4.4.3. Kualitas Seam U2

Data kualitas batubara *seam* U2 berdasarkan data bor disajikan dalam bentuk *Quality Map* dengan interval kontur 500 menggunakan *software minescape* 4.118, peta kualitas pada *seam* U2 menggunakan parameter perbandingan *Calorific value* (CV) dan *Total sulfur* (TS), *seam* U2 memiliki nilai CV antara 4.915 – 6.459 Kcal/kg dan TS 0,35%.

4.4.4. Kualitas Seam C2

Data kualitas batubara *seam* C2 berdasarkan data bor disajikan dalam bentuk *Quality Map* dengan interval kontur 500 menggunakan *software minescape* 4.118, peta kualitas pada *seam* C2 menggunakan parameter perbandingan *Calorific value* (CV) dan *Total sulfur* (TS), *seam* C2 memiliki nilai CV antara 5.838 – 6.752 Kcal/kg dan TS 0,21%.

4.4.5. Kualitas Seam L2

Data kualitas batubara *seam* L2 berdasarkan data bor disajikan dalam bentuk *Quality Map* dengan interval kontur 500 menggunakan *software minescape*

4.118, peta kualitas pada *seam* L2 menggunakan parameter perbandingan *Calorific value* (CV) dan *Total sulfur* (TS), *seam* C2 memiliki nilai CV antara 4.468 – 6.542 Kcal/kg dan TS 0,4%.

4.5 Sumberdaya Batubara Pada Daerah Penelitian

Perhitungan sumberdaya terukur dilakukan dengan metode poligon, dimana lingkaran dibuat dari titik informasi terluar. Untuk jarak daerah pengaruhnya mengacu pada klasifikasi pada SNI 5015:2019 yang mana daerah penelitian merupakan daerah dengan kondisi geologi sederhana.

Perhitungan sumberdaya dilakukan pada tiap *seam* yang ada pada daerah penelitian menggunakan *minescape* 4.118, adapun parameter yang digunakan untuk melakukan perhitungan sumberdaya pada daerah penelitian antara lain menggunakan radius sumberdaya terukur 250 meter, terkira 500 meter, dan tereka 1000 meter. Menggunakan *vertical limit / cut of topo* 100 meter, ketebalan minimum 0.3 meter. Untuk nilai relatif *density*, meskipun bervariasi namun setiap *Seam* pada setiap lokasi kajian, nilai masing-masing *Seam* dipakai dalam perhitungan yaitu 1.3, maka sumberdaya terukur dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti di bawah ini :

Sumberdaya Terukur : Volume x Relatif *Density*

Volume : Ketebalan rata-rata x Luas (area) yang ditempati batubara

Sumberdaya pada daerah penelitian disajikan dalam bentuk peta sumberdaya tiap *seam* (Lampiran), adapun hasil dari perhitungan sumberdaya batubara pada daerah penelitian sebagai berikut (Tabel 4.2) dan (Tabel 4.3).

Tabel 4.2 Sumberdaya batubara pada daerah penelitian format IMM

Depth Covered Limit from Topographic	Coal Resource			
	Resources (X 1000 ton) by RD ad			Total
	Measured	Indicated	Inferred	
	250	500	1000	
50 m	6,380	108	14	6,503
100 m	15,007	2,171	223	17,400

Tabel 4.3 Sumberdaya batubara pada daerah penelitian

No	Seam	Terukur
1	C1	3.029.75 ton
2	L1	1.412.77 ton
3	U2	1.595.77 ton
4	C2	10.460.27 ton
5	L2	694.88 ton

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan estimasi sumberdaya terukur pada *Seam C1* sebanyak 3.029.75 ton. Sumberdaya terukur pada *Seam L1* sebanyak 1.412.77 ton. Sumberdaya terukur pada *Seam U2* sebanyak 1.595.77, Sumberdaya terukur pada *Seam C2* adalah sebanyak 10.460.27 ton dan sumberdaya terukur pada *Seam L2* adalah sebanyak 694.88 ton.
2. Pada PIT 3HWE *Westblock* dijumpai 5 *seam* dengan penyebaran dan ketebalan yang bervariasi diantaranya yaitu *seam C1* yaitu 1.02 meter dan yang menyebar di bagian Barat Daya, *seam L1* yaitu 0.38 meter dan yang menyebar di bagian Barat Daya, *seam U2* yaitu 0.34 meter dan yang menyebar di bagian Barat Daya, *seam C2* yaitu 1.98 meter dan yang menyebar di bagian Utara, *seam L2* yaitu 0.35 meter dan yang menyebar di bagian Utara PIT 3HWE *Westblock*.
3. Kualitas batubara pada daerah penelitian yaitu *seam C1* memiliki CV 6.265 Kcal/kg dan TS 0,39%. *seam L1* memiliki CV 5.864 Kcal/kg dan TS 0,31%. *seam U2* memiliki CV 6.008 Kcal/kg dan TS 0,35%. *seam C2* memiliki CV 6.460 Kcal/kg dan TS 0,21%, *seam L2* memiliki CV 5.984 Kcal/kg dan TS 0,4%.

5.2 Saran

Berdasarkan data di atas, sebaiknya pada jarak pengambilan titik bor menggunakan konsistensi jarak 50 meter agar dalam perhitungan sumberdaya batubara lebih akurat, dan dilakukan pengambilan data kualitas dengan metode tes pit pada seam L1 dan U2 ketika tambang sudah dibuka dikarenakan kecukupan data kualitas pada kedua seam tersebut masih sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshari, F. 2016, *Identifikasi Pola Sebaran Seam dan Perhitungan Sumber Daya Batubara Menggunakan Interpretasi Data Log Geofisika Pada Lapangan "F" Lahat, Sumatera Selatan. (Skripsi)*, Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Dede, M. 2011, *Analisis Lingkungan Pengendapan Dan Kualitas Batubara Di Pit J, Daerah Pinang, Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Propinsi Kalimantan Timur*, Bandung, Teknik Geologi Universitas Teknologi Bandung.
- Hawadi, A. 2019, *Buku Petunjuk Pelatihan Open Cut Mining*, Mitra Jasa Pertambangan.
- Heryanto, R. dkk 1995, *Geologi Regional Lembar Malinau. Kalimantan Utara 1:250.000*.
- Hower, J.C. 1963, *The International Handbook of Coal Petrography*, USA, University of Kentucky.
- Linggadipura, D. R. S. 2017, *Lingkungan Pengendapan Dan Karakteristik Batubara Pada Formasi Sawahlunto Daerah Rantih Dan Sekitarnya, Sumatera Barat*, Palembang, Jurnal, Seminar Nasional Kebumian Ke-10 Peran Penelitian Ilmu Kebumian. Teknik Geologi. Universitas Sriwijaya.
- Mutasim, dkk 2010, *Peningkatan Nilai Kalori Batubara Peringkat Rendah Dengan Menggunakan Minyak Tanah dan Minyak Residu*, Universitas Pembangunan Nasional, Press. Jawa Timur.

- Nurchahyo, T. 2017, *Analisis Keterdapatan Overpreassure dan Hubungannya dengan Kondisi Geologi pada Daerah Kedungtuban dan Sekitarnya, Cekungan Jawa Timur Utara*, Perpustakaan Digital ITB.
- Pekerja Tambang, 2016, *Modul Tutorial Training Minescape Xpac Minex dan Surpac Versi Premium*, Jakarta.
- PT. IMM Departemen Geologi, 2020, *Laporan Sumber Daya dan Cadangan WB PT IMM 2020*, Bontang : Indominco Mandiri.
- Qadaryati, N. dkk 2019, *Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Karakteristik dan Maseral Batubara di PT X, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara*, Jurnal Geosains dan Teknologi
- Rahmat, BS. 2007, *Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Tahun 2007 Pusat Sumber Daya Geologi*.
- Rismayana, F. dkk 2022, *Umur Dan Lingkungan Pengendapan Sub Cekungan Tarakan, Kalimantan Utara Berdasarkan Data Palinologi Sumur Ranu*, *Bulletin of scientific Contribution Geology*, Vol 20, 2, 59-68.
- Sari, dkk 2005, *Pemodelan Perhitungan Cadangan Batubara Dengan Perangkat Lunak Pada PT. Mitra Abadi Mahakam Provinsi Kalimantan Selatan*, *Journal of Information Technology* Vol.2 No.2. ISSN: 2579-566X
- SNI 5015:2019, *Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya, dan cadangan batubara*.
- Sriyanto, S.P.D, Ifantyana, I., 2016, *Identifikasi Patahan Mikro Penyebab Gempa Bumi Tarakan 21 Desember 2015*, Prosiding Seminar Nasional Fisika, Vol V. Hal 80.

Sukandarrumidi, 1995, *Batubara dan Gambut*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah

Mada, Jogjakarta, Hal 150.

Susilawati, 1992, *Proses Pembentukan Batubara, Analisa Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Institut Teknologi Bandung.

Teichmuller, 1982, *Stacsh's text book of coal petrology, 3rd*, Gebruder, Berlin, Stuttgart.

Thomas Larry, 2013, *Coal Geology Second Edition*. United Kingdom, John wiley and Sons,Ltd, Publication, ISBN 978 – 1 – 119 – 99044 – 4.

Qadaryati, N. dkk 2019, *Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Karakteristik dan Maseral Batubara di PT X, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara*, Jurnal Geosains dan Teknologi

L

A

M

P

I

R

A

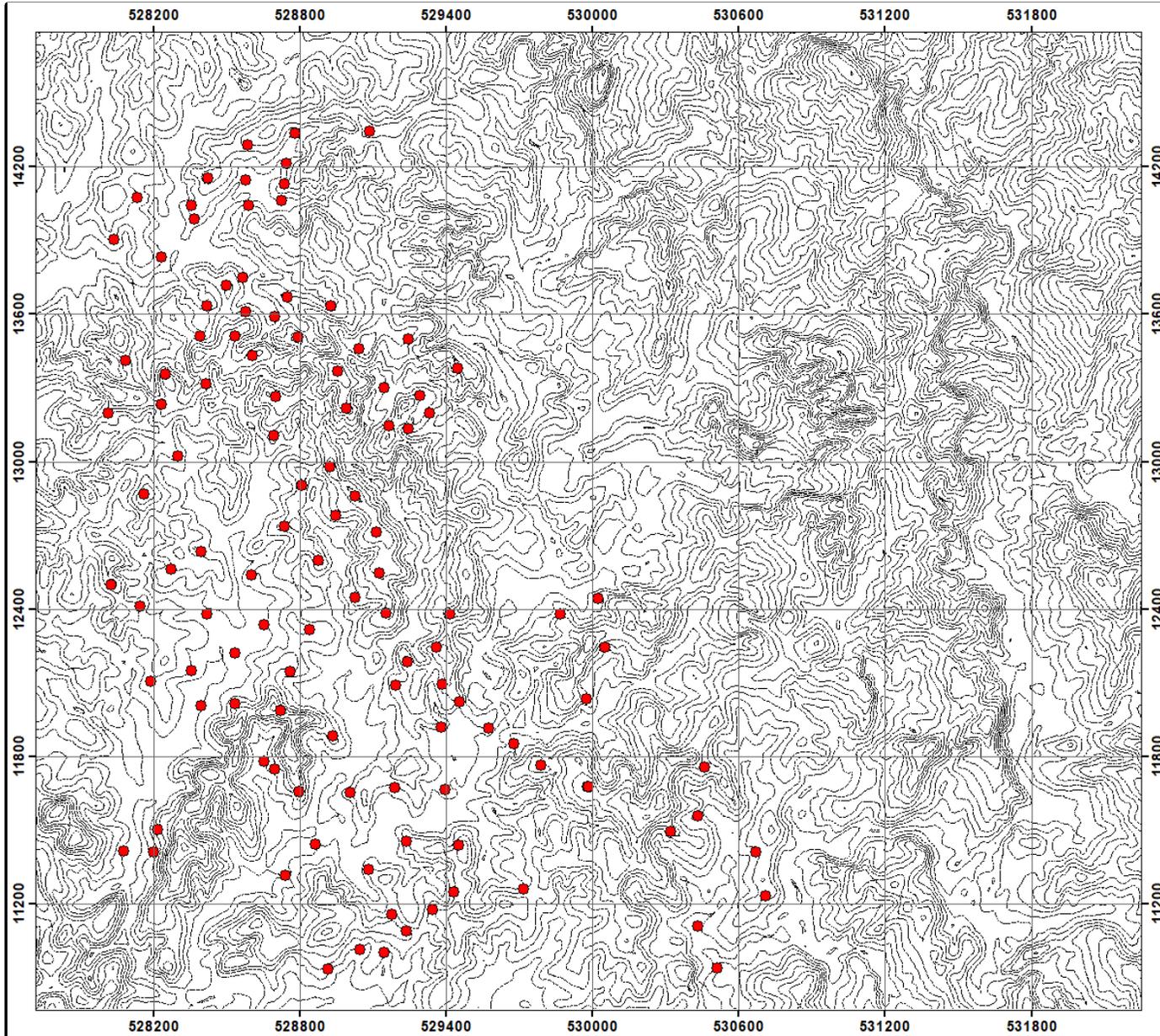
N

HOLENAME	EASTING	NORTHING	ELEVATION	TOTALDEPTH
10229R	528200.09	11410.58	47.01	51.3
10234R	528695.64	11747.45	58.57	63.1
10235R	528655.22	11778.36	53.43	45.4
10264R	529176.82	11154.96	62.14	63.2
10265R	529342.67	11174.02	67.44	63.3
10266R	529433.78	11246.35	63.54	57.2
10270R	529048.3	11012.61	54.54	63.3
10272R	528741.66	11316.39	47.07	57.2
10301R	529145.19	11002.16	56.04	69.3
10309R	528914.37	10933.83	56.77	75.2
11919R	528354.94	14042.85	65.76	433.35
12372C	528233.56	13234.1	82.36	171.7
12374R	528417.1	13315.48	80.21	171.7
12376C	528298.78	13023	69.7	177.7
12378C	528608.19	13430.46	84.02	159.7
12380C	528794.22	13507.34	87.21	165.7
12382C	528748.9	13668.7	75.85	141.7
12384R	528992.45	13216.93	100.85	177.7
12386C	528954.56	13367.86	108.39	189.7
12388R	528700.23	13264.46	85.28	171.7
12390C	528692.78	13106.95	68.88	177.7
12392R	528015.79	13195.3	75.38	165.7
12394C	529088.56	14343.38	98.25	111.7
12398C	528781.11	14334.1	73.06	93.7
12400R	528588.18	14288.14	80.03	126
12402C	528425.24	14154.15	78.77	126.5
12404C	528368.51	13984.81	64.28	138
12406C	528234.94	13830.66	59.03	102.25
12408R	528135.09	14073.67	70.51	108.34
12410C	528038.05	13902.23	66.28	105.3
6671R	528841.08	12316.47	64.99	106
6672R	528937.24	11881.54	63.39	114
6676R	529386.03	12094.64	69.73	108
6677R	529380.12	11918.96	59.17	108
6678R	529192.22	12088.92	64.39	102
6679R	529397.36	11662.79	52.22	114
6680R	529190.21	11672.57	53.72	108

