

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xix

BAB I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Penelitian	1
1.2.Rumusan Masalah	4
1.3.Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4.Batasan Masalah	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional Cekungan Kutai	5
2.1.1. Tektonik Cekungan Kutai	6
2.1.2. Struktur Geologi Regional Cekungan Kutai	8
2.2. Geologi Lokal Cekungan Kutai	9
2.3. <i>Organic Shale</i>	13
2.4. Penelitian Terdahulu	16

BAB III. DASAR TEORI

3.1. Metode EM MT (Magnetotellurik)	22
3.1.1. Prinsip Dasar Metode MT	22
3.1.2. Sumber dalam Metode MT	22

3.1.3. Asumsi dalam Metode MT	23
3.1.4. Persamaan Gelombang Elektromagnetik	24
3.1.4.1. <i>Skin Depth</i>	27
3.1.4.2. Impedansi dan Resistivitas	28
3.1.5. Parameter Dimensionalitas	30
3.1.5.1. <i>Skew Impedansi</i>	30
3.1.5.2. Diagram Polar Impedansi	30
3.1.6. Bumi Sebagai Model 2D	31
3.1.6.1. Mode TE	31
3.1.6.2. Mode TM	33
3.1.7. Pemodelan Inversi	34
3.2. Metode Gravitasi/ <i>Gravity</i>	35
3.2.1. Data Gravitasi <i>Topex</i>	36
3.2.2. Konsep Dasar Gravitasi	37
3.2.3. Percepatan Gravitasi (Hukum Newton II)	37
3.2.4. Potensial Gravitasi	38
3.2.5. Koreksi-koreksi Metode Gayaberat	38
3.2.5.1. Koreksi Pasang Surut (<i>Tidal Correction</i>)	39
3.2.5.2. Koreksi Apungan (<i>Drift Correction</i>)	40
3.2.5.3. Koreksi Lintang (<i>Latitude Correction</i>)	41
3.2.5.4. Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>)	42
3.2.5.5. Koreksi <i>Bouguer</i> (<i>Bouguer Correction</i>)	43
3.2.5.6. Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>)	44
3.2.6. Anomali <i>Bouguer</i>	44
3.2.7. Pemisahan Anomali Regional Metode <i>Upward Continuation</i>	45
3.2.8. Pemodelan	46
3.2.9. Konsep Pemodelan 2,5D	47

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1. Akuisisi	50
4.1.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	50
4.1.2. Desain Survey	51

4.1.3. Peralatan	52
4.2. Pengolahan Data	54
4.2.1. Data Magnetotellurik	54
4.2.2. Data Gravitasi	69
4.3. Interpretasi	72

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Magnetotellurik	73
5.1.1. Peningkatan Kualitas Data	73
5.1.1.1. <i>Robust Processing</i>	73
5.1.1.2. Seleksi <i>Crosspower</i>	77
5.1.2. Pemodelan 2D MT	80
5.2. Gravitasi	85
5.2.1. Peta ABL	85
5.2.2. Peta <i>Upward Continuation</i>	86
5.2.3. Pemodelan 2,5D Gravitasi	87
5.3. Integrasi Metode	91
5.3.1. Model 2D Terintegrasi	92
5.3.2. <i>Fence Diagram</i>	97
5.3.3. Model 3D <i>Organic Shale</i>	98

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	101
6.2. Saran	101

DAFTAR PUSTAKA 102

LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Seleksi <i>Crosspower</i>	107
Lampiran B Model Penampang Inversi 2D	133
Lampiran C Model Penampang 2,5D Gravitasi	135
Lampiran D Model Penampang Terintegrasi	137

