18.166 / H/03

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

TUGAS AKHIR

KL 1702

STUDI PERBANDINGAN METODE MAGNETIK DAN METODE GRAVITASI UNTUK EKSPLORASI LEPAS PANTAI DI PERAIRAN UTARA CIREBON

RSKe
622.17
Suk
s-1
2002

Oleh :

IVAN SUKMA

NRP. 4397 100 026

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2002

PERPUSTAKAAN ITS

Tgl. Terima	10-4-2003
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	217302

STUDI PERBANDINGAN METODE MAGNETIK DAN METODE GRAVITASI UNTUK EKSPLORASI LEPAS PANTAI DI PERAIRAN UTARA CIREBON

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, Pebruari 2002

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. M. Mustain, M.Sc.	**Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.**
NIP. 131 869 967	**NIP. 131 842 502**

Kupersembahkan karya terbaik ini untuk

Orang-orang yang mencintai Allah dan Rasul-Nya

Untuk ibuku, ibuku, ibuku, alm. Ayahanda dan Papa tercinta

(semoga allah menyayangi dan mengampuni segala dosa)

dan untuk sesorang yang sangat aku sayangi.

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang

Segala pujibagi Allah Tuhan alam semesta alam

Maha Pemurah lagi Maha Penyayang

Yang menguasai hari pembalasan

Hanya kepada Engkau kami menyembah dan hanya kepada Engkaulah

kami memohon pertolongan

Tunjukilah kami jalan yang lurus

Yaitu jalan orang-orang yang telah Engkau anugerahkan nikmat kepada

mereka: bukan (jalan) mereka yang dimurkai dan bukan (pula jalan)

mereka yang sesat

Qs. Al-Faatihah 1-7

ABSTRAK

This study intent to compare two geophysic survey method that is magnetic method and gravity method which applicated to offshore exploration in Cirebon North Sea, West Java. The comparation between two geophysic method that is magnetic method and gravity method which applicated to offshore exploration in Cirebon North Sea, West Java can be seen from some compare paramtre, that is, first, survey technic using magnetic and gravity method consist of data acquisition, data processing and data interpretation; second, accuration degree in data acquisition, data processing and data interpretation in magnetic and gravity method, thirth, resolution degree in data acquisition, data processing and data interpretation in magnetic and gravity method. From those compare, the susceptibiltty value is –0,020 and the density value is 2,5 gr/cm^3 . Beside that, anomaly volume in 3D shape from both anomaly is 0,08.10^{12} meter kubik or 0,08 trilyun meter kubik for magnetic anomaly and 0,004.10^{16} meter kubik or 40 trilyun meter kubik for gravity anomaly. So that from the compare of anomaly volume add with the other parametre we have conclusion that magnetic method can be used better for small location area and gravity method can be used better for big locatian area.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan rizki-Nya kepada kita sekalian, terutama kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **Studi Perbandingan Metode Magnetik Dan Metode Gravitasi Untuk Eksplorasi Lepas Pantai Di Perairan Utara Cirebon.**

Sebagaimana diketahui, tugas akhir merupakan salah satu syarat studi untuk memperoleh gelar sarjana dalam kurikulum pendidikan jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS Surabaya dengan beban kredit 6 SKS. Tugas akhir ini hanyalah secuil informasi dan sedikit pengetahuan yang dapat penulis persembahakan untuk almamater yang tentunya jauh dari kesempurnaan, tetapi dari hasil penulisan ini penulis banyak berharap semoga dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan membawa kita semua ke arah yang lebih baik.

Tak lupa penulis haturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak, terutama untuk :

Wassalam,

Surabaya, Januari 2002

IVAN SUKMA

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan tugas akhir ini dan selama menempuh perkuliahan, penulis banyak sekali mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa material maupun dorongan dan motivasi tidak lupa penulis kirimkan sholawat dan salam kepada Rasulullah SAW, dan tak lupa penulis juga mengirimkan "Al-Faatihah" kepada Mbah Fatah di Malang dan Gus Luqman Al-Karim (terima kasih atas bimbingan dan nasihatnya), Selain itu penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Harsono (Alm), Ayahanda Machfud, Ibunda Winarsih (semoga disayangi dan diampuni dosa-dosanya oleh Allah, amin).
2. Mbah Kakung (Alm) dan Mbah Putri (semoga sehat selalu dan doaku akan kukirim selalu) serta keluarga yang lain, terima kasih atas doa restu yang diberikan kepada penulis.
3. Dian Etika Widyasari S.Sos. beserta keluarga (terima kasih atas perhatian, pengertian dan segala bantuannya).
4. Kepada KH. Abdullah Fatah di Malang dan Gus Lukman Al-Karim (terima kasih atas segala bimbingan dan nasihatnya)
5. Seluruh jamaah Pondok Pesantren Bahrul Maghfiroh Assyafiiyah Malang, penulis sampai permintaan maaf yang sebesar-besarnya.
6. Bapak Bambang (Pondok Maritim Surabaya) terima kasih atas bantuan dan dukungan morilnya.
7. Bapak Dr. M. Mustain M.Sc. dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan, motivasi dan bantuan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
8. Bapak Dr. Ir. Paulus Indiyono, MSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS
9. Bapak Dr. Ir. Wahyudi M.Sc. selaku dosen wali yang banyak memberikan petunjuk dan perhatian selama penulis kuliah.