HOLENAME	EASTING	NORTHING	ELEVATION	TOTALDEPTH
6681R	529008.3	11650.67	55.53	106
6682R	529238.72	11452.44	60.15	102
6683R	529451.65	11437.94	71.34	102
6684R	529716.44	11260.84	63.84	120
7130R	529043.2	13457.84	105.86	72
7133R	529332.06	13195.97	81.31	42
7134R	529294.17	13269.81	90.07	48
7135C	529244.24	13497.65	99.85	36
7137R	529449.61	13380.34	94.51	24
7139R	529145.54	13298.11	79.69	48
7140R	528927.62	13634.43	73.3	39
7141R	529245.06	13134.37	83.48	48
7142R	529164.15	13146.42	93.09	66
7143R	528533.71	13511.79	84.9	60
7144R	528390.97	13511.76	69.69	48
7145R	528247.5	13355.18	89.42	69
7146R	528695.58	13589.61	64.73	36
7147R	528498.26	13715.3	77.38	54
7149C	528418.15	13631.84	64.61	30
7151C	528564.81	13747.14	63.71	18
7152R	528578.06	13609.12	73.42	42
7155R	528085.29	13412.46	78.23	48
7382R	530024.25	12441.7	60.32	57.2
7384R	530050.32	12243.25	64.78	42.2
7390R	529974.17	12031.84	67.75	63.26
7392R	529869.82	12379.4	66.53	51.2
7396R	530321.36	11494.8	81.44	72.2
7398R	530433.55	11556.13	63.62	54
7410R	530458.27	11754.23	80.12	48.4
7418R	530509.99	10938.71	53.56	78.4
7437R	530668.81	11411.07	59.52	51.2
7438R	530432.27	11107.88	45.24	42.2
7441C	530709.84	11232.91	64.93	57.3
8658R	529236.37	11090.53	64.67	69.5
8661R	529084.38	11337.87	55.84	69.2
8663R	528719.4	11985.64	84.76	75.5
8665R	528797.8	11654.72	71.09	63.3

HOLENAME	EASTING	NORTHING	ELEVATION	TOTALDEPTH
8667R	528761.09	12143.29	65.62	57
8668R	528216.55	11502.43	60.05	63.5
8670R	528865.06	11441.36	48.34	63
8671R	528397.4	12003.92	49.18	63.5
8830R	528746.26	14211.62	68.68	45.2
8831R	528737.37	14129.27	74.21	54.2
8832R	528726.99	14061.01	62.61	60.2
8834R	528578.26	14144.86	61.41	36.25
8836R	528591.96	14040.67	69.37	45.2
9179R	529678.45	11850.66	54.28	27.3
9180R	529788.32	11762.32	79.89	33.75
9184R	529978.99	11676.14	91.54	27.15
9186C	529982.3	11674.21	91.83	27.1
9188R	529243.29	12182.94	69.25	27.1
9190R	529457.04	12022.9	62.63	21
9192R	529573.94	11912.62	55.34	27.25
9194R	529358.91	12244.87	75.17	37.2
9196C	529358.55	12242.62	75.26	27.2
9198R	529416.45	12379.53	75.68	21.2
9200R	529155.79	12381.54	74.89	27.25
9202R	529025.54	12446.35	67.07	27.3
9204R	529124.97	12544.82	82.27	27.3
9208R	528876.59	12596.86	70.83	27.3
9210R	529116.25	12711.79	89.86	33.2
9212R	528949.44	12778.47	75.02	39.25
9216R	529026.15	12857.6	91.14	21.13
9218R	528925.11	12977.33	90.13	27.1
9220R	528808.25	12900.89	76.05	27.4
9224C	528737.13	12737.66	74.6	27.3
9226R	528602.61	12539.38	60.13	21.3
9230R	528655.85	12336.66	54.82	27.35
9232R	528535.3	12220.02	50.56	33.2
9234R	528420.38	12379.14	53.72	18.3
9238C	528397.61	12633.2	64.83	21.25
9240R	528160.58	12868.52	85.21	21.1
9244C	528270.99	12560.77	65.19	21.2
9246R	528147.16	12409.52	65	21.3

HOLENAME	EASTING	NORTHING	ELEVATION	TOTALDEPTH
9252R	528187.73	12103.68	58.43	30.3
9254C	528354.75	12150.15	55.42	25.36
9256C	528025.56	12497.4	76.46	27.25
9304R	528078.82	11415.54	52	39.3
9330C	528534.85	12014.5	66.11	39.15



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA TITIK BOR PIT 3HWE WESTBLOCK

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



SKALA 1: 15000

OLEH
CHATLINE PATRICIA R.
D061181514

GOWA
2023

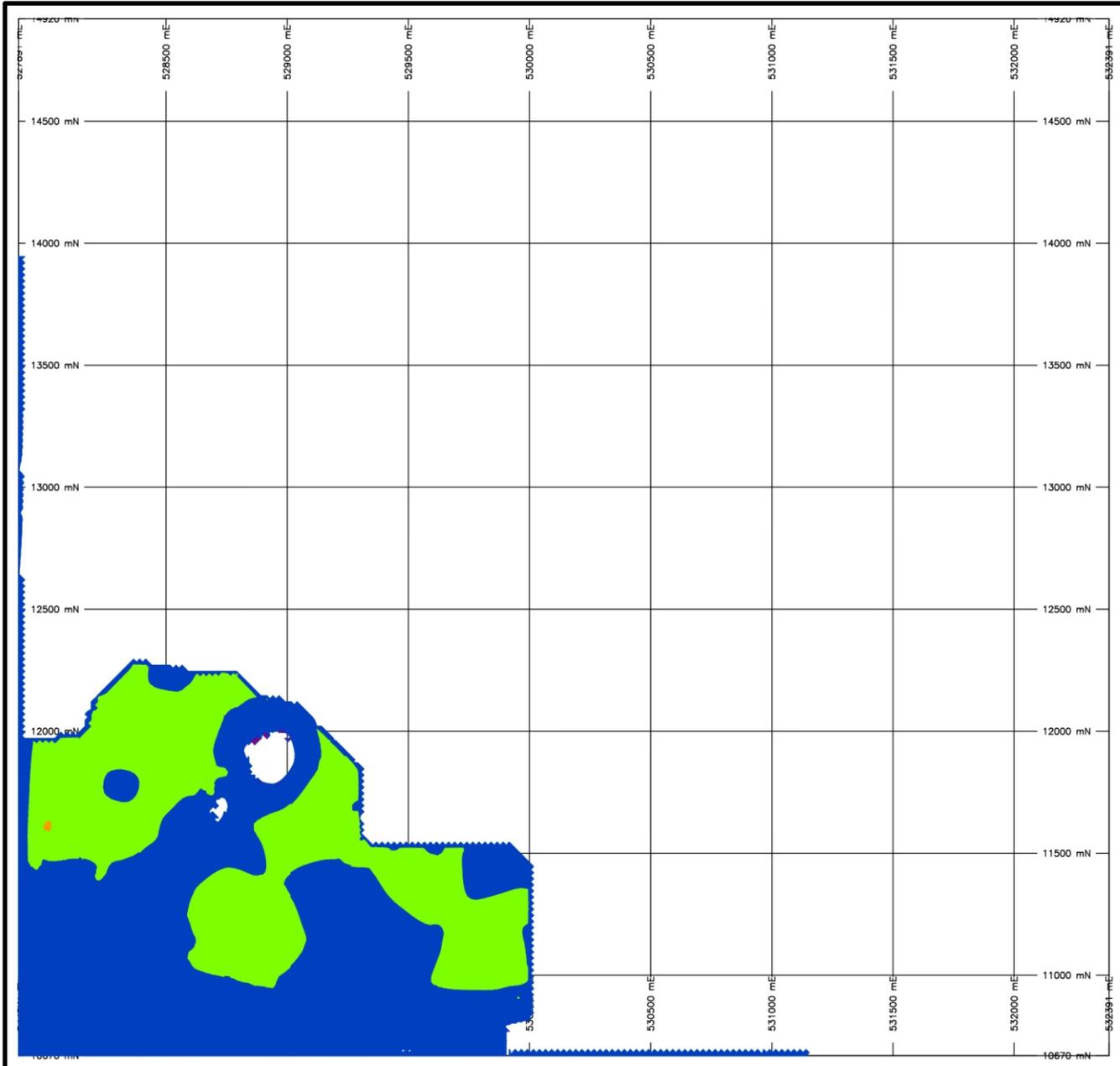
KETERANGAN :



Titik Bor



Garis Kontur



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOPACH SEAM C1

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



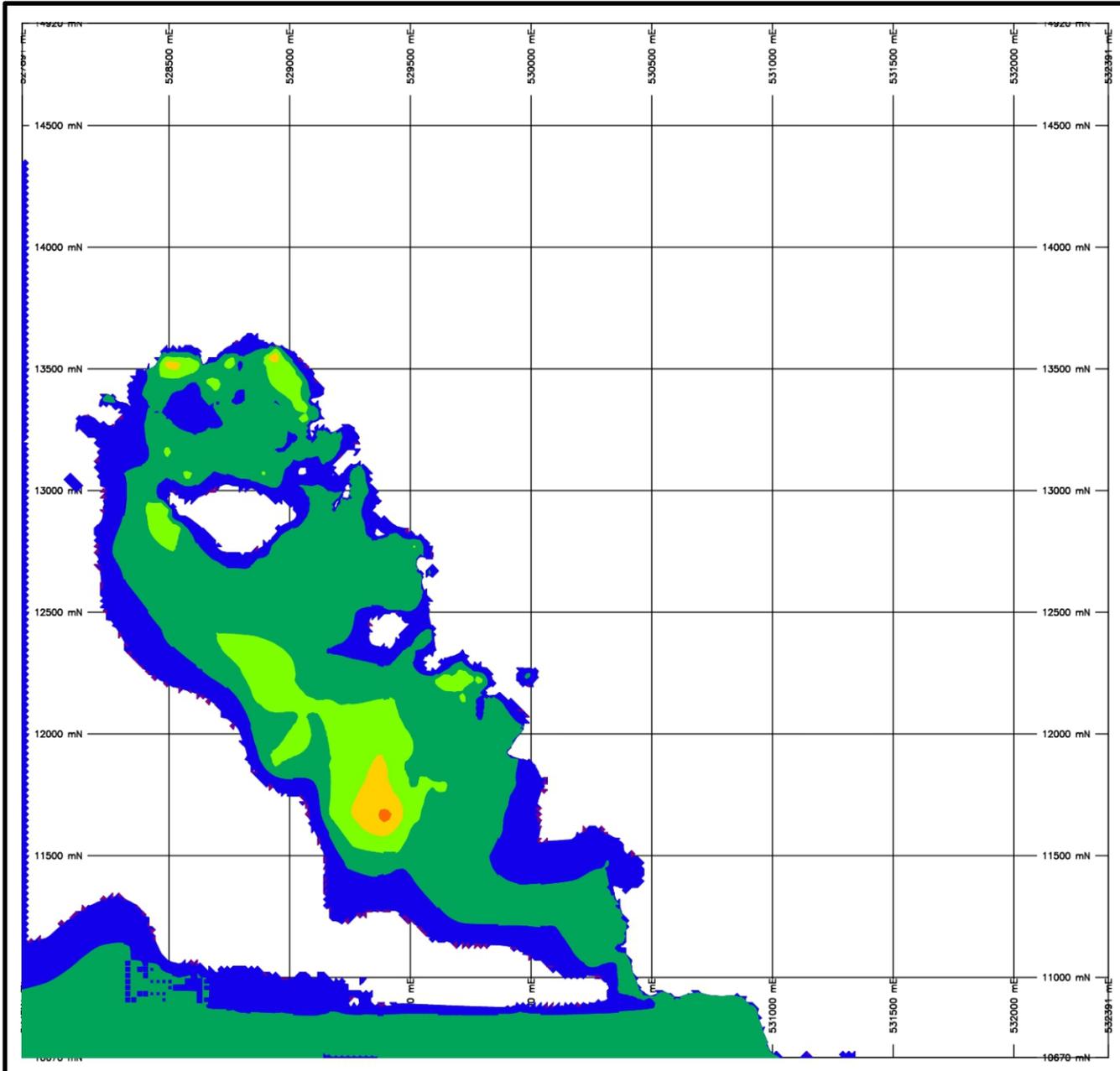
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOPACH SEAM L1

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

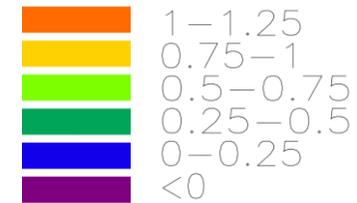


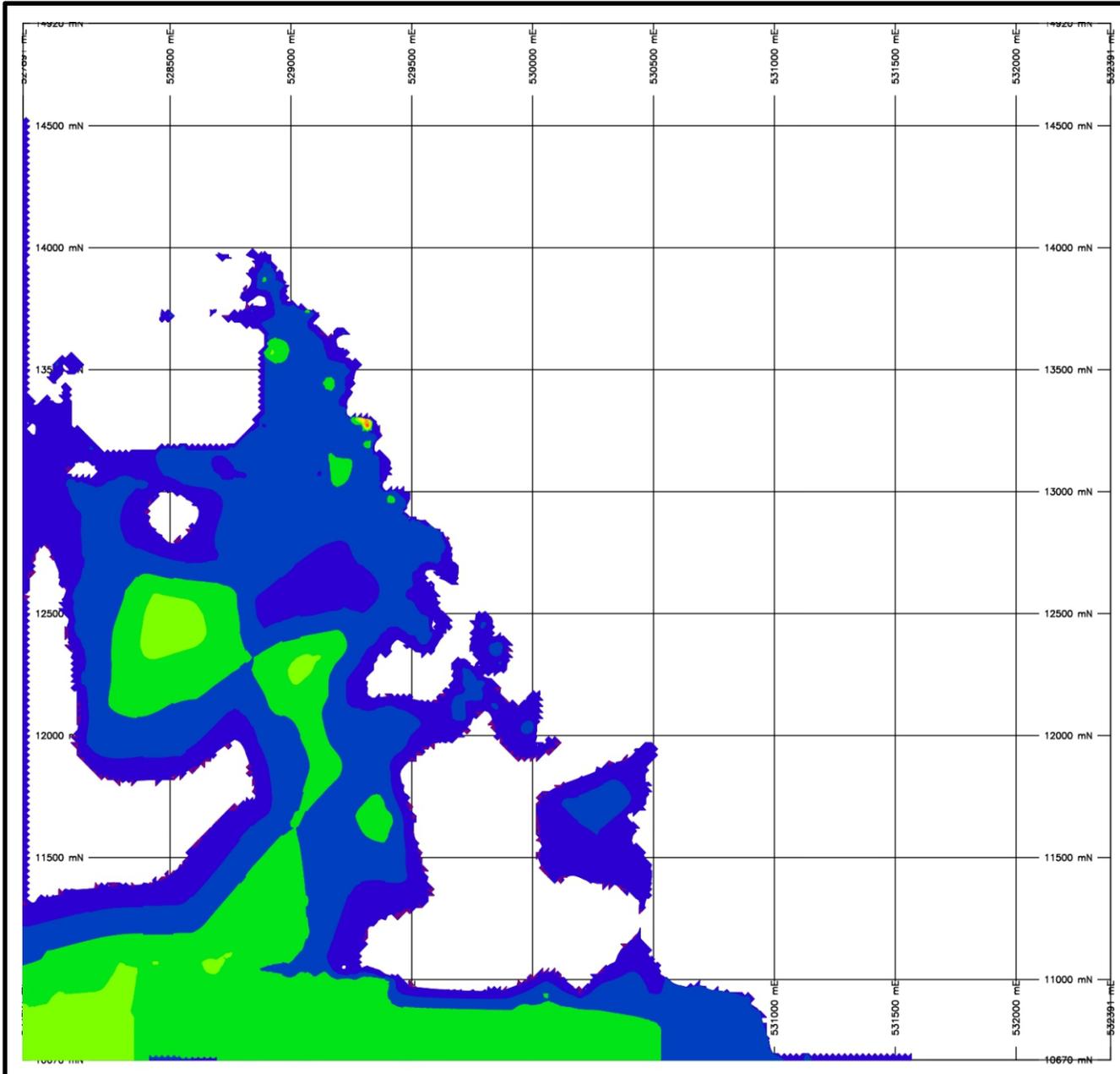
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

