

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	13
DAFTAR LAMPIRAN	14
INTISARI.....	15
ABSTRACT	16
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Kebaharuan	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 7
2.1 Tektonika dan Geologi Kawasan Sulawesi	7
2.2 Mikrokontinen Banggai- Sula	9
2.3 Tektonika Mikrokontinen Banggai-Sula dan Sekitarnya	10
2.4 Stratigrafi Mikrokontinen Banggai Sula.....	12
2.5 Zona Patahan	14
2.6 Penelitian Terdahulu.....	16
 BAB III LANDASAN TEORI.....	 21
3.1 Teori Medan Gravitasi.....	21
3.2 Potensial Gravitasi.....	22
3.3 Anomali Gravitasi.....	25
3.4 Informasi Satelit.....	27
3.5 Reduksi Data Gravitasi	30
3.6 Koreksi Topografi.....	30
3.6.1 Koreksi Bouguer sederhana.....	30
3.6.2 Koreksi Medan (<i>Terrain correction</i>).....	31
3.7 Anomali Gravitasi Bouguer di Laut	33
3.8 Analisa Spektrum	34
3.9 Pemisahan Anomali Regional dan Residual.....	35
3.10 Analisis Derivatif Horisontal.....	36
3.11 Pemodelan Gravitasi	37
3.11.1 Grablox	38

3.11.2	<i>Singular value decomposition (SVD)</i>	40
3.11.3	Inversi Occam	41
3.12	<i>Particle Swarm Optimization</i>	42
BAB IV METODE PENELITIAN.....		47
4.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	47
4.2	Data dan Sumber Data	48
4.3	Instrumen Penelitian	48
4.4	Diagram Alir Penelitian.....	48
4.5	Pengolahan Data	49
4.5.1	Pengolahan Data Gravitasi Satelit	49
4.5.2	Analisis Spektrum.....	52
4.5.3	Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual	53
4.5.4	Analisa Derivatif.....	55
4.5.5	<i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	55
4.5.6	Pemodelan inversi 3D.....	58
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		62
5.1	Topografi Daerah Penelitian.....	62
5.2	Anomali Gravitasi Udara Bebas	62
5.3	Anomali Bouguer Lengkap (ABL).....	64
5.4	Pemisahan Anomali Regional dan Residual.....	65
5.4.1	Analisa Spektrum.....	65
5.4.2	Anomali Regional	66
5.4.3	Anomali Residual	67
5.5	Analisis Derivatif Horisontal.....	68
5.5.1	<i>First Horizontal Derivative dan Second Horizontal Derivative</i>	68
5.5.2	Analisis Horisontal Derivatif.....	70
5.6	Optimalisasi Pemodelan Dua Dimensi	78
5.7	Pemodelan Inversi Tiga Dimensi (3D).....	89
5.8	Identifikasi Basement Zona patahan.....	106
5.8.1	Identifikasi Struktur Zona Patahan	106
5.8.2	Identifikasi Kedalaman Basement Zona Patahan Sula	114
5.8.3	Zona Patahan dan Struktur yang Teridentifikasi.....	117
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		125
6.1	Kesimpulan.....	125
6.2	Saran	126
DAFTAR PUSTAKA		127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Zona subduksi aktif dan beberapa patahan besar dengan arah pergerakan lempeng-lempeng penyusun Indonesia (Socquet dkk., 2006).....	1
Gambar 1. 2	Zona patahan dan titik gempa di area penelitian (PusGeN, 2017)..	2
Gambar 1. 3	Perbandingan letak Patahan Sorong Utara berdasarkan penelitian A oleh Cipta dkk., tahun 2016; dan B oleh Ferdian dkk., tahun 2011	3
Gambar 2. 1	Peta tektonik dan geologi sederhana Sulawesi dan Mikrokontinen Banggai Sula (Leeuwen dan Pieters, 2011)	7
Gambar 2. 2	Distribusi titik gempa dengan M 4-7 (data USGS), dengan mekanisme fokal (data Global CMT) dan patahan aktif dari PusGeN (2017) di area Banggai Sula dan sekitarnya dari tahun 2003-2023	12
Gambar 2. 3	Stratigrafi sederhana area mikrokontinen Banggai-Sula (Ferdian dkk., 2011).....	13
Gambar 2. 4	Geologi sederhana area Mikrokontinen Banggai-Sula dan Lengan Timur Sulawesi (dimodifikasi dari Ferdian dkk., 2011)	14
Gambar 2. 5	Peta struktural zona patahan daerah penelitian (Ferdian dkk.,2011).....	16
Gambar 2. 6	Posisi penelitian dan gap yang diselesaikan dalam penelitian Ini..	20
Gambar 3. 1	Gaya gravitasi sesuai hukum gravitasi Newton (Grant dan West, 1965).....	21
Gambar 3. 2	Ilustrasi medan gravitasi bumi.....	22
Gambar 3. 3	Potensial gravitasi titik P akibat distribusi massa kontinyu (Grant dan West, 1965).....	23
Gambar 3. 4	Kondisi singular potensial gravitasi	25
Gambar 3. 5	Ekivalen stratum (Grant dan West, 1965)	26
Gambar 3. 6	Ilustrasi komponen pesawat ruang angkasa Topex satellit (Fu dkk., 1994).....	28
Gambar 3. 7	Model slab bouguer (Grant dan West, 1965)	31
Gambar 3. 8	Ilustrasi pada koreksi terrain (Grant dan West, 1965).....	32
Gambar 3. 9	Hammer Chart (Reynolds, 1997)	32
Gambar 3. 10	Koreksi bouguer sederhana di laut, reduksi densitas ($-1,64 \text{ g/cm}^3$) adalah perbedaan antara air laut ($1,03 \text{ g/cm}^3$) dan batuan di dasar laut ($2,67 \text{ g/cm}^3$). Ketebalan slab sama dengan kedalaman laut (Lillie, 1999).....	33
Gambar 3. 11	Kurva analisa power spektrum untuk memperkirakan sumber area regional dan residual.....	35
Gambar 3. 12	Grafik hubungan anomali gravitasi gradien horizontal orde satu (FHD) dan gradien horizontal orde dua (SHD).....	37
Gambar 3. 13	Model Blok dengan ukuran dx dy dz dalam Grablox dan Bloxer (Pirttijarvi, 2008)	39
Gambar 3. 14	Contoh tampilan <i>graphical user interface</i> pada program Grablox (Pirttijarvi, 2008)	40