10. Bapak Ir. Hasan Ikhwani M.Sc. dan Bapak Ir. Sholihin yang telah memberikan kritik dan sarannya yang membuat penulis berusaha berbuat yang terbaik untuk penulisan tugas akhir ini.
11. Buat seluruh staf dosen Teknik Kelautan ITS terima kasih semuanya.
12. Bapak Prof. Lubis dan staf bagian perpustakaan Pusat Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL) di Bandung.
13. Para staf dan Karyawan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) di Bandung.
14. Mas Agung (pacarnya Nurin) beserta keluarga di Bandung, penulis ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya.
15. Temen-temen seperjuangan *Geophysics Team,* buat Ilham (sing bondo rek !), Mill (semoga dapat jodoh yang baik), Iwan (ojo lali handphone !), Budi Kadir (ini temen SMU dan kuliah, ojo protes ae Mbud !). Buat Iwan dan Budi ayo ke Bandung lagi.....?. GOOD LUCK.
16. Temen-temen seperjuangan ujian Tugas Akhir, buat Didik (ojo lali karo Ivan), Septin (selamat !), Santo (ojo gupuh To !), Pradin, Awang, Dien, Hajar, Arko, Siswo (ojo proposal...terus !), Rina, Retno, Silvi (TA-nya cepet dikerjain dong !), Titin (ojo nangis eneh Tin), Timbul, Trianu'96 (asistensine sing rajin), Sony'96 dan semuanya yang oleh penulis tidak dapat sebut satu-persatu, selamat udah lulus ujian Ta dan nilainya bagus-bagus VIVAT KELAUTAN.
17. Buat temen-temen angkatan '97, Klub bulutangkis The Mamik, Geong, MacWildan, Aries, Topeng, Arif Flume Tank, Agus Suga, Bustami, Haryono, Bendoyo Gank's (Faruq, Isa), buat Nurine (salam buat mas Agung), Wiwin dan semuanya yang penulis lupa Thanks for all....!.
18. Buat seluruh Angkatan 96, 95 yang masih belum lulus saya doakan segera cepet lulus.
19. Buat Angkatan 98, Mbah Dukun, Didik dan lain-lain terima kasih.
20. Buat Angkatan 99, 00, 01 dan seterusnya bangun kelautan yach....!
21. Buat pak Teguh, Bu Nur, Agus (staf TU Teknik Kelautan), Zuhud labkom (terima kasih telah ingetin penulis agar tidak main game

21. Buat pak Teguh, Bu Nur, Agus (staf TU Teknik Kelautan), Zuhud labkom (terima kasih telah ingetin penulis agar tidak main game teruss...), Kang Slamet, Cak Ri, dan seluruh staf dan karyawan FTK terutama Teknik Kelautan tercinta terima kasih.
22. Dan terakhir untuk seluruh pihak yang oleh penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, penulis memohon maaf yang banyak dan penulis ucapkan terima kasih, terima kasih dan terima kasih.

DAFTAR NOTASI

μ	:	permeabilitas
r^2	:	jarak antara dua kutub atau massa (m)
k	:	susceptibilitas
γ	:	konstanta gravitasi universal tergantung sistem ukuran yang digunakan (di titik ukur).
γ_0	:	gaya berat normal di ekuator
β_1 dan β_2	:	konstantan untuk menghitung γ
φ	:	lintang titik ukur gaya berat
g1	:	harga gaya berat absolut titik awal
g2	:	harga gaya berat absolut berikutnya
r1	:	harga gaya berat hasil pengamatan dari titik acuan awal
r2	:	harga gaya berat hasil pengamatan dari titik berikutnya.
d	:	kedalaman titik amat terkoreksi (m).
dR	:	kedalaman hasil bacaan alat (m)
kT	:	koreksi kedalaman transducer (m)
kP	:	koreksi pasut (m)
h	:	ketinggian topografi titik amat (m)
g_i	:	reduksi isostatik
g_iT	:	reduksi topografi yang dikurangkan
g_iC	:	reduksi topografi yang ditambahkan
h	:	kedalaman laut
ρ_b	:	densitas batuan (massa/volume)
ρ_s	:	densitas air laut (massa/volume)
t	:	tinggi pasang dan surut (m)
g_{obs}	:	nilai percepatan gaya berat pengamatan
g_0	:	nilai percepatan gaya berat di lintang θ
Gn	:	harga gravitasi normal atau teoritis (mgal)

λ	:	lintang titik amat dalam derajat
dp	:	parameter pengubah matriks
A	:	parameter differensial parsial dari matriks wrt
dE	:	error antara kurva observasi dan perhitungan
I	:	indentitas matriks
k	:	konstanta

DAFTAR ISI

Halaman Judul
Halaman Pengesahan
Halaman Persembahan
Abstrak
Kata Pengantar
Ucapan Terima Kasih
Daftar Notasi
Daftar Isi
Daftar Gambar
Daftar Tabel
Daftar Lampiran

BAB I. P E N D A H U L U A N

I.1. Latar Belakang Masalah..... 1
I.2. Perumusan Masalah..... 4
I.3. Tujuan 5
I.4. Manfaat 6
I.5. Batasan Masalah..... 6
I.6. Sistimatika Penulisan..... 7

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

II.1. Tinjauan Pustaka..... 8
II.1.1. Survey Dengan Metode Magnetik..... 8
II.1.2. Survey Dengan Metode Magnetik..... 10
II.2. Dasar Teori..... 12
II.2.1. Metode Magnetik..... 12
II.2.1.1. Survey Dengan Metode Magnetik..... 12

II.2.1.2. Medan Magnet Bumi.....13
II.2.1.3. Kalibrasi Magnetometer.....15
II.2.1.4. Tahap Akusisi Data (*Data Acquisition*) Survey Magnetik.....16
II.2.1.5. Tahap Proses Data (*Data Processing*) Survey Magnetik.....17
II.2.1.6. Tahap Interpretasi Data Survey Magnetik..19
II.2.2. Metode Gravitasi.....22
II.2.2.1. Prinsip Dasar Metode Gravitasi.....22
II.2.2.2. Anomali Gaya Berat Di Bumi.....23
II.2.2.3. Kalibrasi Gravitymeter.....27
II.2.2.4. Tahap Akusisi Data (*Data Acquisition*) Survey Gravitasi.....28
II.2.2.5. Tahap Proses Data (*Data Processing*) Survey Gravitasi.....30
II.2.2.6. Tahap Interpretasi Data Survey Gravitasi...36
II.2 .3. Volume Dari Peta Kontur.....39

BAB III. M E T O D O L O G I.....41

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Analisa Data.....53
IV.1.1. Analisa Data Geologi Dan Penyesuaian Skala Peta.53
IV.1.2. Interpretasi 2 Dimensi Anomali Magnetik Dan Anomali Gravitasi.....54
IV.1.3. Output Data Pemodelan Software MAG2DC Dan GRAV2DC.....56
IV.1.4. Perhitungan Volume Anomali Magnetik Dan Anomali Gravitasi.....58