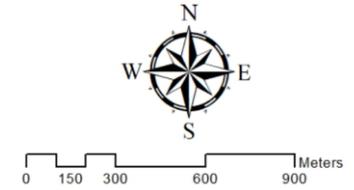
KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOPACH SEAM U2
 PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

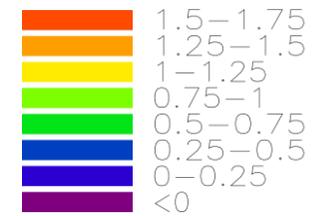


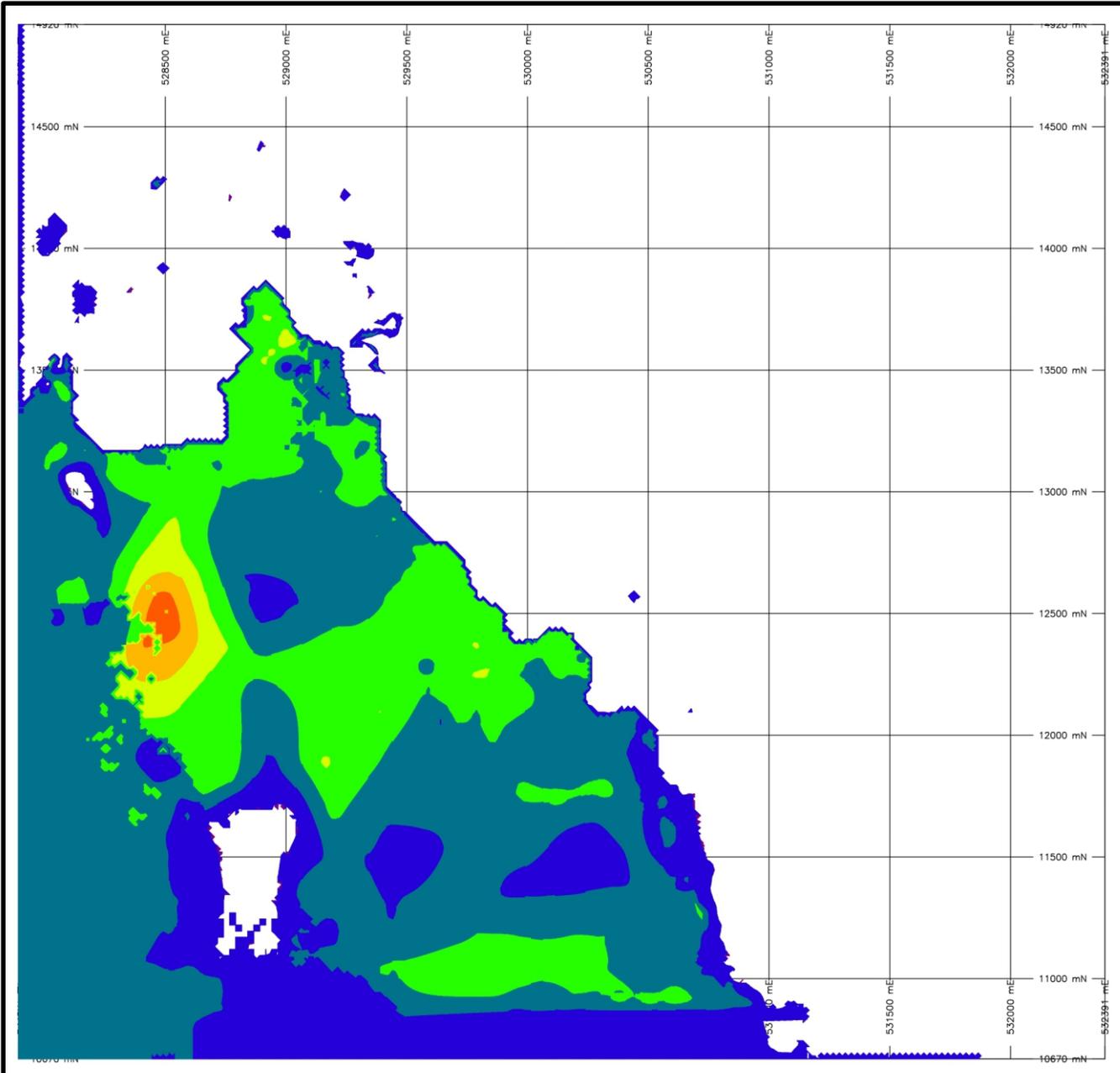
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

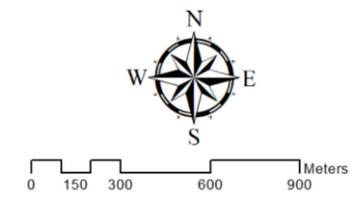
KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOPACH SEAM C2
 PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

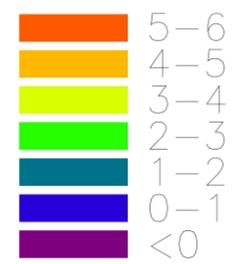


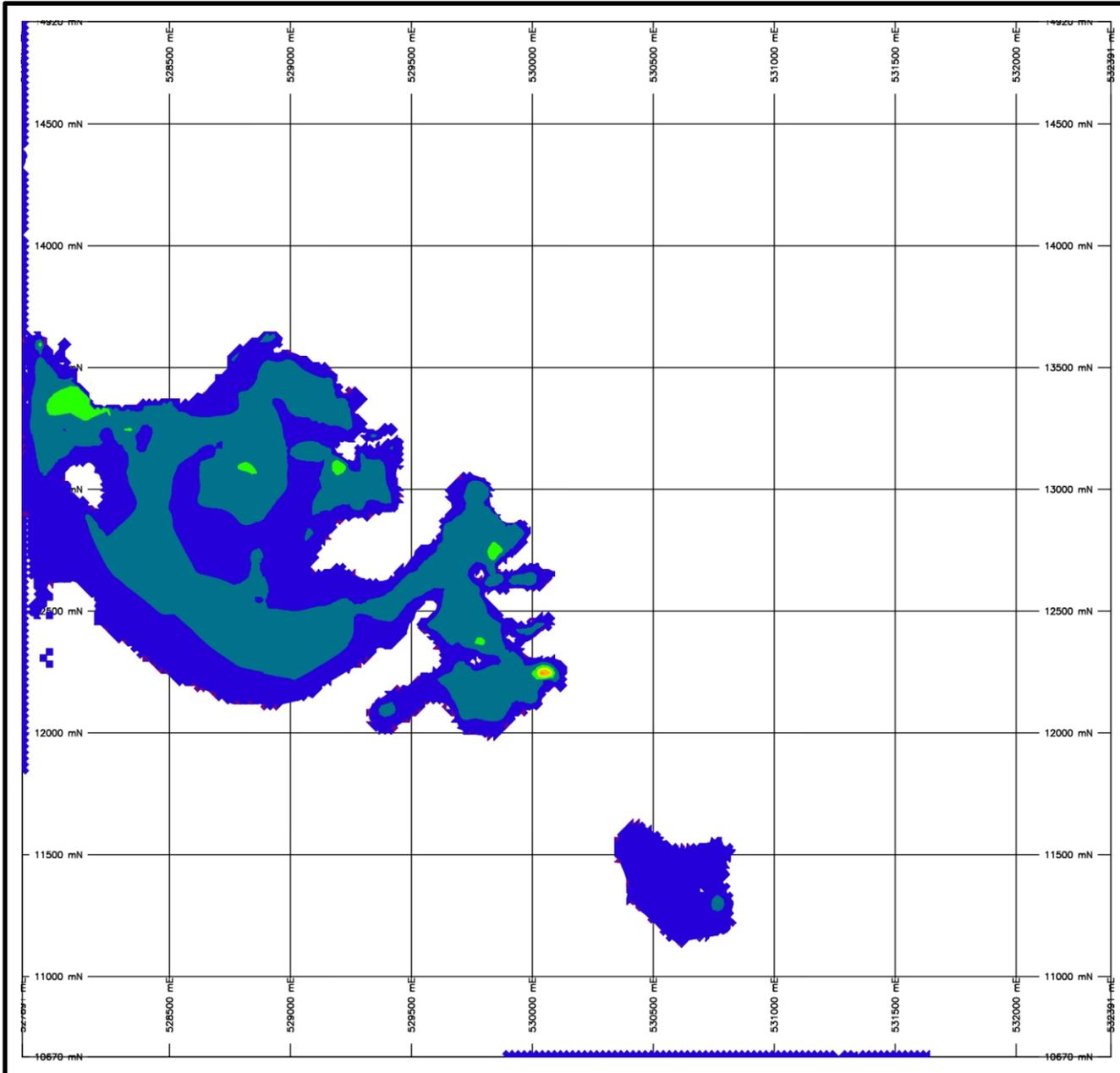
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :

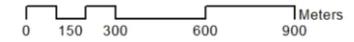




KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOPACH SEAM L2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

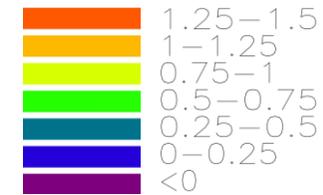


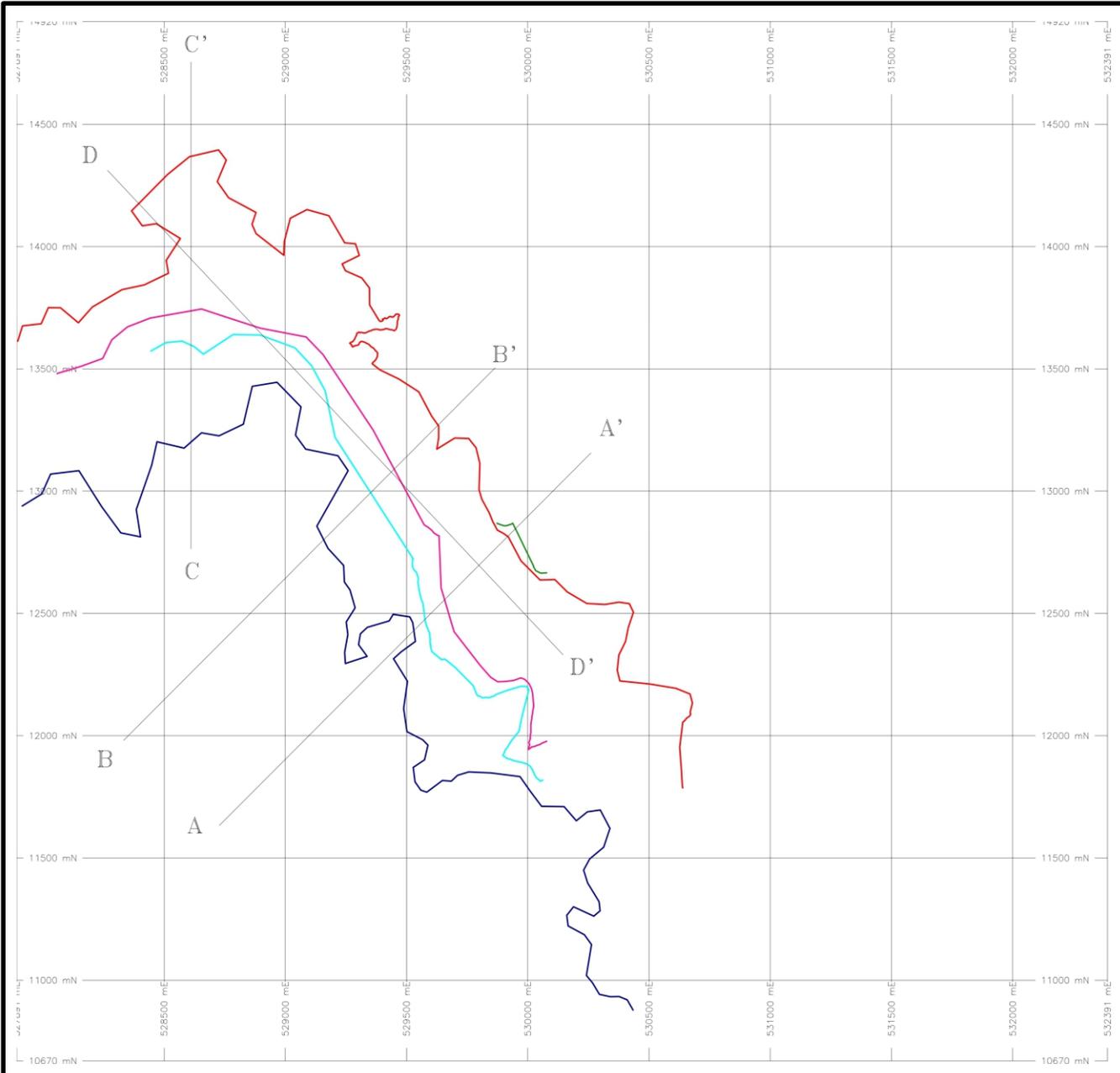
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

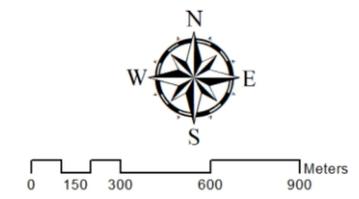
KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA RESOURCE SEAM U2
 PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