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Peta geologi sederhana pulau Kalimantan (dimodifikasi dari Hall dkk., 2008).	5
Gambar 2.2. Struktur Geologi Cekungan Kutai (Allen dkk., 1998).	7
Gambar 2.3. Kolom Stratigrafi Lokal (Satyana dkk., 1999).	12
Gambar 2.4. Contoh batuan <i>black shale</i> (Yang, 2001).	13
Gambar 2.5. Contoh senyawa <i>aliphatic dan aromatic</i> pada kerogen atau bentumen (a) Butana, (b) Benzena (Jödicke, 1992).	14
Gambar 2.6. Konseptual model dari struktur pembentuk karbon di kandungan organik <i>black shale</i> , a) tahap <i>immature</i> / tahap minyak (<0.8% Ro), b) tahap <i>anthracite</i> (2% Ro), dan c) tahap <i>semi-graphite</i> dan tahap <i>graphite</i> (>10% Ro) (Filipe dan Jorge, 2015).	15
Gambar 2.7. Lokasi stasiun MT. 83 stasiun MT dikerahkan sepanjang 63 km panjang profil melintasi Lower Saxony Basin. Profil ini memiliki sudut sekitar 28 ° dalam kaitannya dengan geografis utara dan kira-kira tegak lurus terhadap <i>geological strike</i> ESE-WNW (Adao, dkk., 2015) .	16
Gambar 2.8 Penampang Perbandingan Hasil Pemodelan Inversi 2 Dimensi dimana a) dan b) memiliki parameter <i>tau</i> yang berbeda, c) merupakan sebaran <i>miss fit data</i> (Adao, dkk., 2015). .	17
Gambar 3.1. Penjalaran gelombang magnetotellurik (modifikasi Unsworth, 2014).	24

Gambar 3.2.	Illustrasi hubungan frekuensi dengan skin depth. (a) Frekuensi kecil mencapai kedalaman hingga 50 km; (b) frekuensi sedang mencapai skin depth hingga 10 km; (c) frekuensi kecil mencapai skin depth hingga 1 km (Unsworth, 2014).	28
Gambar 3.3.	Bentuk diagram polar terhadap dimensionalitas data MT (Berdichevsky dan Dmitriev, 2008).	30
Gambar 3.4.	Mode polarisasi metode MT pada medium bumi 2D (Unsworth, 2016).	31
Gambar 3.5.	Mode TE (Unsworth, 2016)	32
Gambar 3.6.	<i>Pseudosection</i> pada mode TE (Unsworth, 2016).	32
Gambar 3.7.	Mode TM (Unsworth, 2016).	33
Gambar 3.8.	<i>Pseudosection</i> pada mode TM (Unsworth, 2016).	33
Gambar 3.9.	Gaya gravitasi antara dua buah titik masa pada bidang 2 dimensi. (Modifikasi dari Telford dkk., 1990).	37
Gambar 3.10.	Komponen Interaksi Bumi dan Bulan (Kadir,2000).	39
Gambar 3.11.	Koreksi <i>Drift</i> dimana S1, S2, S3, Si menunjukkan stasium pengukuran dan BS merupakan stasiun <i>base</i> (Kadir, 2000). (Kadir, 2000).	40
Gambar 3.12.	Parameter-parameter yang menggambarkan aproksimasi bentuk bumi (Blakely, 1996).	42
Gambar 3.13.	Titik Amat P Pada Ketinggian H Terhadap Permukaan Acuan (Telford dkk., 1990).	43
Gambar 3.14.	Koreksi <i>Bouguer</i> dimana h menunjukkan ketinggian dari atas permukaan laut dan ρ	43

	menunjukkan densitas batuan (Telford dkk., 1990).	
Gambar 3.15.	Zona radius pengukuran berdasar pada <i>hammer chart</i> . J, I, H, G, F menunjukkan masing – masing radius pengukuran (Kearey dkk., 2002).	44
Gambar 3.16.	Teori kontinyuasi dimana belahan bumi berada pada bagian negatif bidang x, y (Telford dkk., 1990)	46
Gambar 3.17.	Efek gravitasi poligon menurut (Talwani dkk., 1959).	48
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian : Pemodelan Data MT Terintegrasi Gravitasi Untuk Identifikasi Keberadaan <i>Organic Shale</i> Cekungan Kutai.	50
Gambar 4.2.	Peta Administratif Kalimantan Timur terkait daerah penelitian identifikasi keberadaan <i>organic shale</i> sebagai <i>unconventional sourcerock</i> Cekungan Kutai dengan menggunakan metode MT dan Gravitasi dimodifikasi dari Peta Tematik Indonesia, 2013).	51
Gambar 4.3.	Desain Survey Lapangan Penelitian a) Metode Gravitasi, b) Metode MT pada Cekungan Kutai terkait identifikasi keberadaan <i>Organic Shale</i> sebagai <i>Unconventional Sourcerock</i> .	52
Gambar 4.4.	Peralatan akuisisi MT (1. Laptop ; 2. <i>Accu</i> ; 3. MTU ; 4. Porous pot (sensor medan listrik) ; 5. <i>Induction coil</i> (sensor medan magnet).	53
Gambar 4.5.	Konfigurasi alat MT pada saat dilakukan akuisisi pada penelitian Identifikasi Keberadaan <i>Organic Shale</i> sebagai <i>Unconventional Sourcerock</i> di	54