IV.2. Pembahasan 59
IV.2.1. Metode Pelaksanaan 60
IV.2.1.1. Tahap Akusisi Data (*Data Acquisition*) 60
IV.2.1.2. Tahap Proses Data (*Data Processing*) 66
IV.2.1.3. Tahap Interpretasi Data 74
IV.2.2. Tingkat Akurasi 78
IV.2.2.1. Tahap Akusisi Data (*Data Acquisition*) 78
IV.2.2.2. Tahap Proses Data (*Data Processing*) 81
IV.2.2.3. Tahap Interpretasi Data 84
IV.2.3. Tingkat Resolusi 87
IV.2.3.1. Tahap Akusisi Data (*Data Acquisition*) 87
IV.2.3.2. Tahap Proses Data (*Data Processing*) 89
IV.2.3.3. Tahap Interpretasi Data 91
IV.2.3. Manfaat Dari Perbandingan Survey Magnetik Dan Gravitasi 92

BAB V. P E N U T U P

V.1. Kesimpulan 94
V.2. Saran 97

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Anomali Gravitasi dan Anomali Magnetik di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat..... 3

Gambar 2.1. Pola Standar Arah Lintasan Kapal Survey (Sharma, 1997)..... 17

Gambar 2.2. Hubungan Geometris antara Bumi, Geoid dan Ellips Referensi (Subagio, 2000).....24

Gambar 2.3. Penyusutan Data Gaya Berat Dan Anomali Gaya Berat (PPGL, 2001)..... 26

Gambar 2.4. Diagram Alir Proses Interpretasi Anomali Gaya Berat (Sharma, 1997).....37

Gambar 3.1. Display Awal Memasukkan Data Pada MAG2DC.....38

Gambar 3.2. Bentuk Grafik Data Observed Dan Body Di MAG2DC..... 39

Gambar 3.3. Display Awal Memasukkan Data Pada GRAV2DC.....38

Gambar 3.4. Bentuk Grafik Data Observed Dan Body Di GRAV2DC..... 39

Gambar 4.1. Anomali Magnetik dengan Posisi Garis Potong..... 54

Gambar 4.2. Anomali Gravitasi dengan Posisi Garis Potong.....55

Gambar 4.3. Asumsi Pendekatan Bentuk 3 Dimensi Cekungan.....58

Gambar 4.4. Diagram Alir Proses Pengolahan Data Survey Gravitasi Di Perairan Cirebon (Hutagaol J.P, 1996).....74

Gambar 4.5. Contoh Data Variasi Harian (Sharma, 1997).....71

Gambar 4.6. Pola Lintasan Survey Magnetik (U. Kamiludin, 1994).....87

Gambar 4.7. (a) Lintasan Standar Survey Magnetik, (b) Lintasan Survey Magnetik Di Perairan Cirebon (Sharma, 1997 dan U. Kamiludin dkk., 1994).....88

Gambar 4.8. Pola Lintasan Survey Gravitasi (Hutagaol J.P, 1996).....88

Gambar 4.9. Bentuk 3 Dimensi Anomali Magnetik.....91

Gambar 4.10. Bentuk 3 Dimensi Anomali Gravitasi.....92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pengaruh Ukuran Kapal Dengan Pengaruh Magnetik Terhadap Magnetometer Tow System (De Prospo, 2000)..... 9

Tabel 2.2. Harga Susceptibilitas Magnetik Batuan dan Mineral (Telford, 1990)..... 21

Tabel 2.3. Besaran Parameter Ellipsoidal Referensi (Kahar J., 1997)....25

Tabel 2.4. Harga Densitas Pada Batuan dan Mineral (Telford, 1990).....38

Tabel 4.1. Koordinat Posisi Penarikan Dari Peta Anomali Magnetik.....55

Tabel 4.2. Koordinat Posisi Penarikan Dari Peta Anomali Gravitasi.....56

Tabel 4.3. Data Output Body Dari Proses Interpretasi GRAV2DC..... 57

Tabel 4.4. Data Output Body Dari Proses Interpretasi MAG2DC..... 57

Tabel 4.5. Perbedaan Volume Bentuk 3 D Anomali Magnetik dan Gravitasi.....92

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN GAMBAR

Gambar 1. Peta Anomali Magnetik, Anomali Gravitasi, Sedimentasi, Sumber Daya Alam Dan Mineral Dalam Ukuran Skala 1 : 5.000.000 1

Gambar 2. Peta Sedimentasi Permukaan Dasar Laut Indonesia (Masria M., 1991) 2

Gambar 3. Data Geologi Perairan Sunda (Todd dan Pulunggono, 1971) 3

Gambar 4. Peta Cekungan Minyak Indonesia (Pertamina) 4

Gambar 5. Peta Sumber Daya Mineral Dan energi Lepas Pantai Indonesia (Hartono H.M.S., 1998) 5

Gambar 6. Bentuk Rangka 3 D Anomali Gravitasi 6

Gambar 7. Bentuk Solid 3 D Anomali Gravitasi 7

Gambar 8. Bentuk Rangka 3 D Anomali Magnetik 8

Gambar 9. Bentuk Solid 3 D Anomali Magnetik 9

LAMPIRAN TABEL DATA GARIS TARIKAN

Tabel 1. Data Tarikan Dari Peta Anomali Magnetik 10

Tabel 2. Data Tarikan Dari Peta Anomali Gravitasi 11

LAMPIRAN DATA OUTPUT SOFTWARE MAG2DC dan GRAV2DC

Data Output Garis 1 Anomali Gravitasi 12

Data Output Garis 2 Anomali Gravitasi 13

Data Output Garis 3 Anomali Gravitasi 14

Data Output Garis 4 Anomali Gravitasi 15

Data Output Garis 5 Anomali Gravitasi 16

Data Output Garis 6 Anomali Gravitasi.....17
Data Output Garis 7 Anomali Gravitasi.....18
Data Output Garis 1 Anomali Magnetik.....19
Data Output Garis 2 Anomali Magnetik.....20
Data Output Garis 3 Anomali Magnetik.....21
Data Output Garis 4 Anomali Magnetik.....22
Data Output Garis 5 Anomali Magnetik.....23
Data Output Garis 6 Anomali Magnetik.....24
Data Output Garis 7 Anomali Magnetik.....25
Data Output Garis 8 Anomali Magnetik.....26