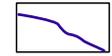
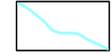
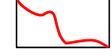
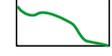
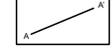


SKALA 1: 15000

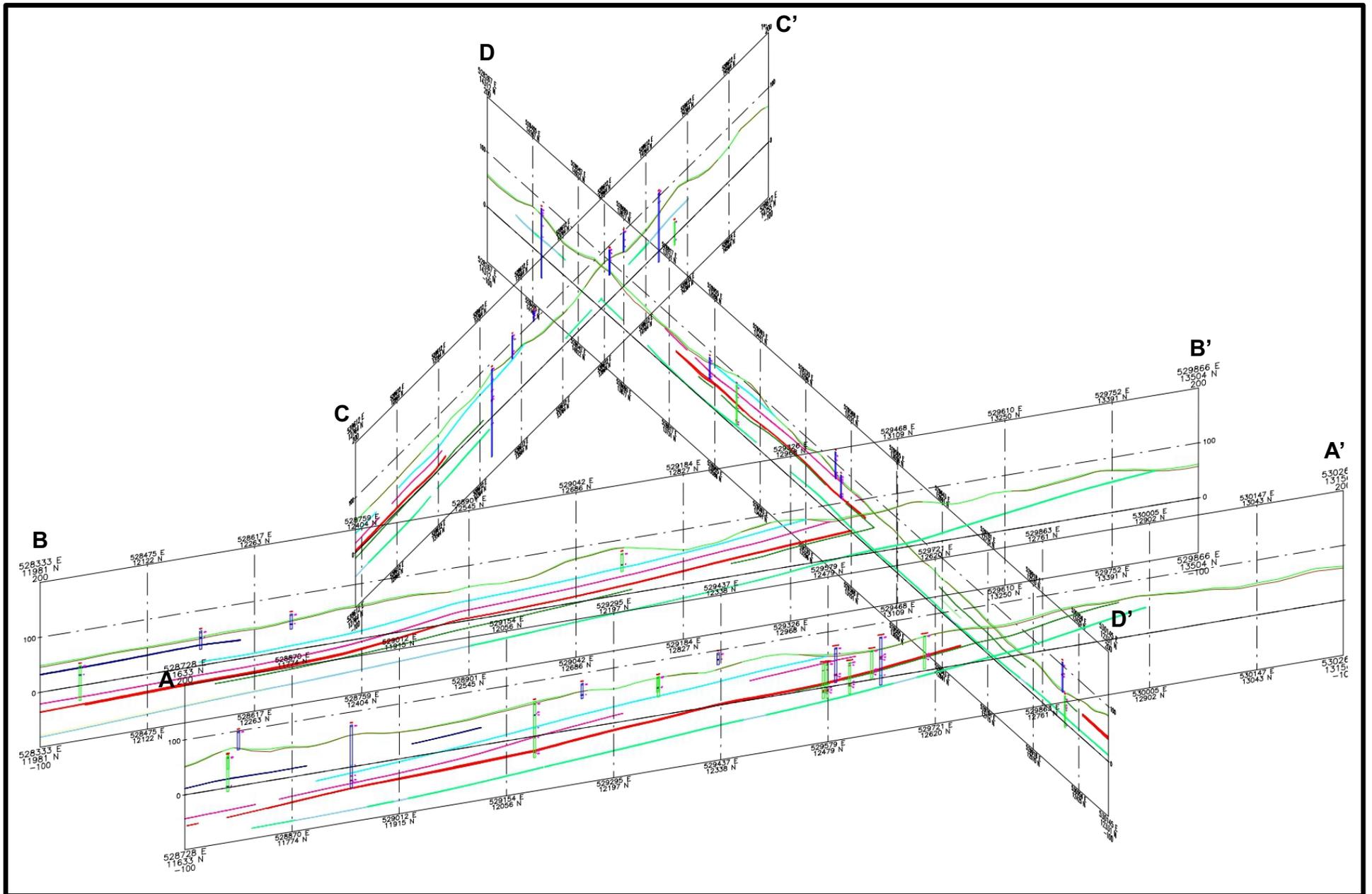
OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :

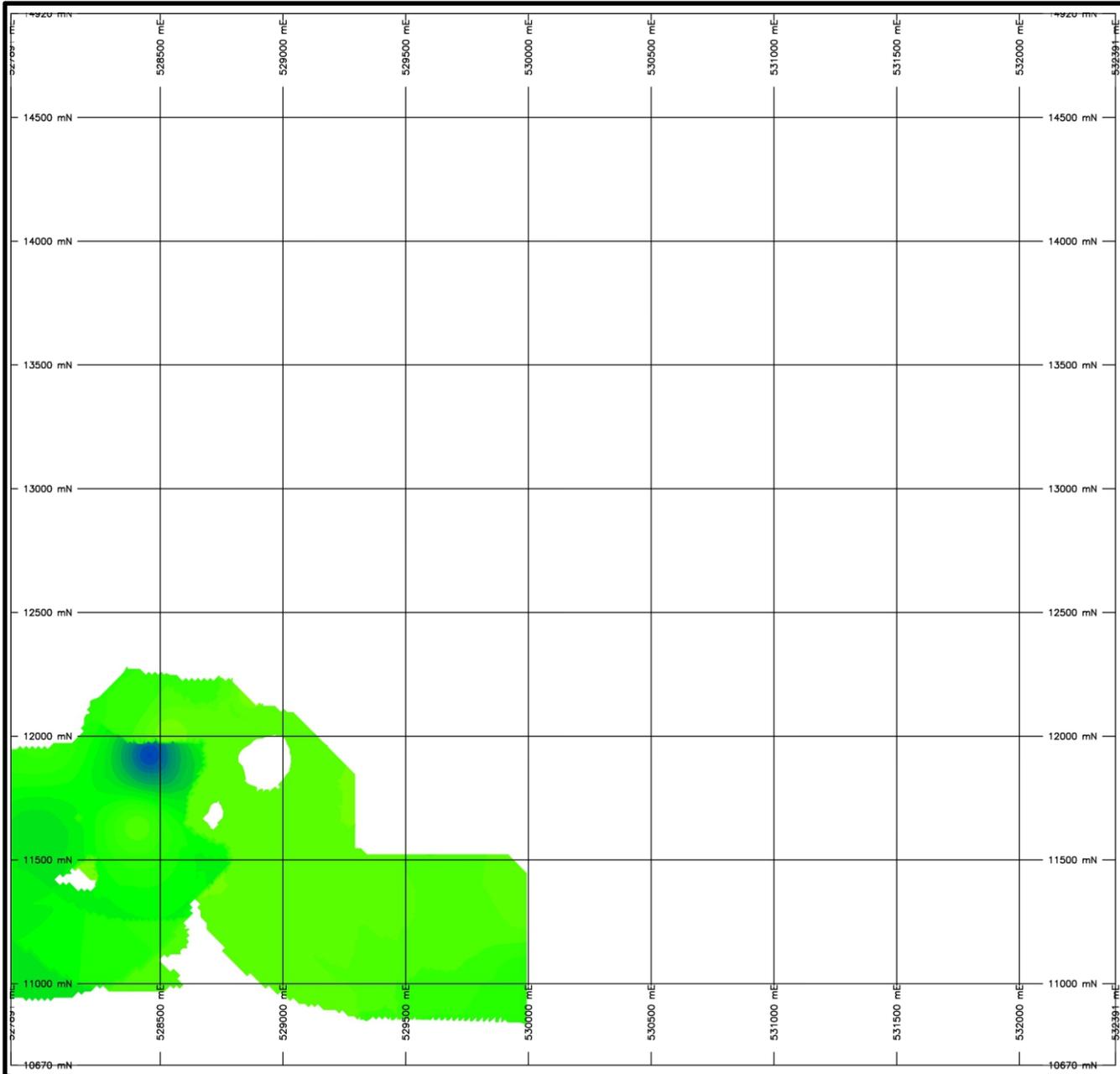
-  Cropline Seam C1
-  Cropline Seam L1
-  Cropline Seam U2
-  Cropline Seam C2
-  Cropline Seam L2
-  Garis Sayatan Penampang

PENAMPANG 2D



SEAM	CV			TS			ASH		
	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN
C1A	4024	6512	6047	0.28	0.41	0.33	2.60	9.90	4.04
C1	5640	6716	6265	0.20	2.55	0.39	2.90	12.70	6.64
C1B	5557	6492	6058	0.21	0.33	0.28	2.60	11.30	7.84
L1A	5315	5529	5422	0.31	0.38	0.34	12.10	17.00	14.55
L1	5240	6291	5864	0.27	0.38	0.31	5.60	16.00	9.47
L1B	6067	6203	6135	0.19	0.35	0.27	5.30	6.80	6.05
U2	4915	6459	6008	0.26	0.67	0.35	1.40	17.20	7.79
C2D	5887	6765	6288	0.24	0.63	0.36	2.60	9.50	6.45
C2A	5091	6815	6434	0.10	0.43	0.24	1.20	21.58	4.53
C2E	5170	6520	6015	0.19	0.36	0.25	4.00	16.10	9.36
C2G	5641	6674	6423	0.20	3.38	1.59	2.80	14.10	5.02
C2	5838	6752	6460	0.16	0.57	0.21	1.50	6.90	3.28
C2B	5875	6840	6418	0.10	0.52	0.21	1.40	9.60	3.93
C2H	6057	6702	6523	0.20	3.29	1.68	2.00	8.20	4.21
L2A	6307	6307	6307	0.39	0.39	0.39	4.90	4.90	4.90
L2	4468	6542	5984	0.13	1.01	0.40	3.10	66.00	9.37
L2B	3629	3629	3629	0.31	0.31	0.31	38.50	38.50	38.50
SEAM	TM			VM			FC		
	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN
C1A	13.3	18.7	15.3	35.6	40.0	37.2	39.7	47.8	45.9
C1	11.0	16.0	13.3	35.2	42.0	39.0	38.6	46.4	43.6
C1B	10.4	18.7	14.0	35.6	43.4	38.5	38.8	45.8	42.2
L1A	16.1	16.1	16.1	32.8	35.7	34.3	39.0	40.6	39.8
L1	13.7	16.7	15.5	32.7	38.7	36.4	39.1	44.7	42.4
L1B	17.0	17.5	17.3	38.4	39.4	38.9	43.2	43.6	43.4
U2	13.5	17.2	15.3	29.3	40.3	37.5	39.1	54.8	43.5
C2D	13.8	16.9	15.2	36.5	42.1	39.1	41.7	45.4	43.7
C2A	11.7	19.2	14.5	34.2	44.6	40.6	39.0	47.1	44.4
C2E	13.8	15.3	14.5	33.6	40.9	37.5	39.9	46.1	42.4
C2G	11.3	15.4	14.0	36.5	43.3	40.3	38.9	46.7	44.5
C2	11.6	23.8	15.8	35.4	42.4	40.1	43.1	46.4	44.7
C2B	11.7	17.9	15.1	35.9	45.1	39.7	40.6	47.6	45.1
C2H	12.1	15.4	14.1	38.3	43.6	40.9	42.0	47.7	44.7
L2A	16.3	16.3	16.3	38.6	38.6	38.6	45.2	45.2	45.2
L2	10.8	19.5	14.5	34.3	40.6	38.0	41.5	46.8	44.4
L2B	14.5	14.5	14.5	26.1	26.1	26.1	26.6	26.6	26.6

SEAM	Na ₂ O			CaO			MOIST		
	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN
C1A	1.0	5.2	2.5	3.6	6.1	4.9	10.8	15.7	12.9
C1	0.3	3.7	1.2	3.0	4.5	3.8	8.5	13.5	10.8
C1B	1.0	2.1	1.6	2.7	3.6	3.1	7.9	15.7	11.5
L1A	0.3	0.3	0.3	2.2	2.2	2.2	11.2	11.6	11.4
L1	0.7	6.3	2.7	0.7	7.3	4.1	11.0	12.2	11.8
L1B	0.8	1.8	1.3	2.7	3.5	3.1	11.6	11.6	11.6
U2	0.6	8.5	3.0	1.2	9.2	3.8	9.9	13.8	11.2
C2D	3.4	3.4	3.4	2.0	2.0	2.0	9.9	11.7	10.9
C2A	0.6	10.1	4.9	1.1	19.8	8.2	9.1	13.1	10.7
C2E	1.6	1.6	1.6	1.3	1.3	1.3	9.9	11.4	10.7
C2G	7.4	7.4	7.4	22.2	22.2	22.2	8.3	11.5	10.2
C2	0.5	7.7	4.6	5.2	10.8	7.1	9.7	15.1	11.9
C2B	0.5	10.0	4.8	1.9	10.6	6.0	9.3	13.2	11.3
C2H	9.1	9.1	9.1	24.3	24.3	24.3	8.2	11.5	10.2
L2A	6.9	6.9	6.9	6.0	6.0	6.0	11.4	11.4	11.4
L2	1.7	7.9	4.2	1.1	7.4	3.5	6.4	13.6	10.7
L2B	1.6	1.6	1.6	0.8	0.8	0.8	8.8	8.8	8.8
SEAM	RD								
	MIN	MAX	MEAN						
C1A	1.3	1.4	1.3						
C1	1.3	1.4	1.3						
C1B	1.3	1.4	1.3						
L1A	1.4	1.4	1.4						
L1	1.3	1.4	1.4						
L1B	1.3	1.3	1.3						
U2	1.3	1.4	1.3						
C2D	1.3	1.4	1.3						
C2A	1.3	1.5	1.3						
C2E	1.3	1.4	1.3						
C2G	1.3	1.4	1.3						
C2	1.3	1.4	1.3						
C2B	1.3	1.4	1.3						
C2H	1.3	1.4	1.3						
L2A	1.3	1.3	1.3						
L2	1.3	2.0	1.4						
L2B	1.6	1.6	1.6						



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL CALORIFIC VALUE (Kcal/kg) SEAM C1