Gambar 3. 15	Prosedur optimasi untuk PSO.....	43
Gambar 3. 16	(a) Penampang patahan dan parameternya, (b) Anomali FHG (gradien horizontal pertama) untuk gambar (a) (Anderson dkk., 2020).....	45
Gambar 3. 17	(a) Peta anomali Bouguer, (b) Profil sayatan secara 2D pada anomali Bouguer yang dioptimalkan dengan PSO dan tanpa PSO (Singh & Singh, 2017).....	46
Gambar 4. 1	(a) Daerah penelitian yang ditunjukkan dengan kotak berwarna hitam; (b) bathimetri area penelitian	47
Gambar 4. 2	Diagram alir penelitian	49
Gambar 4. 3	Data anomali udara bebas yang diunduh dari website Topex dalam format ASCII-XYZ.....	50
Gambar 4. 4	Diagram alir proses koreksi terrain	52
Gambar 4. 5	Hasil pengolahan <i>Radially Averaged Power Spectrum</i> (RAPS) ...	52
Gambar 4. 6	Proses pemisahan anomali regional menggunakan bandpass filter	54
Gambar 4. 7	Proses pemisahan anomali residual menggunakan bandpass filter	54
Gambar 4. 8	Diagram alir proses analisa derivatif.....	55
Gambar 4. 9	Diagram alir <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	57
Gambar 4. 10	Contoh pengujian konvergensi berdasarkan perubahan nilai fitness.....	58
Gambar 4. 11	Diagram alir proses optimasi model inversi 3D	61
Gambar 5. 1	Peta elevasi area penelitian yang memuat informasi elevasi tertinggi ditandai dengan warna merah dan elevasi terendah ditandai dengan warna biru	62
Gambar 5. 2	Peta sebaran anomali udara bebas daerah penelitian. Area selatan memiliki nilai <i>free air anomaly</i> yang tinggi (ditandai warna merah-ungu) sedangkan area utara-timur memiliki nilai free air anomaly yang rendah (ditandai warna hijau-biru)	63
Gambar 5. 3	Peta sebaran Anomali Bouguer Lengkap (ABL) daerah penelitian. Area dengan nilai ABL tinggi (ditandai warna merah-ungu) berasosiasi dengan adanya nilai densitas batuan yang tinggi.....	64
Gambar 5. 4	Komponen residual, regional, noise hasil analisa kurva RAPS	65
Gambar 5. 5	Peta sebaran anomali regional area penelitian yang memiliki pola sebaran yang sama dengan peta ABL.....	67
Gambar 5. 6	Peta sebaran anomali residual yang menunjukkan pola anomali yang lebih kompleks dibandingkan anomali regional.....	68
Gambar 5. 7	Peta analisa FHD dan SHD. (a) Peta FHD, (b) Peta SHD	69
Gambar 5. 8	Sayatan A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', G-G', H-H', I-I' pada peta sebaran anomali residual berarah selatan ke utara	70
Gambar 5. 9	Plot grafik sayatan A-A' pada peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	71
Gambar 5. 10	Plot grafik sayatan B-B' pada peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan	