LAMPIRAN BENTUK KURVA DAN BODY

Gambar 10. Kurva dan Body Garis Tarikan 1 Anomali Gravitasi.....27
Gambar 11. Kurva dan Body Garis Tarikan 2 Anomali Gravitasi.....28
Gambar 12. Kurva dan Body Garis Tarikan 3 Anomali Gravitasi.....29
Gambar 13. Kurva dan Body Garis Tarikan 4 Anomali Gravitasi.....30
Gambar 14. Kurva dan Body Garis Tarikan 5 Anomali Gravitasi.....31
Gambar 15. Kurva dan Body Garis Tarikan 6 Anomali Gravitasi.....32
Gambar 16. Kurva dan Body Garis Tarikan 7 Anomali Gravitasi.....33
Gambar 17. Kurva dan Body Garis Tarikan 1 Anomali Magnetik.....34
Gambar 18. Kurva dan Body Garis Tarikan 2 Anomali Magnetik.....35
Gambar 19. Kurva dan Body Garis Tarikan 3 Anomali Magnetik.....36
Gambar 20. Kurva dan Body Garis Tarikan 4 Anomali Magnetik.....37
Gambar 21. Kurva dan Body Garis Tarikan 5 Anomali Magnetik.....38
Gambar 22. Kurva dan Body Garis Tarikan 6 Anomali Magnetik.....39
Gambar 23. Kurva dan Body Garis Tarikan 7 Anomali Magnetik.....40
Gambar 24. Kurva dan Body Garis Tarikan 8 Anomali Magnetik.....41

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

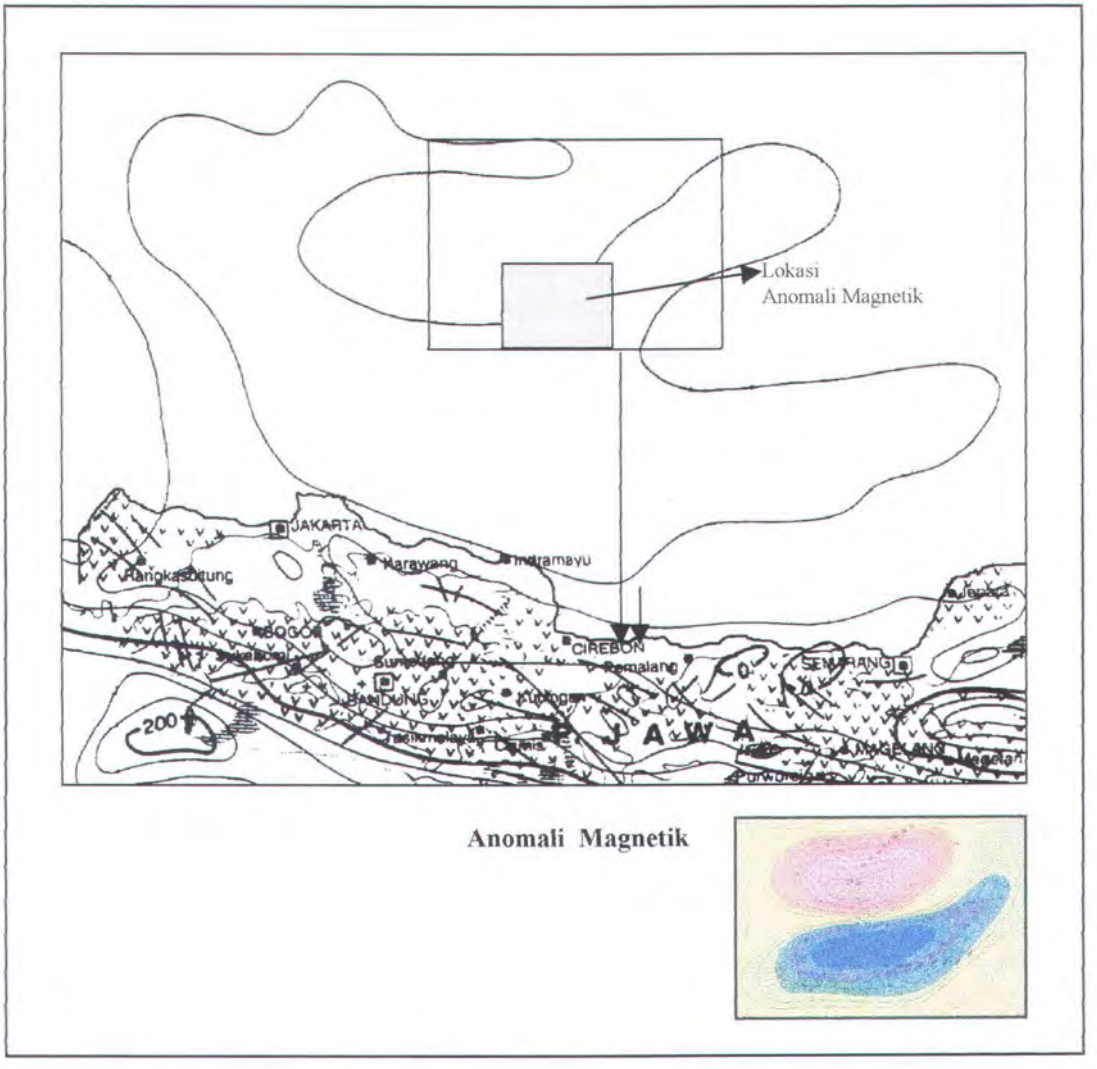
I.1. Latar Belakang Masalah

Eksploitasi yang dilakukan secara terus menerus terhadap sumber daya alam non hayati yang tidak dapat diperbaharui lagi (*non renewable*) khususnya berupa minyak bumi dan gas bumi yang berada di darat sehingga menyebabkan cadangan sumber daya alam yang berupa minyak bumi dan gas bumi semakin berkurang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dilakukan usaha-usaha untuk mengeksplorasi dan mengeksploitasi sumber daya alam non hayati yang berupa minyak bumi dan gas bumi khususnya yang berada di bawah dasar laut atau lepas pantai (*offshore*).