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

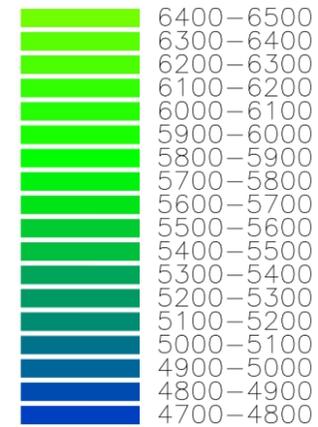


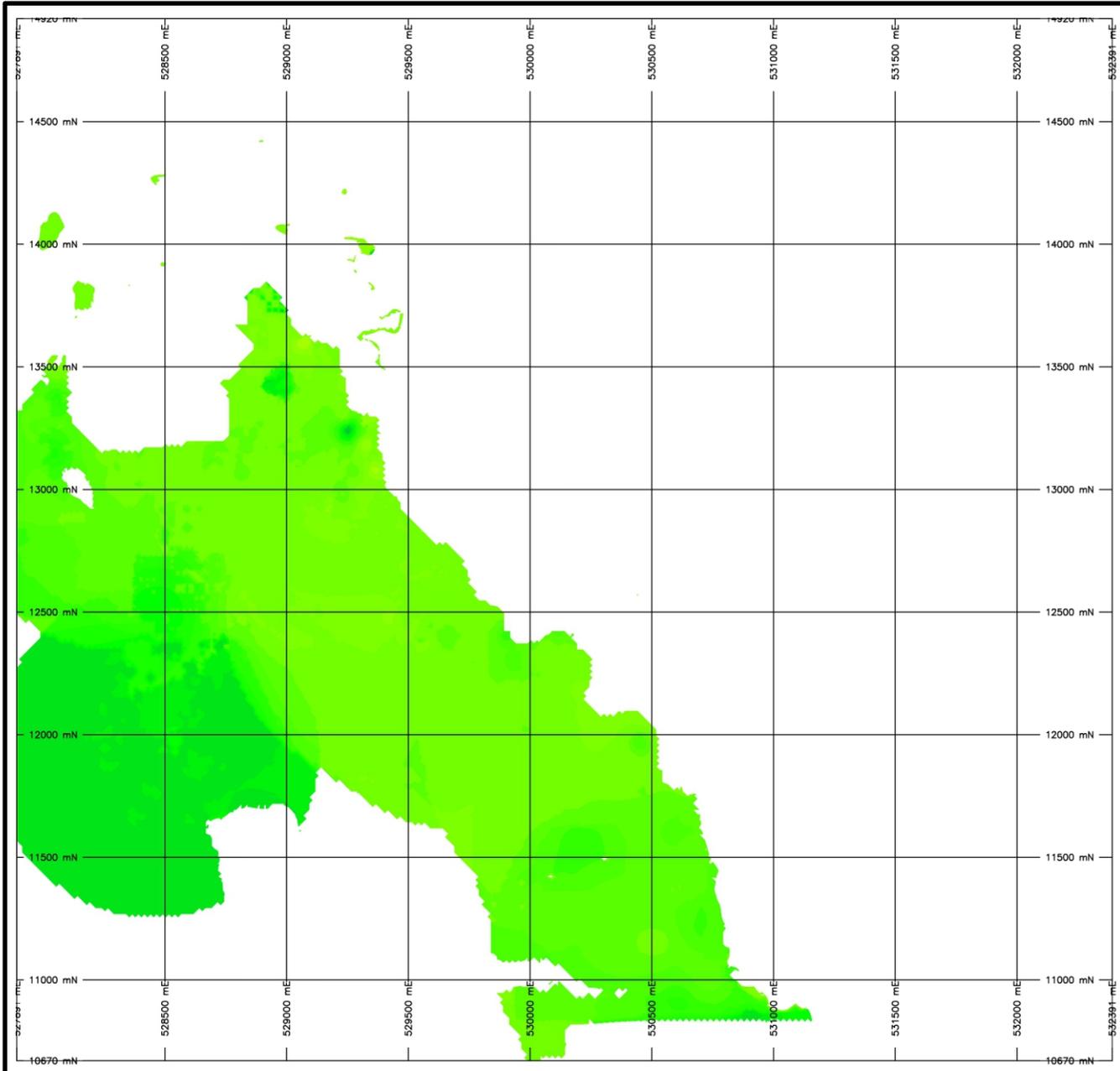
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :

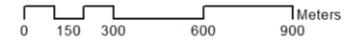




KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL CALORIFIC VALUE (Kcal/kg) SEAM C2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

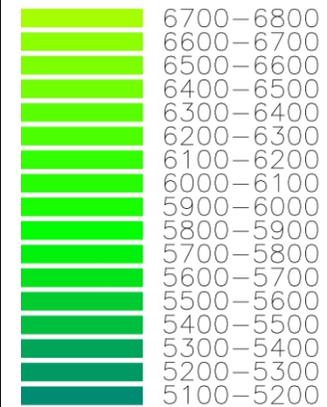


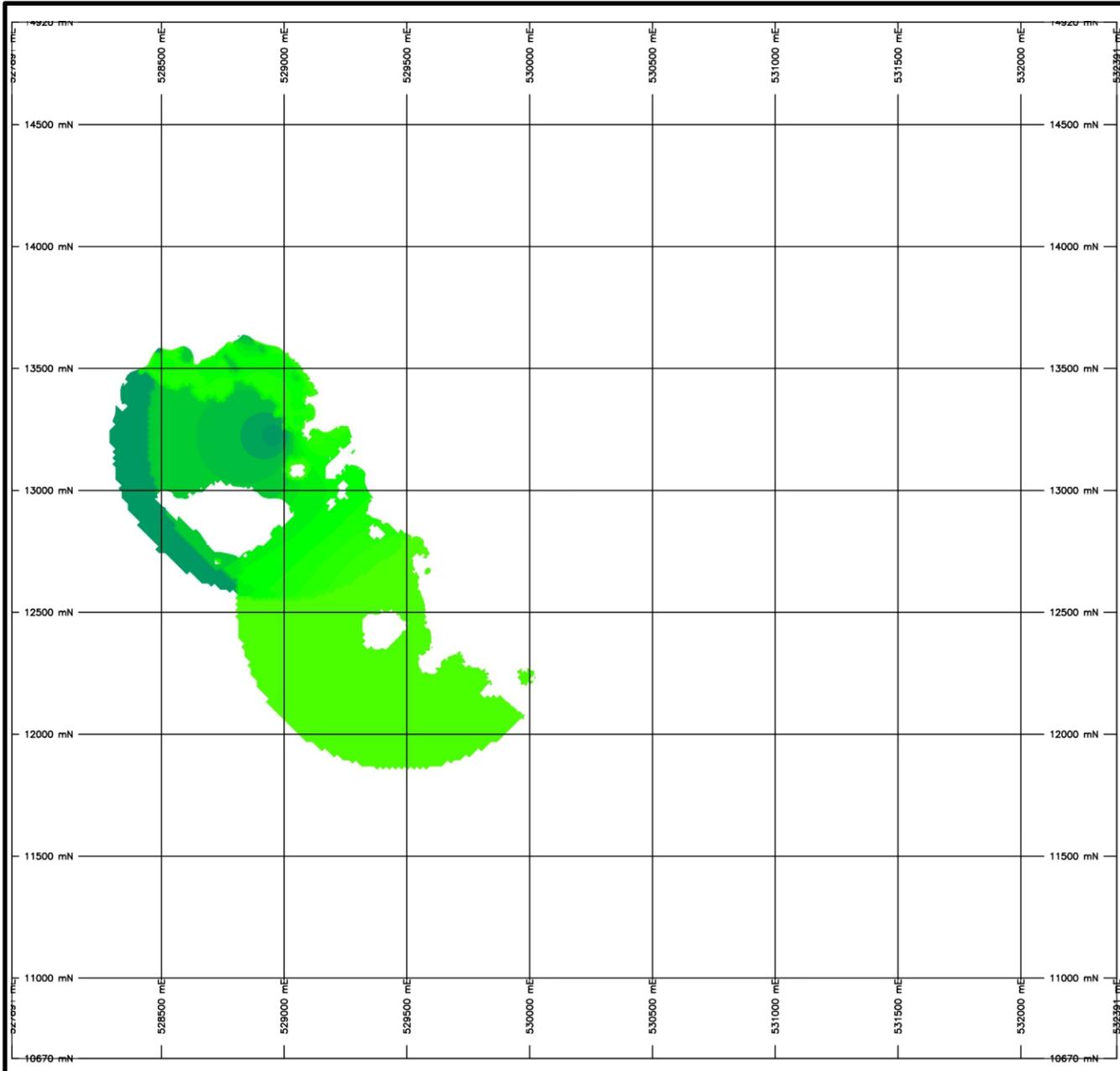
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL CALORIFIC VALUE (Kcal/kg) SEAM L1

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

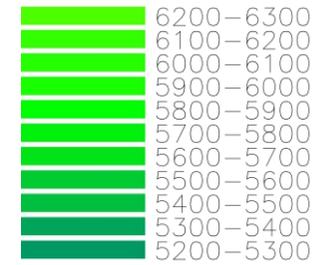


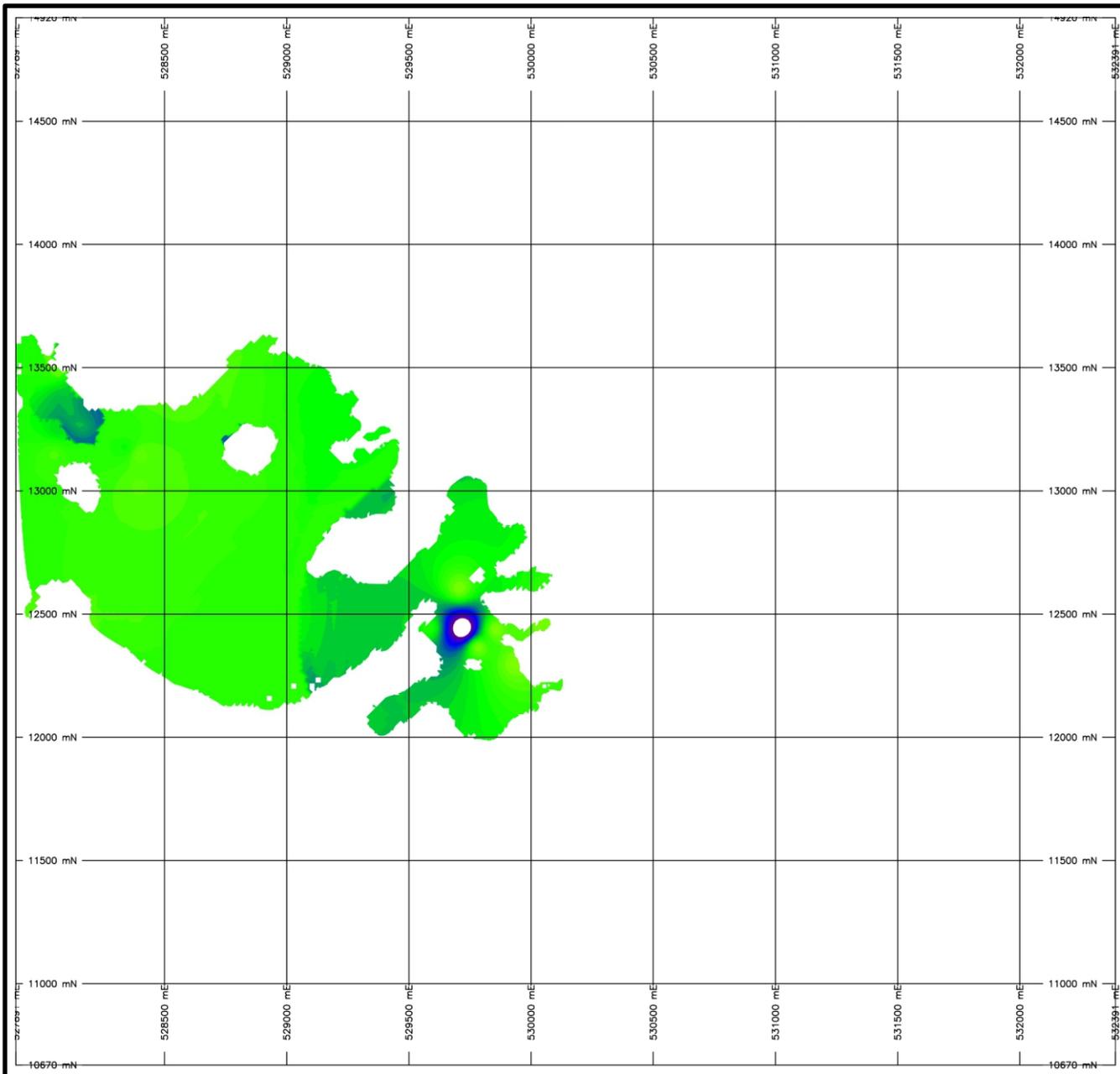
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :

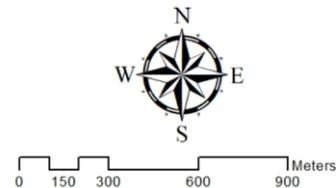




KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL CALORIFIC VALUE (Kcal/kg) SEAM L2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