	<i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	71
Gambar 5. 11	Plot grafik sayatan C-C' peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	72
Gambar 5. 12	Plot grafik sayatan D-D' peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	73
Gambar 5. 13	Plot grafik sayatan E-E' peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	73
Gambar 5. 14	Plot grafik sayatan F-F' peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	74
Gambar 5. 15	Plot grafik sayatan G-G' peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	75
Gambar 5. 16	Plot grafik sayatan H-H' peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD).....	75
Gambar 5. 17	Plot grafik sayatan I-I' peta sebaran anomali residual berdasarkan analisis <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) dan <i>Second Horizontal Derivative</i> (SHD)	76
Gambar 5. 18	Hasil analisa derivatif FHD dan SHD pada sayatan A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', G-G', H-H', I-I' (titik-titik berwarna merah).....	77
Gambar 5. 19	Hasil analisa analytic signal menunjukkan nilai anomali gravitasi tinggi yang diduga adalah struktur patahan.....	77
Gambar 5. 20	Plot model anomali gravitasi sintetik menunjukkan data yang direkonstruksi yang sesuai dari perhitungan PSO	83
Gambar 5. 21	Pemodelan 2D menggunakan PSO menunjukan adanya informasi kedalaman basement pada setiap sayatan.....	88
Gambar 5. 22	Grid informasi yang memuat informasi grid geometri untuk proses inversi 3D Grablox	90
Gambar 5. 23	Model awal densitas anomali lokal beserta tampilan lapisannya (1-8) dan dalam bentuk 3D.....	92
Gambar 5. 24	Model awal kontras densitas anomali lokal beserta tampilan lapisan (1-8) dan dalam bentuk 3D	94
Gambar 5. 25	Hasil optimasi inversi base, density, height, occam d dan occam h	96
Gambar 5. 26	Pemodelan 3D anomali residual daerah penelitian dalam nilai density.....	98
Gambar 5. 27	(a) Lapisan pertama model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan pertama dalam tampilan model blok 3D	98
Gambar 5. 28	(a) Lapisan kedua model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan kedua dalam	

	tampilan model blok 3D	99
Gambar 5. 29	(a) Lapisan ketiga model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan ketiga dalam tampilan model blok 3D	99
Gambar 5. 30	(a) Lapisan keempat model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan keempat dalam tampilan model blok 3D	100
Gambar 5. 31	(a) Lapisan kelima model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan kelima dalam tampilan model blok 3D	100
Gambar 5. 32	(a) Lapisan keenam model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan keenam dalam tampilan model blok 3D	101
Gambar 5. 33	(a) Lapisan ketujuh model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan ketujuh dalam tampilan model blok 3D	102
Gambar 5. 34	(a) Lapisan kedelapan model akhir tiga dimensi anomali lokal struktur bawah permukaan dalam nilai densitas; (b) Lapisan kedelapan dalam tampilan model blok 3D	103
Gambar 5. 35	Densitas batuan penyusun area penelitian. a) Densitas < 2,30 gr/cm ³ . b) Densitas 2,31 gr/cm ³ -2,64 gr/cm ³ . c) Densitas 2,65-2,78 gr/cm ³ . d) Densitas > 2,80 gr/cm ³	105
Gambar 5. 36	Sayatan A-A' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	106
Gambar 5. 37	Sayatan B-B' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	107
Gambar 5. 38	Sayatan C-C' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	108
Gambar 5. 39	Sayatan D-D' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	109
Gambar 5. 40	Sayatan E-E' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	110
Gambar 5. 41	Sayatan F-F' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	111
Gambar 5. 42	Sayatan G-G' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	112
Gambar 5. 43	Sayatan H-H' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	113
Gambar 5. 44	Sayatan I-I' bersesuaian dengan analisa derivatif dan densitas penyusun batuan, pada sayatan pemodelan 3D.	114
Gambar 5. 45	Titik batas kontras densitas hasil analisa derivatif dengan zona patahan	115
Gambar 5. 46	Peta area penelitian yang memuat identifikasi struktur dan patahan (dimodifikasi berdasarkan pertimbangan hasil dari penelitian ini) dioverlay dengan patahan hasil penelitian Ferdian dkk, (2011).	118

Gambar 5. 47 Peta <i>overlay</i> lintasan sayatan gravitasi dengan lintasan seismik oleh Ferdian dkk., 2011	120
Gambar 5. 48 Penampang lintasan seismik 7B dengan garis batas yang merupakan daerah singgungan dengan sayatan gravitasi B	120
Gambar 5. 49 Penampang sayatan gravitasi B dengan posisi penampang seismik 7B (dalam kotak hitam)	121
Gambar 5. 50 Penampang lintasan seismik 7D	122
Gambar 5. 51 Penampang sayatan gravitasi I dengan posisi penampang seismik 7D (dalam kotak hitam)	122
Gambar 5. 52 Penampang lintasan seismik 9A	123
Gambar 5. 53 Penampang sayatan gravitasi I dengan posisi penampang seismik 9A (dalam kotak hitam)	123

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Rangkuman hasil penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan.....	16
Tabel 5. 1	Prediksi parameter geometri basement beserta rentang kedalaman dan kedalaman rata-rata.....	80
Tabel 5. 2	Kedalaman basement zona patahan pada masing-masing sayatan berdasarkan titik hasil analisa derivatif	108

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Penjabaran Persamaan Laplace	133
Lampiran B Penjabaran Rumus Equivalent Stratum	143
Lampiran C <i>Overview</i> Hasil Optimalisasi PSO	133
Lampiran D Daftar Nilai Densitas Batuan (Telford dkk, 1990)	143