Menurut Rochani I. (1999) dari 61 cekungan yang sudah diidentifikasi yang ada di wilayah Indonesia, 26 diantaranya belum dieksplorasi. Sedang dari 35 yang sudah dieksplorasi menunjukkan bahwa hanya 14 cekungan saja yang tidak menunjukkan adanya kandungan minyak bumi. Dari cekungan-cekungan yang mengandung potensi minyak tersebut, sebagian besar ada di daerah lepas pantai (*offshore*) dan sebagian lagi berada di daratan (*onshore*) baik yang berada di Indonesia bagian barat maupun di Indonesia bagian timur.

Dalam usaha eksplorasi sumber daya alam non hayati yang berupa minyak bumi dan gas bumi di dasar laut tersebut, maka diaplikasikan metode geofisika untuk menemukan cadangan sumber daya alam non hayati khususnya minyak dan gas bumi yang berada di dasar laut, metode geofisika ini meliputi: metode magnetik dan metode gravitasi.

Dengan adanya penggunaan metode magnetik dan metode gravitasi untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Cirebon Jawa Barat dan untuk mengetahui seberapa besar peranan masing-masing metode geofisika tersebut, maka diperlukan suatu usaha untuk mempelajari dan membandingkan antara metode magnetik dan metode gravitasi dengan ditinjau dari beberapa parameter pembanding yaitu pertama, teknik pelaksanaan survey dengan menggunakan metode magnetik dan metode gravitasi meliputi akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data; kedua, tingkat akurasi pada tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data pada metode magnetik dan metode gravitasi; ketiga, tingkat resolusi pada tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data pada metode magnetik dan metode gravitasi. Sehingga diperoleh *data input* tentang metode geofisika yang diaplikasikan di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat serta mengetahui seberapa besar peranan metode geofisika tersebut untuk menemukan sumber cadangan sumber daya alam non hayati khususnya minyak dan gas bumi di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat.



Gambar 1.1. Lokasi Anomali Gravitasi dan Anomali Magnetik di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat.

Tempat atau lokasi yang dipilih untuk studi perbandingan metode magnetik dan metode gravitasi ini berlokasi di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat, dapat dilihat lebih mendetail pada gambar 1.1. Dimana tempat atau lokasi anomali magnetiknya berada sekitar 150 km ke arah utara Pantai Cirebon Jawa Barat, sedangkan titik anomali gravitasi yang terdekat dengan Pantai Cirebon Jawa Barat berlokasi sekitar 35 km dari arah utara. Koordinat posisi atau garis lintang dan garis bujur untuk anomali magnetik adalah terletak antara 108^0 30' LS - 108^0 50' LS dan 4^0 40' BT - 4^0 50' BT, sedangkan koordinat posisi atau garis lintang dan garis bujur untuk anomali gravitasi terletak antara 106^0 LS - $111{,}2^0$ LS dan 3^0 5' BT - 8^0 BT.

Dan berdasarkan peta cekungan minyak Indonesia dari Pertamina (lampiran) dapat terlihat bahwa letak posisi peta anomali magnetik dan anomali gravitasi terletak di antara cekungan yang sudah menghasilkan yaitu (*North West Java*) dan cekungan yang sudah dibor tetapi belum ada penemuan (Biliton).

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam studi ini adalah:

1. Bagaimana metode pelaksanaan survey dengan menggunakan metode magnetik dan metode gravitasi untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat dengan parameter meliputi; akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data.

2. Seberapa detail tingkat akurasi pada tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data survey metode magnetik dan metode gravitasi untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat.
3. Seberapa besar tingkat resolusi pada tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data survey metode magnetik dan metode gravitasi untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat.

I.3. Tujuan

Studi ini bertujuan untuk :

1. Membandingkan teknik pelaksanaan survey dengan menggunakan metode magnetik dan metode gravitasi untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat dengan parameter meliputi: akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data.
2. Menganalisa perbandingan tingkat akurasi pada tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data survey metode magnetik dan metode gravitasi untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat.
3. Menganalisa perbandingan tingkat resolusi pada tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data survey

metode magnetik dan metode gravitasi untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Cirebon, Jawa Barat.

I.4. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari studi ini adalah untuk mengetahui seberapa besar peranan metode magnetik dan metode gravitasi dalam usaha eksplorasi lepas pantai serta dapat mengetahui metode pelaksanaan, tingkat akurasi dan tingkat resolusi data survey metode magnetik dan metode gravitasi terutama untuk tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data yang diaplikasikan untuk eksplorasi lepas pantai di Perairan Utara Cirebon, Jawa Barat.

I.5. Batasan Masalah

Agar lebih memudahkan analisa dan dapat dicapai tujuan yang diharapkan, maka batasan masalah dalam tugas akhir ini ialah :

1. Menggunakan data Peta Anomali Magnetik Total Perairan Utara Cirebon Lembar 1311 dan Peta Anomali Gravitasi Bouguer Indonesia.
2. Data Peta Cekungan Seluruh Indonesia dari Pertamina dan Peta Sumber Daya Mineral Dan Energi Lepas Pantai Indonesia.
3. Data Peta Sedimen Permukaan Dasar Laut Wilayah Laut Indonesia dan Data Struktur Geologi Perairan Sunda.

4. Menggunakan software MAG2DC dan GRAV2DC untuk proses interpretasi data survey metode magnetik dan survey metode gravitasi.

5. Membandingkan secara umum metode magnetik dan metode gravitasi dengan tiga parameter, yaitu teknik pelaksanaan survey, tingkat akurasi dan tingkat resolusi pada tahap akuisisi (*acquisition*) data, proses data (*data processing*) dan interpretasi data.

I.6. Sistimatika Penulisan

Berdasarkan permasalahan dan tujuan diatas, maka sistimatika penulisan studi ini akan dibatasi dari beberapa aspek yang dapat mendukung, dengan tujuan agar harapan tersebut dapat dicapai.