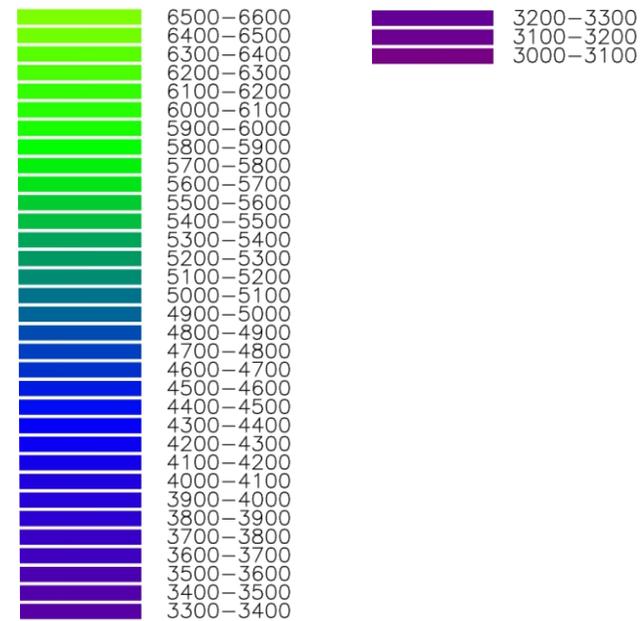


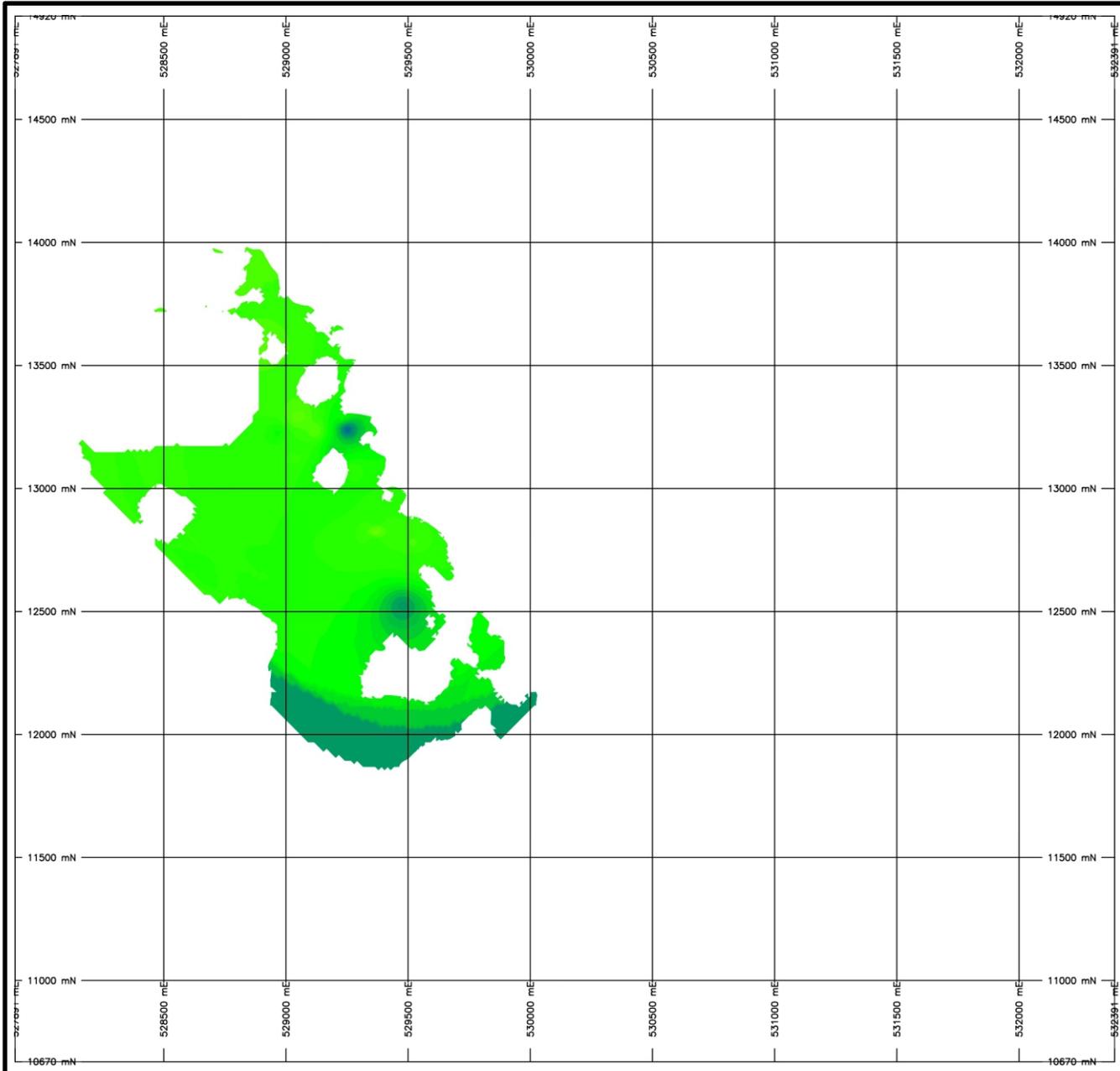
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL CALORIFIC VALUE (Kcal/kg) SEAM U2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

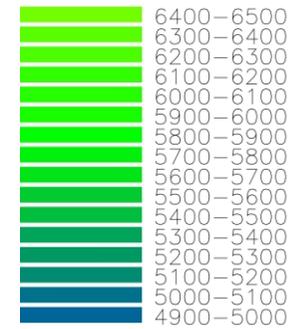


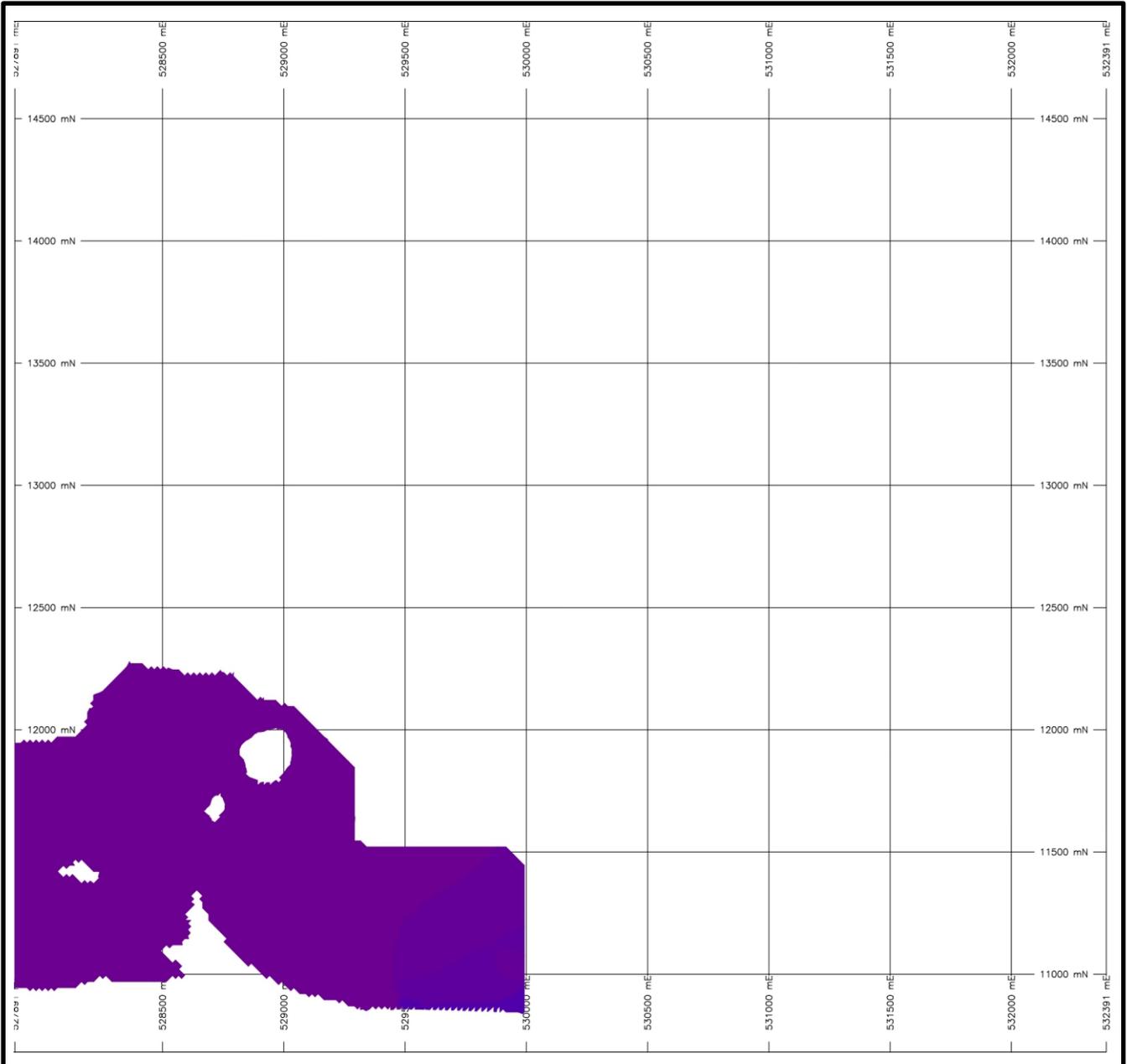
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

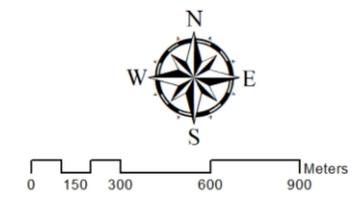
KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL TOTAL SULFUR (%) SEAM C1
 PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



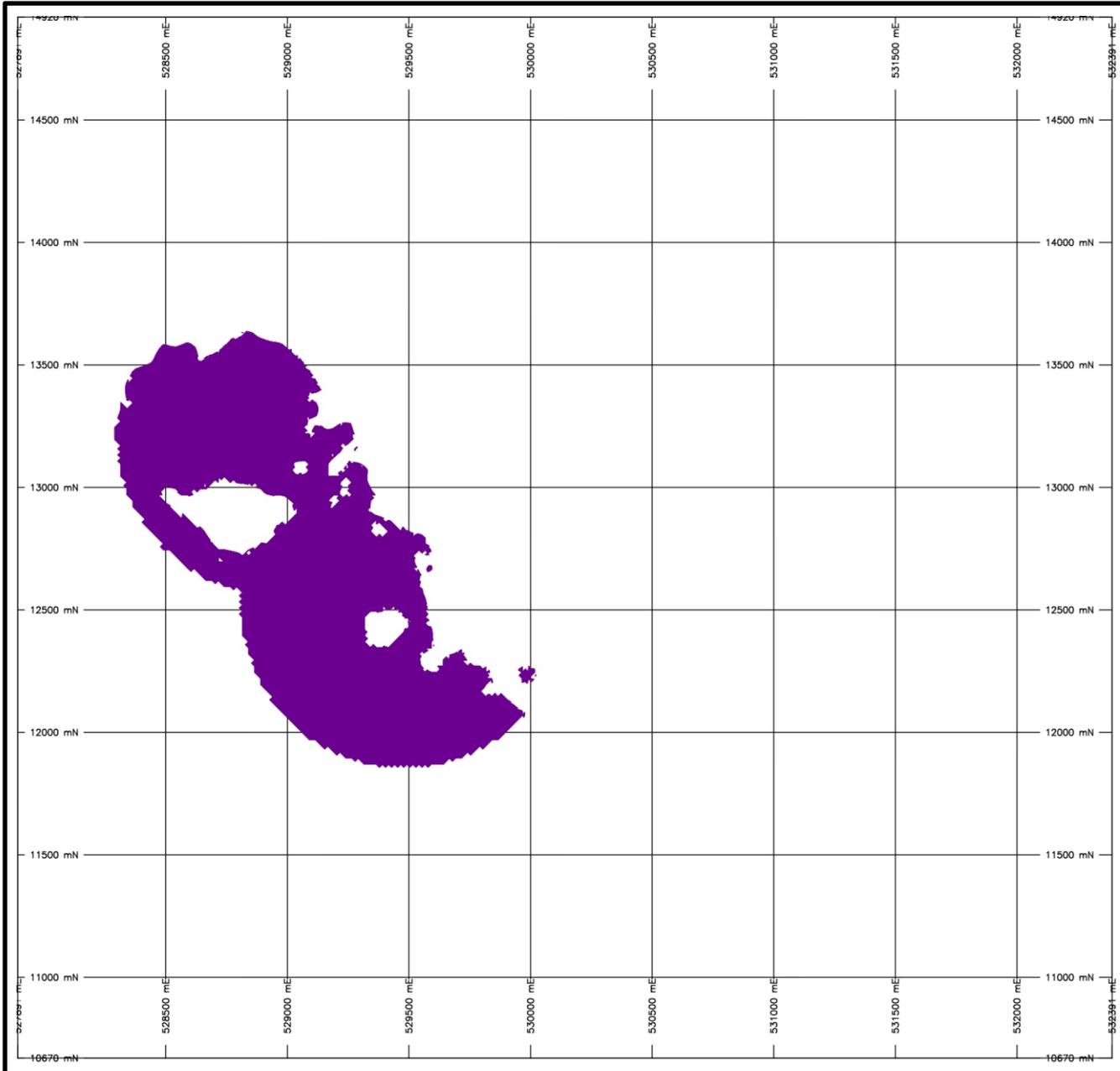
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :

- 1-1.2
- 0.8-1
- 0.6-0.8
- 0.4-0.6
- 0.2-0.4



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL TOTAL SULFUR (%) SEAM L1

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



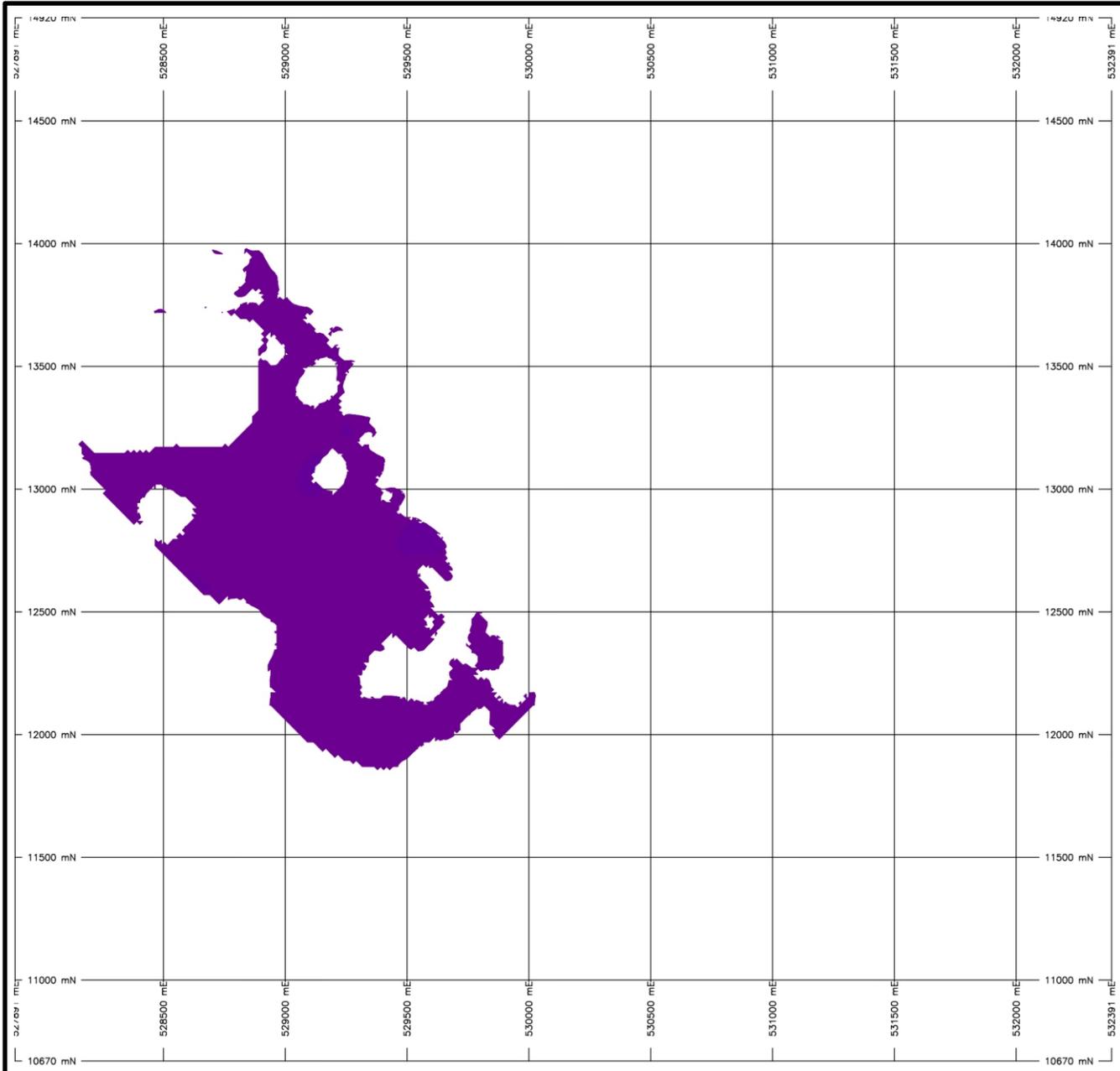
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL TOTAL SULFUR (%) SEAM U2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