cekungan Kutai, Kalimantan Timur (Rogers, 2010).

- Gambar 4.6.** Diagram Alir Pengolahan Data MT terkait identifikasi keberadaan *Organic Shale* sebagai *Unconventional Sourcerock* pada Cekungan Kutai. 56
- Gambar 4.7.** Contoh raw data hasil rekaman selama 16 detik (pukul 10:06:00 – 10:06:02). A) Rekaman Ex ; B) Rekaman Ey ; C) Rekaman Hx ; D) Rekaman Hy. 57
- Gambar 4.8.** *Window* utama *software* SSMT2000 terkait pengolahan data daerah penelitian yang berada di cekungan Kutai, Kalimantan Timur (dimodifikasi dari Rogers, 2005). 58
- Gambar 4.9.** Tampilan *Edit Parameter* Transformasi *Fourier* yang dilakukan terhadap 26 titik pengukuran pada cekungan Kutai, Kalimantan Timur terkait Identifikasi keberadaan *Organic Shale* sebagai *Unconventional Sourcerock*. 59
- Gambar 4.10.** Tampilan *toolbar* Edit PRM pada *software* SSMT 2000. *Toolbar* tersebut berfungsi dalam melakukan penggantian berbagai parameter untuk menghasilkan kualitas data terbaik. 60
- Gambar 4.11.** Tampilan awal *software* Mteditor setelah *open data*. *Software* ini digunakan untuk melakukan seleksi *crosspower* untuk menghilangkan *outliers* pada data yang dianggap sebagai *noise*. 61
- Gambar 4.12.** a) Kurva *Apparent Resistivity* sebelum dilakukan seleksi *crosspower*, b) Kurva Fasa sebelum dilakukan seleksi *crosspower*. Proses pada 62

gambar tersebut dilakukan terhadap semua data pada lokasi penelitian.

- Gambar 4.13.** a) Kurva *Apparent Resistivity* sesudah dilakukan seleksi *crosspower*. b) Kurva Fasa sesudah dilakukan seleksi *crosspower*. Proses seleksi *crosspower* tersebut dilakukan terhadap semua titik pengukuran yang ada pada lokasi penelitian. 63
- Gambar 4.14.** Kurva *skew* titik KT16 menunjukkan kecenderungan data 2 dimensi. Analisa dimensionalitas *skew* tersebut dilakukan pada setiap titik pengukuran yang ada di lokasi penelitian. 64
- Gambar 4.15.** *Polar Diagram* di seluruh frekuensi pada titik pengukuran KT16. Polar diagram ini diperlukan untuk analisa dimensionalitas data Magnetotellurik. Pada lokasi penelitian terdapat 26 titik pengukuran dengan masing – masing polar diagramnya. 65
- Gambar 4.16.** Titik pengukuran KT22 setelah dilakukan *smoothing* D+. *Smoothing* dilakukan pula terhadap semua 26 titik pengukuran pada lokasi penelitian yang berada pada cekungan Kutai, Kalimantan Timur. 66
- Gambar 4.17.** Titik pengukuran KT22 setelah dilakukan koreksi *staticshift*. Tampak pada hasil setelah dilakukannya *smoothing* data menjadi semakin baik karena tidak adanya penyudutan antara titik data pada kurva. 67