Pada Bab II akan dijelaskan mengenai dasar teori yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Bab III menjelaskan tentang langkah–langkah yang akan dilakukan selama melakukan studi.

Bab IV menjelaskan proses analisa data dan pembahasan hasil analisa data dan permasalahan

Bab V merupakan penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari Tugas Akhir ini.

Dengan demikian diharapkan studi ini dapat dijadikan sebagai suatu masukan dan informasi bagi praktisi akademik dan mahasiswa dalam analisa survey geofisik .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

II.1. Tinjauan Pustaka

II.1.1. Survey Dengan Metode Magnetik

Secara umum survey geofisika dengan menggunakan metode magnetik yang diaplikasikan untuk kegiatan eksplorasi lepas pantai dapat memberikan data-data tentang informasi kedalaman dari *basement rock*, menentukan lokasi dari penyebaran cekungan sedimen sehingga dapat diestimasikan kedalamannya (Wahyudi, 1997).

Prinsip dasar dari survey dengan menggunakan metode magnetik ialah mengukur secara langsung dengan presisi tinggi dari variasi kemagnetan bumi, kemudian membandingkan variasi kuat medan di lapangan dengan medan secara keseluruhan dari bumi sehingga anomali lokal dapat terdeteksi, yang kemudian hasilnya dapat diinterpretasikan sebagai adanya struktur geologi lokal (Dobrin, 1981).

Dalam pelaksanaan survey atau pengambilan data maka penempatan sensor magnetik terhadap kapal disesuaikan dengan konfigurasi ukuran kapal, panjang rentang sensor, kecepatan kapal dan kedalaman perairan di daerah yang di

survey. Dalam pengambilan data intensitas magnetik di lapangan atau daerah yang diselidiki, ditentukan lintasan gerak kapal dengan interval yang tetap dan dengan interval titik pengukuran yang sama sehingga dapat meneliti daerah tersebut secara teliti.

Setelah data yang diperoleh dari survey tersebut maka data hasil survey tersebut akan di koreksi dan kemudian diplotkan pada peta jalur lintasan kapal dengan selang waktu 15 menit kemudian dibuat dalam bentuk peta batimetri (Lukman A., 1999).

Tabel 2.1: Pengaruh Ukuran Kapal Dengan Pengaruh Magnetik Terhadap Magnetometer Tow System (De Prospo, 2000).

Ship Size	**Length of Tow Sistem**			
	30 m	**100 m**	**150 m**	**250 m**
25 m (200 tons)	200 gammas	6 gammas	1,6 gammas	0,4 gammas
50 m (700 tons)	700 gammas	20 gammas	6 gammas	1,4 gammas
70 m (1700 tons)	1700 gammas	50 gammas	13 gammas	3,0 gammas
90 m (3300 tons)	3300 gammas	80 gammas	25 gammas	6,0 gammas

Peta anomali magnet total umumnya mencerminkan karakteristik batuan dasar bawah permukaan dasar laut yang dicirikan dengan kontur *closure* atau negatif rendah yang diduga sebagai batuan dasar dengan morfologi berbentuk cekungan. Kontur anomali tinggi atau positif yang tertutup ditafsirkan sebagai struktur tinggi di dasar laut.

II.1.2. Survey Dengan Metode Gravitasi

Dalam kegiatan survey dengan menggunakan metode gravitasi, pada prinsipnya adalah mengukur gaya berat yang didasarkan pada variasi medan gaya berat bumi akibat variasi rapat massa batuan di permukaan. Berdasarkan Laporan Berkala Komite Gaya Berat Nasional (2000) dimana kegiatan yang dilakukan dalam survey dengan menggunakan metode gravitasi pada tahap akuisisi data (*data acquition*) adalah sebagai berikut :

1. Kalibrasi Alat

   Maksud dari kalibrasi alat ialah untuk memperoleh data pembacaan yang teliti terhadap titik referensi atau terhadap acuan, sehingga semua harga pembacaan adalah harga yang relatif terhadap titik referensi gaya berat yang sudah diketahui nilainya.

2. Pengikatan Titik Referensi

   Pengikatan titik referensi gaya berat pada survey ini dilakukan terhadap jaringan titik gaya berat nasional.

3. Pengambilan Data

   Pengukuran gaya berat di laut dilakukan dengan menggunakan system *Loop* yang diawali dan diakhiri dari satu titik referensi yang sudah diketahui harga gaya beratnya dalam satu hari. Posisi titik amat gaya berat ditentukan dengan menggunakan *Global Positioning System (GPS)*, datum yang digunakan *World Geodetic System (WGS 1984)*. Pengambilan data lapangan dengan menggunakan peralatan *Marine*

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Gravimeter La Coste dan *Romberg U26/G964* untuk di laut dan *On Land Gravimeter La Coste* dan *Romberg G734* untuk di darat.

Kemudian setelah memperoleh data-data dari hasil akuisisi data maka dilanjutkan dengan pengolahan data dengan melakukan beberapa koreksi atau reduksi.

Data-data yang diperoleh dari tahap akuisisi data (*data acquition)* hasil survey tersebut adalah sebagai berikut :

1. Data Posisi

   Data posisi di laut maupun di darat keduanya diperoleh dengan mengunakan system GPS. Posisi geografis dalam bentuk lintang dan bujur ini menggunakan datum *World Geodetic System* (WGS 1984).

2. Data Kedalaman

   Selain data kedalaman yang diperoleh dari hasil pembacaan pada waktu pengambilan data gaya berat laut, juga dilakukan pengukuran kedalaman dengan menggunakan *echosounder*. Kedalaman ini selanjutnya di koreksi terhadap pasang surut yang diamati pada waktu survey berlangsung.