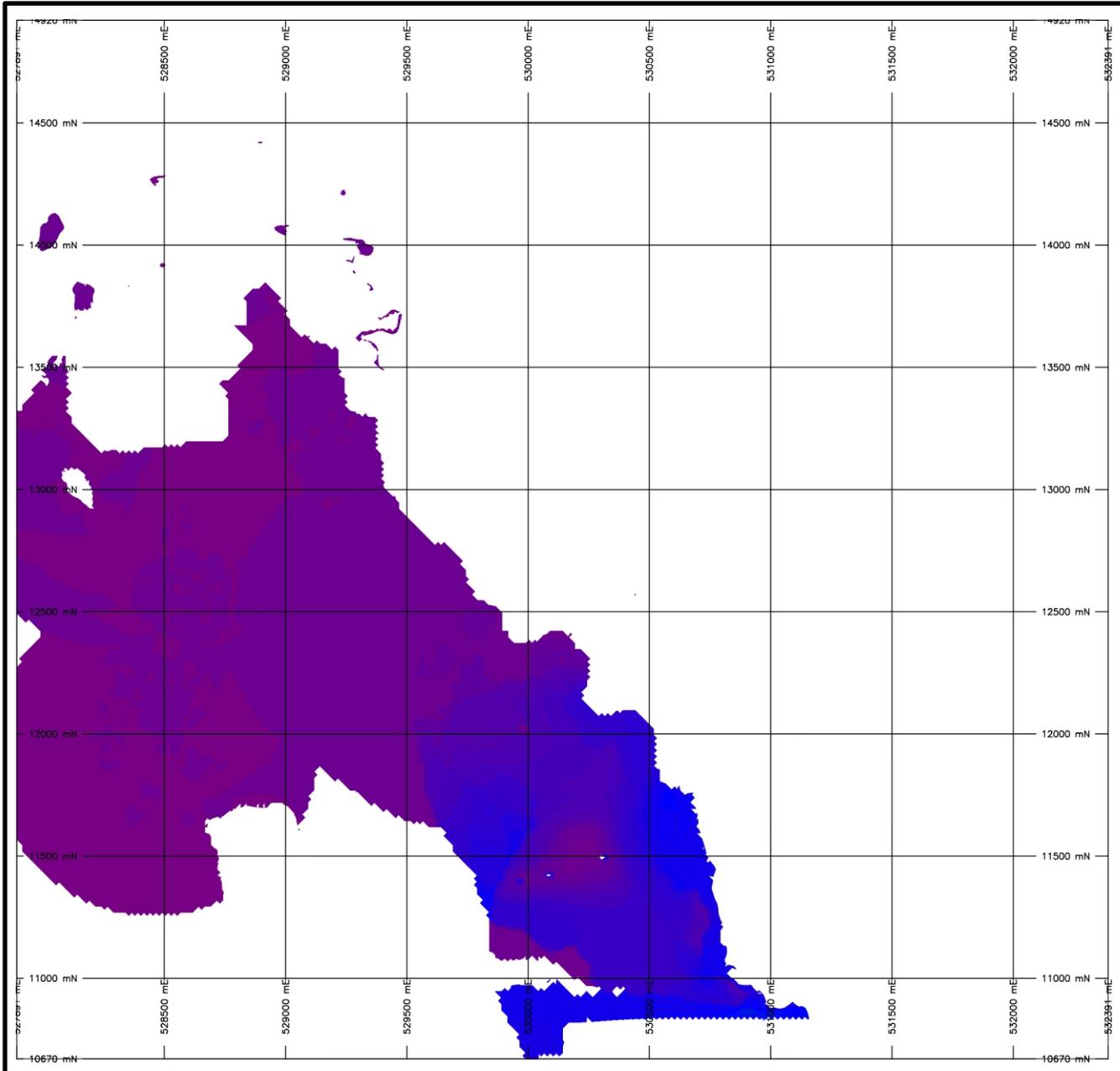
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL TOTAL SULFUR (%) SEAM C2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

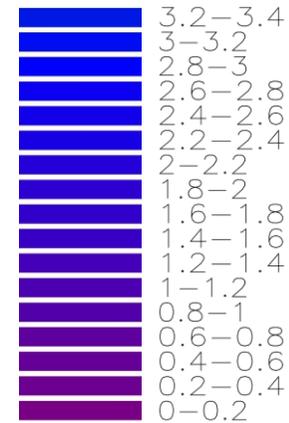


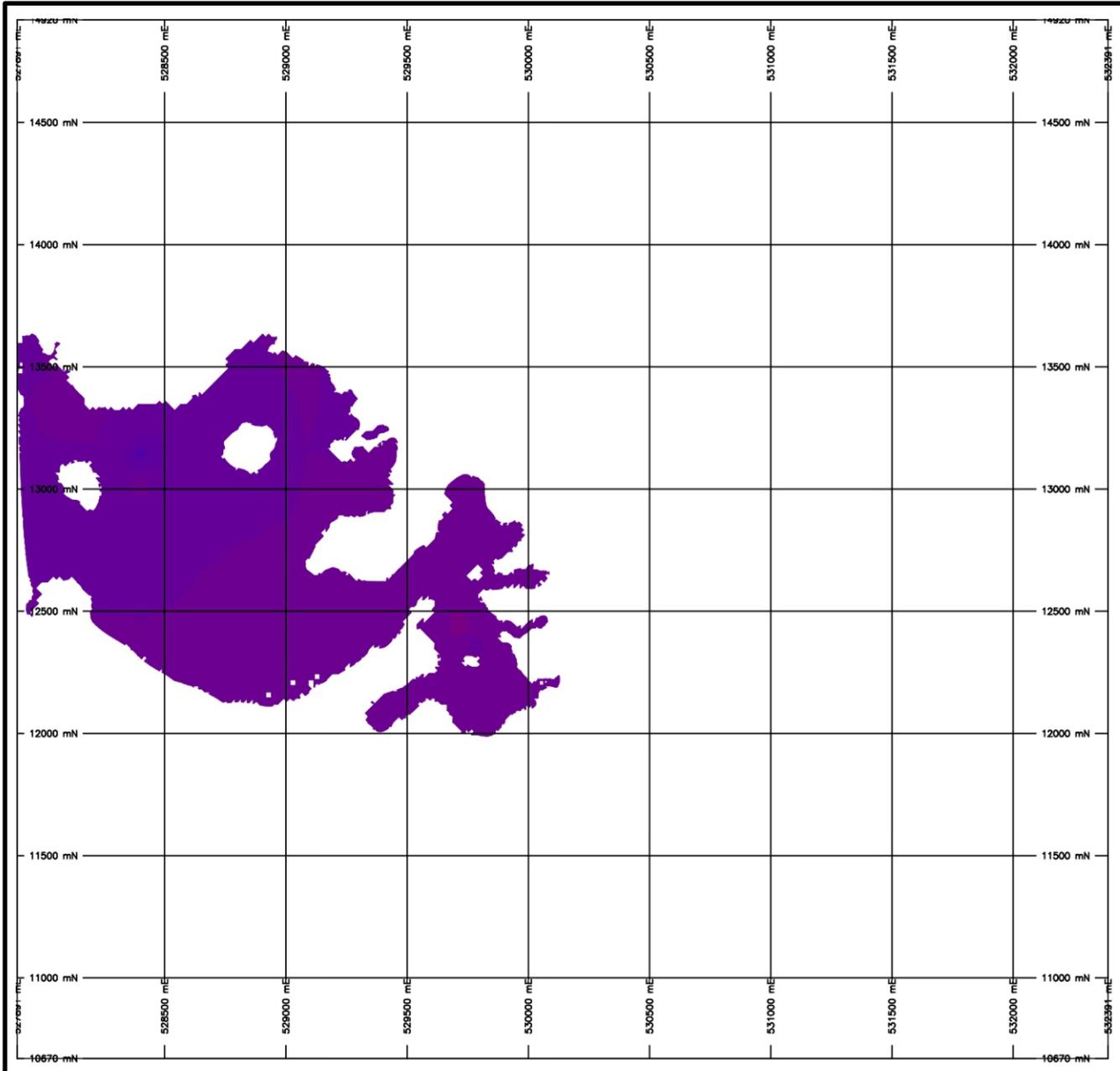
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA ISOQUAL TOTAL SULFUR (%) SEAM L2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



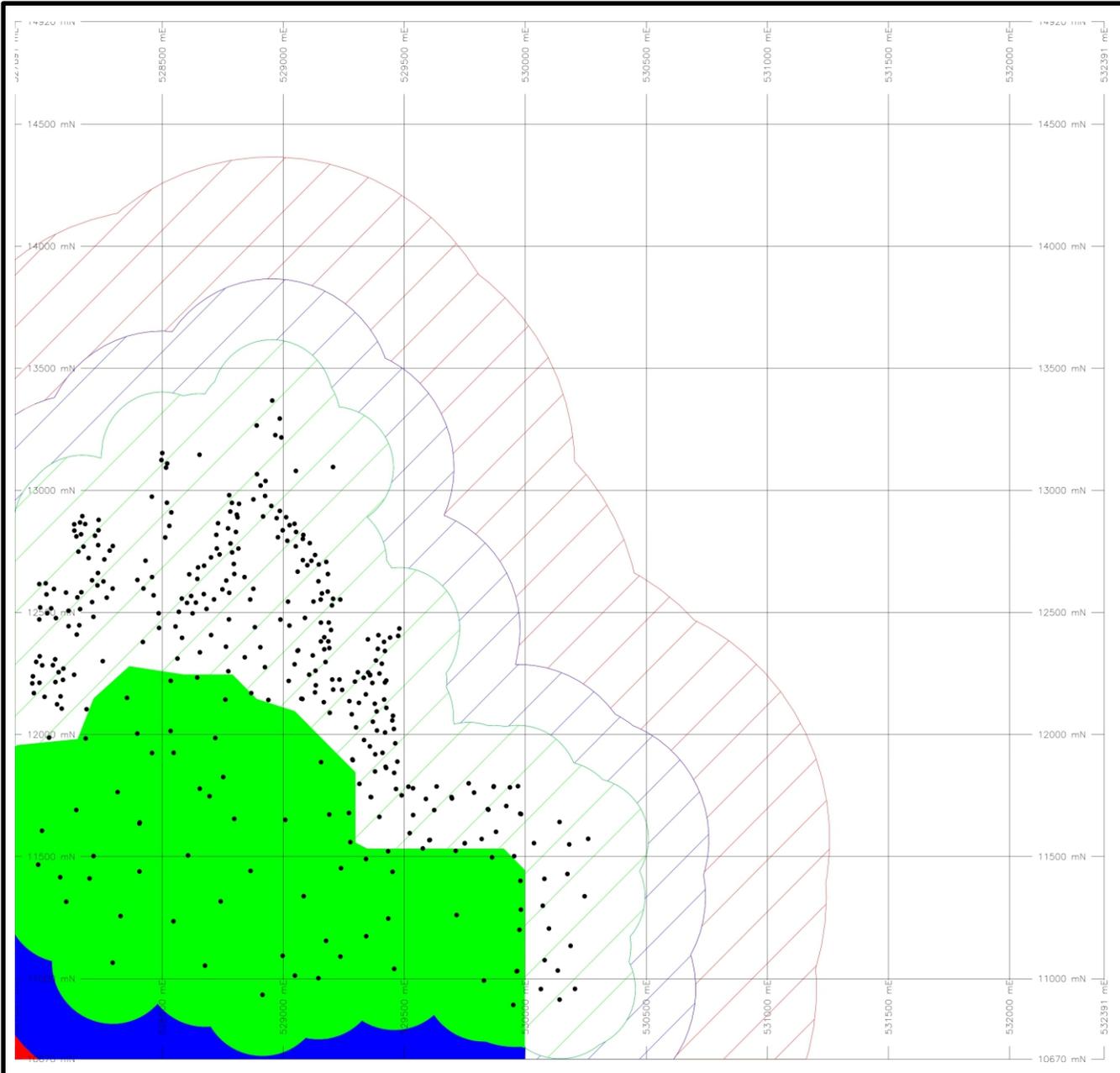
SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

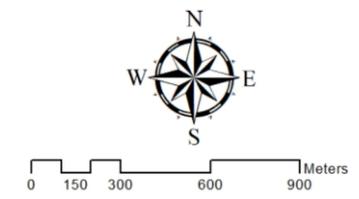
KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA RESOURCE SEAM C1
 PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :

- Measured*
- Indicated*
- Inferred*
- Titik Bor
- Mineout*

PETA RESOURCE SEAM C2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

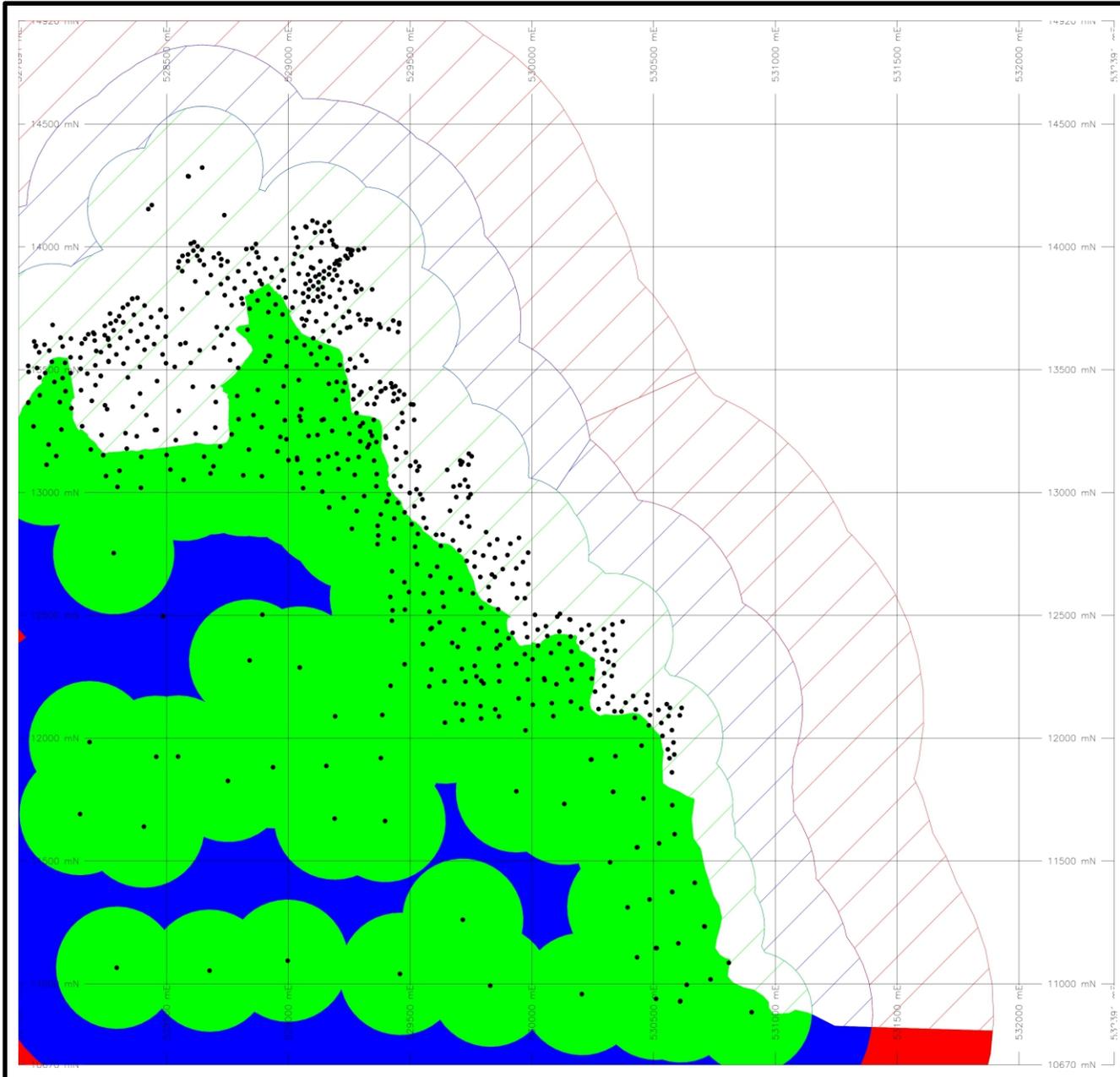
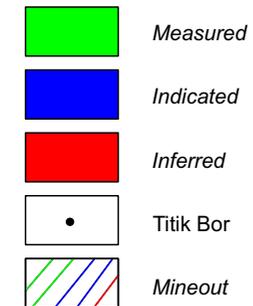