Gambar 4.18.	Kurva <i>L-Curve</i> pada lintasan 2 penelitian. Titik biru menunjukkan nilai perbandingan antara nilai <i>roughness</i> terhadap <i>RMS error</i> pada model.	68
Gambar 4.19.	Diagram alir pengolahan data gravitasi terkait identifikasi keberadaan <i>Organic Shale</i> sebagai <i>Unconventional Sourcerock</i> Cekungan Kutai. Kotak merah menandakan serangkaian proses yang tidak dilakukan pada penelitian ini.	69
Gambar 4.20.	Koreksi FAC (<i>Free Air Correction</i>) merupakan salah satu koreksi data gravitasi yang digunakan dalam penelitian ini. H melambangkan ketinggian dari titik pengukuran terhadap referensi spheroida. (Suyanto, 2011).	70
Gambar 5.1.	Kurva resistivitas seleksi <i>crosspower Rho xy</i> (TE) dan <i>Rho yx</i> (TM) a) sebelum seleksi <i>crosspower</i> titik pengukuran KT22, b) setelah seleksi <i>crosspower</i> titik pengukuran KT22, c) sebelum seleksi <i>crosspower</i> titik pengukuran KT20 dan c) setelah seleksi <i>crosspower</i> titik pengukuran KT20.	77
Gambar 5.2.	a) Penampang resistivitas bawah permukaan Lintasan 1 berdasarkan pengolahan data MT, b) Profil Lintasan 1 pada peta geologi daerah telitian dan c) Indeks peta daerah penelitian.	81
Gambar 5.3.	a) Penampang resistivitas bawah permukaan Lintasan 3 berdasarkan pengolahan data MT, b) Profil Lintasan 3 pada peta geologi daerah telitian dan c) Indeks peta daerah penelitian.	83
Gambar 5.4.	Peta Anomali Bouguer Lengkap menggambarkan persebaran anomali percepatan	86

gravitasi di bawah permukaan khususnya pada daerah penelitian.

- Gambar 5.5.** Peta *Upward Continuation* 2500 terhadap peta ABL daerah penelitian Cekungan Kutai. 87
- Gambar 5.6.** a) *Error bar* pemodelan 2,5D gravitasi, b) Penampang 2,5D gravitasi bawah permukaan Lintasan 1 berdasarkan pengolahan data gravitasi, c) Profil Lintasan 1 pada peta geologi daerah penelitian dan d) Indeks peta daerah penelitian. 88
- Gambar 5.7.** a) *Error bar* pemodelan 2,5D gravitasi, b) Penampang 2,5D gravitasi bawah permukaan Lintasan 3 berdasarkan pengolahan data gravitasi, c) Profil Lintasan 3 pada peta geologi daerah penelitian dan d) Indeks peta daerah penelitian. 90
- Gambar 5.8.** a) Penampang terintegrasi metode MT dan metode Gravitasi bawah permukaan Lintasan 1 berdasarkan pengolahan data MT dan Gravitasi, b) Profil Lintasan 1 pada peta geologi daerah penelitian dan c) Indeks peta daerah penelitian. 92
- Gambar 5.9.** a) Penampang terintegrasi metode MT dan metode Gravitasi bawah permukaan Lintasan 3 berdasarkan pengolahan data MT dan Gravitasi, b) Profil Lintasan 3 pada peta geologi daerah penelitian dan c) Indeks peta daerah penelitian. 94
- Gambar 5.10.** a) *Fence Diagram* dari seluruh lintasan pada lokasi penelitian, b) Profil setiap lintasan pada lokasi penelitian c) Indeks peta daerah penelitian. 97

- Gambar 5.11.** a) 3D model dari *organic shale* sebagai *unconventional sourcerock* pada lokasi penelitian, b) Peta geologi daerah penelitian. 99
- Gambar 5.12.** 3D Model *Organic Shale* sebagai *unconventional sourcerock* pada lokasi penelitian. 100