3. Data Gaya Berat

   Menurut Hanafi M. (2000) pada umumnya data yang diperoleh dari pengukuran gaya berat laut adalah sebagai berikut :

   - Waktu pembacaan awal dan akhir dan tanggal pengamatan
   - Koordinat (lintang dan bujur) berasal dari data GPS yang di *input*.
   - Nama stasiun pengamatan, berasal dari titik amat yang di *input*

- Pembacaan dalam skala yaitu bacaan *counter*
- *Cheat* dan harga gaya berat terkoreksi dalam mgal
- *Root Mean Square (RMS)*
- Harga koreksi pasang surut
- Kedalaman (meter)

Dari data-data yang diperoleh dari tahap akuisisi data dimana harga gaya berat bacaan di suatu titik amat baik di darat maupun di laut adalah harga gaya berat bukan sesungguhnya, sehingga untuk mendapatkan harga yang sebenarnya atau harga gaya berat yang absolut harga tersebut harus di koreksi atau di reduksi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhinya. Koreksi tersebut adalah koreksi pasang surut, koreksi *drift* atau apungan, koreksi lintang, koreksi Bouguer, koreksi medan dan koreksi bebas udara sehingga akan diperoleh harga absolut dan anomaly bebas udara di titik amat gaya berat tesebut.

II.2. Dasar Teori

II.2.1. Metode Magnetik

II.2.1.1. Prinsip Dasar Metode Magnetik

Magnet adalah suatu bodi atau massa dari besi atau material yang lain yang mempunyai properti atau sifat dapat menarik atau menolak massa yang lain dari material yang sejenis atau yang lain (Wahyudi, 1997). Gaya magnet dapat didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{1 P_o P}{\mu r^2} \quad \text{.....(2.1)}$$

Kekuatan kutub yang terinduksi per satuan luas sepanjang bidang normal terhadap bidang yang terinduksi dapat didefiniskan sebagai :

$$I = k\ H \quad \text{.....(2.2)}$$

Dimana I adalah Intensitas magnetik dan k adalah susceptibility. Jika medan magnet membentuk sudut θ terhadap bidang normal dari permukaan material yang terinduksi, dapat difenisikan sebagai :

$$I = k\ H\ \text{Cos}\,\theta \quad \text{.....(2.3)}$$

Kutub-kutub magnetik yang terinduksi pada suatu material oleh medan magnet luar H, akan menghasilkan medan magnetnya sendiri H' yang tergantung oleh intensitas magnetiknya (I), sehingga dapat dinyatakan sebagai :

$$H' = 4\ \pi\ I \quad \text{.....(2.4)}$$

II.2.1.2. Medan Magnet Di Bumi

Struktur batuan atau material yang ada di bumi pasti akan memperoleh pengaruh medan magnet dari bumi. Sehingga polarisasi, besar dan arahnya sering ditentukan seluruhnya oleh medan magnet bumi pada saat ini. Ketika medan magnet bumi berubah, magnetisasi yang terjadi juga berubah mengikutinya. Ada struktur batuan atau material yang tetap menyimpan

magnetisasinya yang diterima dari bumi, sehingga menunjukkan magnetisasi yang tidak sama dengan medan magnet bumi saat ini.

Medan magnet bumi tidak konstan, medan magnet tersebut berubah secara periodik terhadap waktu dan berubah tidak periodik. Menurut Lukman A. (2000) perubahan secara periodik meliputi :

1. Variasi Sekuler; variasi medan utama dengan perioditas sekitar 960 tahun.
2. Variasi Tahunan; biasanya dalam aplikasi magnet bumi variasi ini diabaikan.
3. Variasi Harian; dengan periode 24 jam dengan range 20γ bervariasi sesuai ketinggian dan musim yang dikontrol oleh aktifitas matahari dan arus listrik pada ionosfir.

Perubahan non periodik (badai magnetik) yang dapat terjadi setiap saat dengan amplitudo lebih dari 1000γ yang disebabkan oleh aktifitas bintik matahari. Anomali magnet dalam medan magnet disebabkan magnetisasi terinduksi dan magnetisasi remanen (permanen) yang umumnya mempunyai arah dan intensitas yang berbeda. Magnetisasi remanen mempunyai peranan yang besar pada magnetisasi struktur batuan. Pengaruhnya tidak hanya dalam besaran, akan tetapi pada amplitudo dan arahnya, serta sangat rumit untuk diamati karena berkaitan dengan peristiwa kemagnetan yang pernah dialami sebelumnya. Sisa kemagnetan ini disebut *Normal Residual Magnetism* (NRM).

Anomali yang didapat di lapangan merupakan hasil gabungan dari keduanya atau hasil induksi murni, dimana jika arah medan magnet remanen sama dengan arah induksi maka anomali bertambah besar demikian pula sebaliknya.

II.2.1.3. Kalibrasi Magnetometer

Dalam kegiatan survey dengan menggunakan metode magnetik, sebelum dilaksanakan pengambilan data atau akusisi data maka dilakukan kalibrasi peralatan Magnetometer dengan tujuan untuk mengetahui kondisi, kualitas sensitivitas serta kelayakan peralatan tersebut sebelum kegiatan di lapangan sehingga tingkat akurasi hasil dari akusisi data lapangan dapat lebih terperinci.

Menurut Lubis S. (2000) kegiatan kalibrasi diarahkan pada pengukuran sensitivitas alat magnetometer dalam merekam data magnet pada berbagai kondisi dan situasi, serta mengamati faktor-faktor internal dan eksternal yang berpengaruh terhadap sensitivitas alat tersebut. Beberapa faktor yang diamati dalam kalibrasi adalah sebagai berikut :

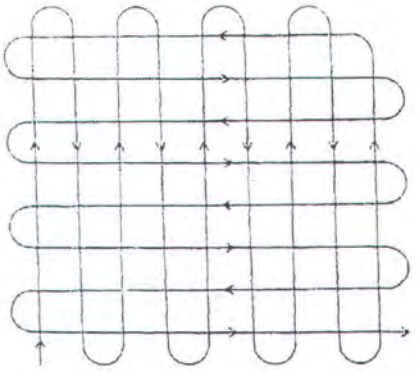
1. Pengaruh posisi azimut sensor terhadap kualitas data rekam
2. Pengaruh kedudukan sensor magnet secara inklinasi terhadap kualitas data rekam.
3. Pengaruh panjang kabel sensor, kondisi dan situasi tempat terhadap kualitas data rekam.
4. Pengaruh dari benda-benda besar yang terbuat dari besi atau baja terhadap kualitas data rekam.