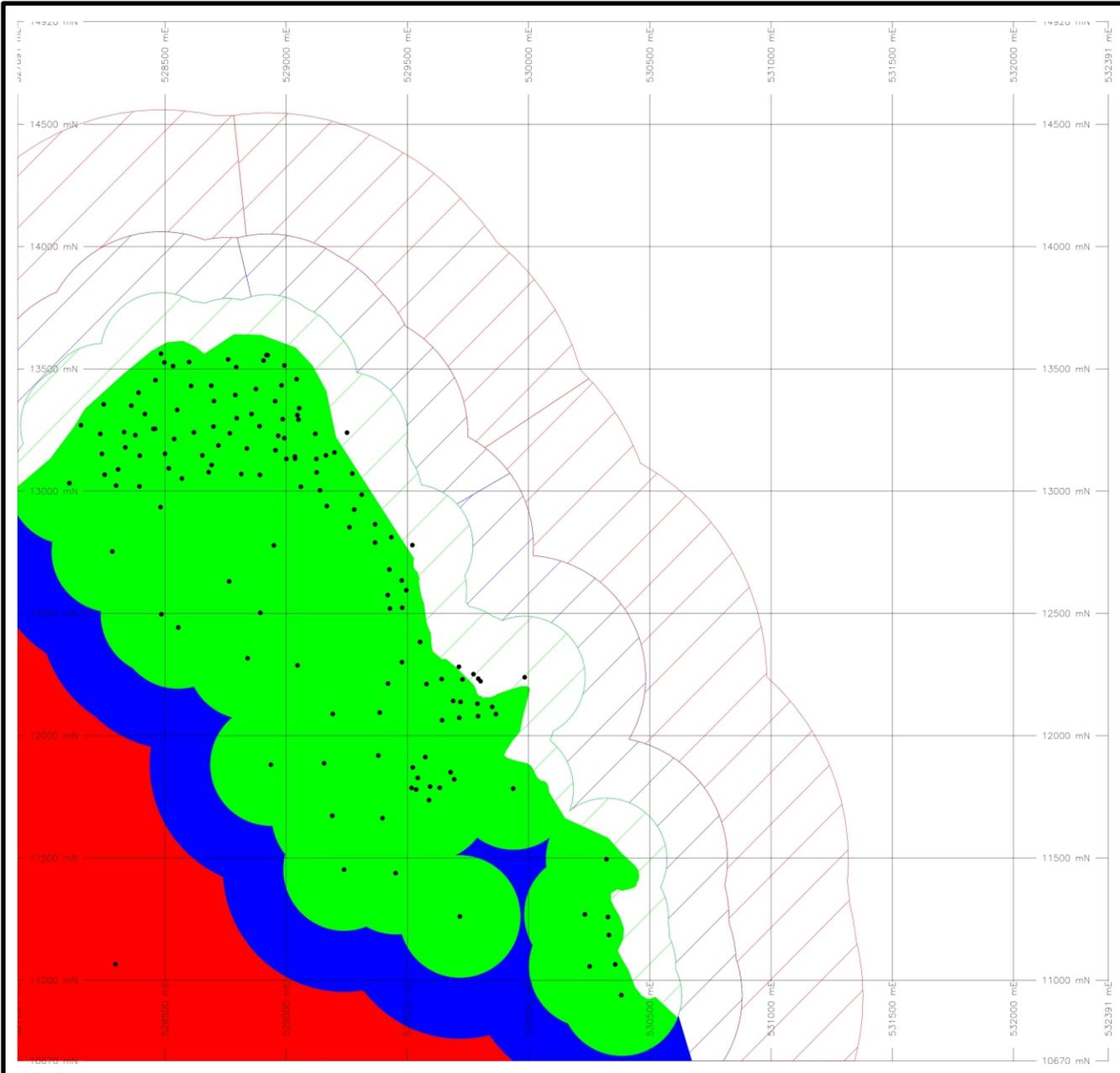
SKALA 1: 15000

OLEH
CHATLINE PATRICIA R.
D061181514

GOWA
2023

KETERANGAN :





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA RESOURCE SEAM L1

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



SKALA 1: 15000

OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514

GOWA
 2023

KETERANGAN :

- Measured*
- Indicated*
- Inferred*
- Titik Bor
- Mineout*

PETA RESOURCE SEAM L2

PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

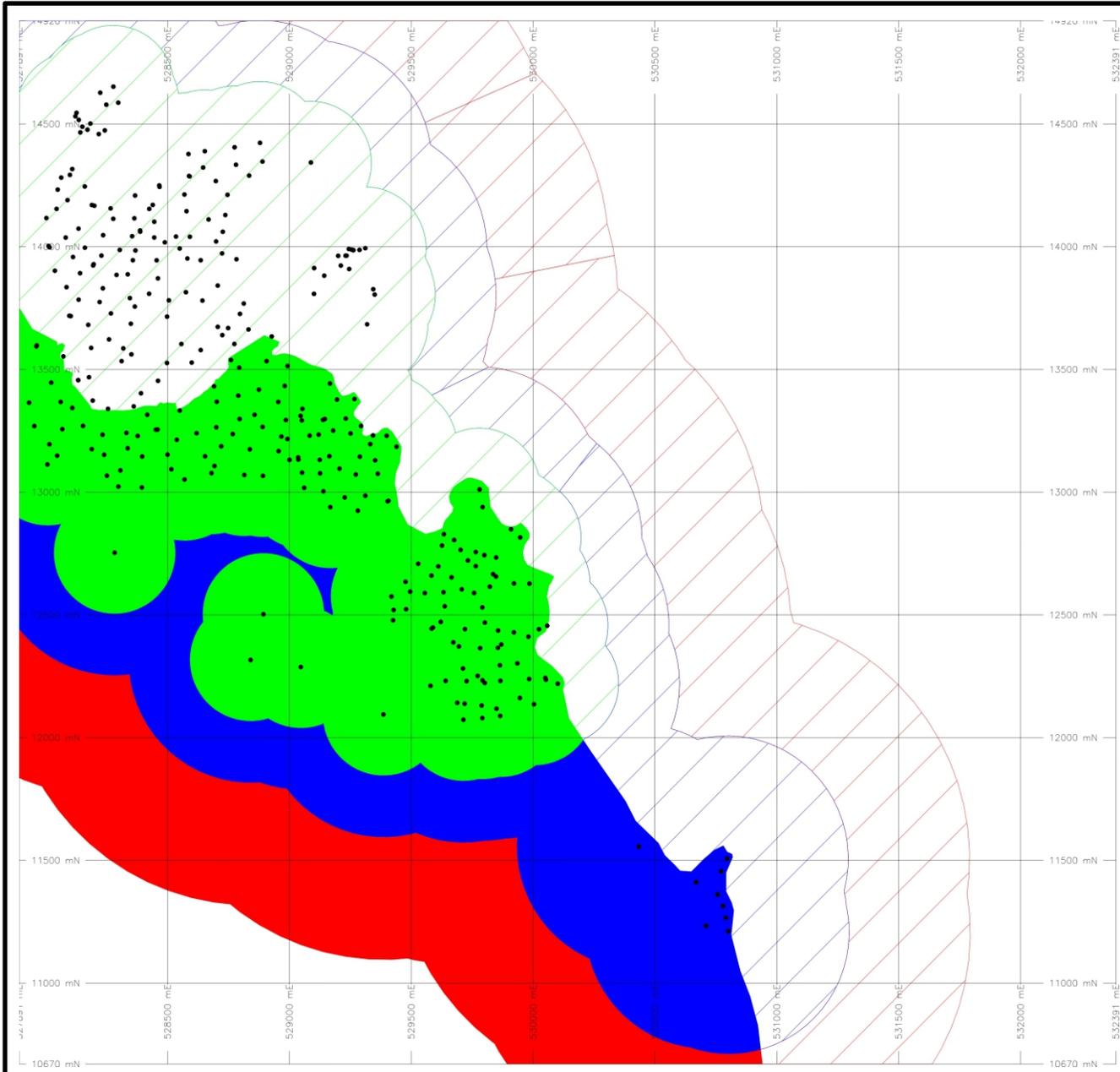
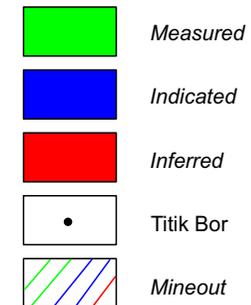


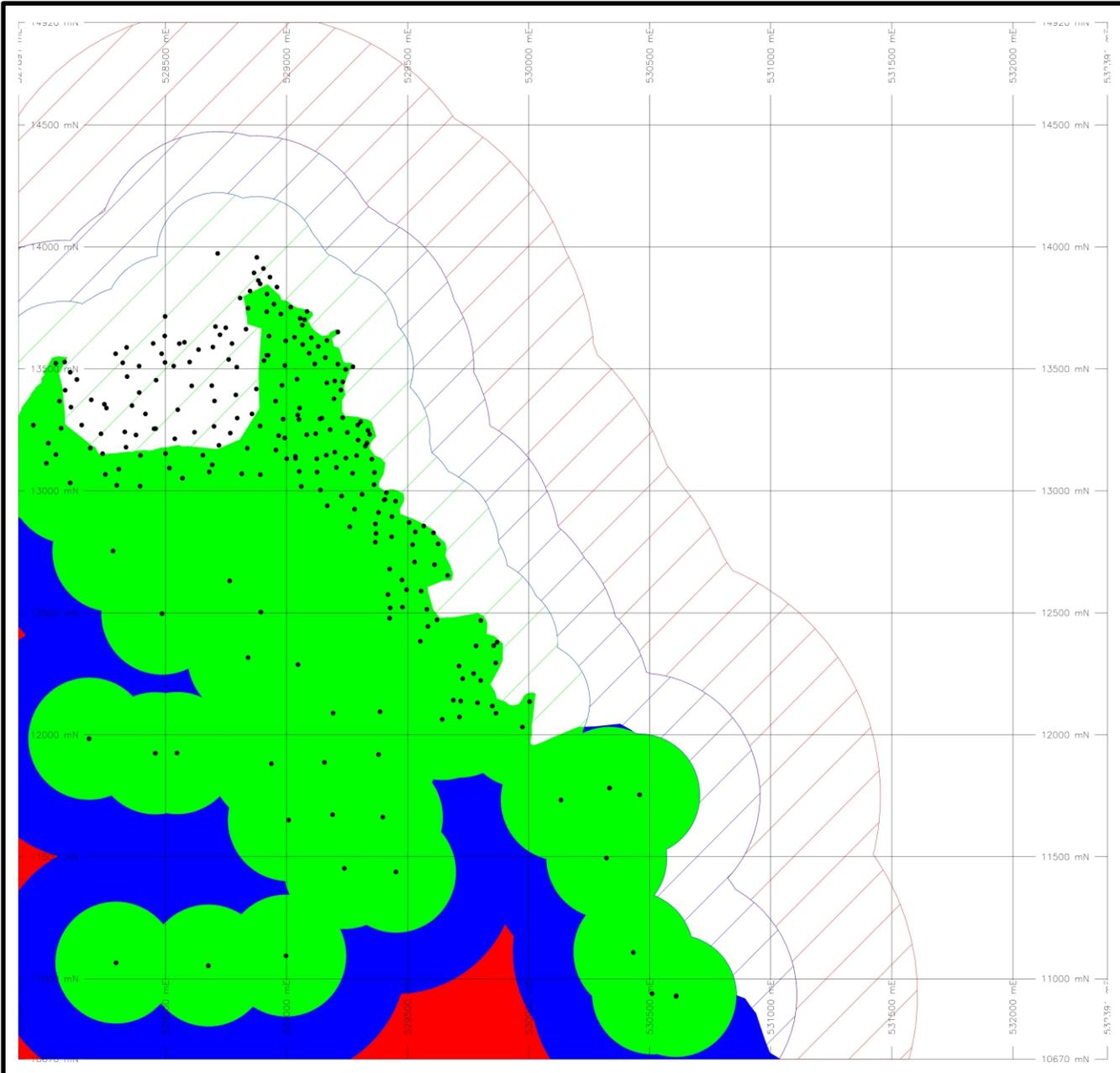
SKALA 1: 15000

OLEH
CHATLINE PATRICIA R.
D061181514

GOWA
2023

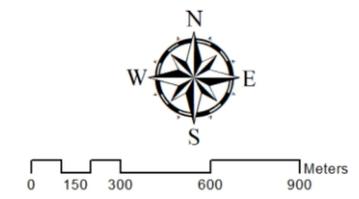
KETERANGAN :





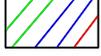
KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 FAKULTAS TEKNIK
 DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
 PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PETA RESOURCE SEAM U2
 PT. Indominco Mandiri Kecamatan Bontang Utara,
 Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur



SKALA 1: 15000
 OLEH
 CHATLINE PATRICIA R.
 D061181514
 GOWA
 2023

KETERANGAN :

-  *Measured*
-  *Indicated*
-  *Inferred*
-  Titik Bor
-  *Mineout*