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1.	Koherensi Data Sebelum (Raw Data) dan Sesudah Analisis Time Series.	19
Tabel 4.1.	Tabel pengolahan sebagian data gravitasi hingga diperoleh nilai ABL. Tabel ini memuat berbagai koreksi yang telah dilakukan terhadap data gravitasi pada lokasi penelitian.	71
Tabel 5.1.	Hasil dari <i>Robust Processing</i> dengan berbagai parameter pembobotan, dimana tabel mengandung informasi atas nilai koherensi dalam persentase di tiap titik pengukuran MT daerah telitian.	75
Tabel 5.2.	Tabulasi nilai koherensi sebelum dan sesudah dilakukannya seleksi <i>crosspower</i> semua titik pengukuran pada lokasi penelitian terkait identifikasi keberadaan <i>organic shale</i> sebagai <i>unconventional sourcerock</i> Cekungan Kutai.	79
Tabel 5.3.	Tabel dibawah ini merupakan tabel resistivitas daerah telitian yang telah dimodifikasi dari (Loke, 1999). Tabel tersebut menunjukkan pengelompokan nilai resistivitas daerah penelitian dibagi menjadi 4 yaitu: Tinggi, Sedang, Rendah dan Sangat Rendah.	81
Tabel 5.4.	Tabel densitas daerah telitian yang telah dimodifikasi dari (Telford, 1990). Tabel tersebut menunjukkan pengelompokan nilai densitas daerah penelitian dibagi menjadi 4 yaitu: Tinggi, Sedang, Cukup Rendah dan Rendah.	88

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan Nama		Pemakaian Pertama Kali
TPES	<i>Total Primary Energy Supply</i>	1
BCFD	<i>Billion Cubic Feet Per Day</i>	1
BBOE	<i>Billion Barrel Oil Equivalent</i>	1
MT	Magnetotlurik	2
NLCG	<i>Non Linear Conjugate Gradient</i>	2
TE	<i>Transverse Electric</i>	4
TM	<i>Transverse Magnetic</i>	4
FAC	<i>Free Air Correction</i>	4
ABL	Anomali Bouguer Lengkap	4
NE	<i>North East</i>	6
SW	<i>South West</i>	6
TOC	<i>Total Organic Content</i>	13
E-W	<i>East-West</i>	17
TS	<i>Time Series</i>	18
MTL	MT Low	18
MTH	MT High	18
EM	Elektromagnetik	22
DC	<i>Drift Correction</i>	41
msl	<i>Meas Sea Level</i>	42
PSG	Pusat Survei Geologi	50

Lambang

\vec{E} : Medan listrik (V/m)	22
\vec{H} : Medan magnetik (A/m)	22
\vec{J} : Rapat arus listrik (A/m ²)	23
σ : Konduktivitas pada medium sounding (S / m)	23
\vec{B} : Induksi magnetik (W/m)	24
q : Densitas muatan listrik (C/m ³)	24

ε : Permittivitas listrik (F/m)	25
μ : Permeabilitas magnet (H/m)	25
ω : Frekuensi sudut (Rad/s)	26
k : Bilangan gelombang	27
δ : <i>Skin depth</i> (m)	27
ρ : Resistivitas (Ohm.m)	27
f : Frekuensi gelombang elektromagnetik (Hz)	27
Z : Impedansi	28
Φ : Fase ($^{\circ}$)	29
d : Data	34
F : Fungsi <i>forward modelling</i>	34
m : Model	34
λ : Parameter regularisasi	35
V : Matriks untuk <i>variance</i> pada vektor <i>error</i> e	35
L : Matriks sebagai operator <i>second difference</i>	35
L_m : Nilai <i>laplacian</i> untuk $\log \rho$	35
\vec{F} : Gaya tarik menarik (N)	35
G : Konstanta gravitasi <i>universal</i> ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg s}^{-2}$)	37
m_1 : Massa benda 1 (kg)	37
m_2 : Massa benda 2 (kg)	37
r : Jarak antara dua buah benda (m)	37
\vec{r} : Vektor satuan (m)	37
a : Percepatan (m/s)	37
θ_m : Lintang	40
c : Jarak rata-rata ke bulan	40
R : Jarak dari pusat bumi ke bulan	40
g_A : Nilai gravitasi di titik acuan waktu awal	41
$g_{A'}$: Nilai gravitasi di titik acuan waktu akhir	41
t_A : Waktu awal pengambilan data	41
$t_{A'}$: Waktu akhir pengambilan data	41
t_n : Waktu pengamatan di titik pengamatan ke- n	41

h : Ketinggian permukaan dari datum (msl)	43
ρ_b : Densitas batuan (gr/cc)	44
N : Jumlah kompartemen pada zona yang digunakan	44