II.2.1.4. Tahap Akuisisi Data (*Data Acquisition*) Survey Magnetik

Menurut Telford (1990) untuk tahap akuisisi data di lepas pantai digunakan kapal survey yang diperlengkapi dengan dua jenis alat magnetometer yaitu *Fluxgate Magnetometer* dan *Proton-precession Magnetometer* karena kedua jenis alat ini tidak menimbulkan masalah jika dipasang pada kapal survey. Peralatan magnetometer tersebut harus di pasang pada *waterproof casing* dan harus diletakkan sejauh mungkin di belakang kapal survey sejauh 500-1000 ft, hal ini untuk mengurangi pengaruh magnet yang ditimbulkan oleh logam-logam dari kapal survey (Dobrin, 1960).

Jarak antara kapal dengan sensor dapat dibedakan menjadi dua yaitu untuk pemetaan (*mapping*) maka jarak kapal dengan sensor ialah 3 kali panjang kapal dan jika untuk eksplorasi maka jarak kapal dengan sensor ialah 5 kali panjang kapal. Dalam akusisi data maka kecepatan kapal sekitar 6 knots, kedalaman sensor (dari permukaan air laut) = $^{1}/_{12}$ panjang kabel. Untuk perairan dangkal kedalam sensor ≤ ½ kedalaman dasar laut, sedangkan untuk laut dalam kedalaman (≥ 50 meter) kedalaman sensor dinyatakan dengan panjang kabel yang terulur dan bergantung pada ketelitian yang ingin diukur.

Dari gambar 2.1. dapat dilihat bagaimana pola atau jalur lintasan standar kapal survey magnetik dimana berbentuk suatu pola vertikal dan horizontal dan berdasarkan pertimbangan dapat mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh adanya variasi harian.



Gambar 2.1. Pola Standar Arah Lintasan Kapal Survey Magnetik (Sharma, 1997).

II.2.1.5. Tahap Proses Data (*Data Processing*) Survey Magnetik

Setelah pelaksanaan survey akan diperoleh data-data dari lapangan berupa intensitas medan magnetik di lapangan yang direkam dalam beberapa waktu. Data yang direkam oleh magnetometer tersebut dapat berupa grafik antara intensitas magnetik (nT) dan waktu (t), data-data tersebut akan di reduksi dengan beberapa koreksi.

Koreksi-koreksi untuk data lapangan yang diambil dari survey lapangan dengan menggunakan metode magnetik tersebut adalah sebagai berikut :

1. Koreksi Temperatur

   Koreksi ini dilakukan dikarenakan adanya koefisien temperatur sekitar 8 gamma/°C, yang disebabkan oleh ekspansi temperatur atau kontraksi yang disebabkan perubahan temperatur pada momen magnetik. Dalam peralatan modern pengaruh temperatur berubah kurang lebih 1/8 besarnya.

2. Koreksi Harian

Variasi harian dari medan magnet memiliki amplitudo 100 gamma dan dihitung dengan mengambil data dari magnetometer. Dalam menggunakan kurva variasi harian untuk koreksi observasi medan membutuhkan waktu dari pembacaan pada station medan yang dicatat dengan cukup akurat. Waktu referensi dipilih pada setiap kurva dan semua nilai dikoreksi terhadap waktu.

3. Koreksi Normal

Variasi yang tidak bisa dihubungkan dengan kenampakan geologi memiliki kesamaan dalam variasi regional dengan skala luas sering dilakukan dalam survey gravity. Dalam metode magnetik hal ini membutuhkan koreksi normal, yang mana skala horizontal lebih luas dari anomali karena kenampakan geologi yang terlokasi. Koreksi ini dibuat hampir sama dengan yang digunakan dalam interpretasi gravity.

4. Koreksi Medan Magnet Normal

Koreksi ini dilakukan untuk menghitung variasi normal dari intensitas geomagnetik di lokasi dengan garis lintang dan garis longitudinal. Ditentukan berdasarkan standar internasional atau *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF 1992) yang di revisi setiap lima tahun sekali.

5. Koreksi Elevasi dan Medan

Koreksi elevasi ini hanya dilakukan jika survey magnetik dilakukan dengan menggunakan pesawat terbang, sedangkan jika dilakukan di darat

maka koreksi ini tidak dilakukan. Sedangkan koreksi medan tidak sepenting pada koreksi medan yang dilakukan pada survey dengan menggunakan metode gravitasi, sehingga koreksi medan ini dapat dipertimbangkan untuk dilakukan atau tidak pada survey magnetik.

II.2.1.6. Tahap Interpretasi Data Survey Magnetik

Dalam proses interpretasi data dimana pada tahap ini adalah tahapan terakhir untuk bisa menggunakan data hasil survey magnetik untuk mendeteksi adanya bentuk-bentuk struktur yang ada di bawah dasar laut. Menurut Sharma (1997) dalam melakukan interpretasi data survey magnetik dapat dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif, dimana dalam metode kualitatif ini dapat dibagi menjadi dua yaitu :

1. *Forward Modelling*

   Forward Modelling dapat disebut juga dengan metode tak langsung. Proses dari *Forward Modelling* ini meliputi penyesuaian *trial and errors* pada parameter model (termasuk batas-batas geologi) sampai perhitungan anomali sesuai dengan ukuran anomali yang disesuaikan dengan satu atau dua profil. Tahap-tahap pelaksanaan dari *Forward Modelling* ini adalah sebagai berikut :

   1. Buatlah taksiran yang teliti pada model sehingga sama dengan struktur geologinya.
   2. Hitung anomali magnetik dengan satu atu dua profil (g_{cal}).

3. Sesuaikan anomali yang dihitung anomali dengan anomali yang diteliti (g_{obs}).
4. Atur parameter model sehingga terjadi hubungan antara anomali yang dihitung dengan anomali yang diteliti.
5. Ulangi langkah 2 sampai 4 sehingga terjadi perbedaan (g_{obs}-g_{cal}) pada beberapa titik yang diobservasi sehingga membentuk suatu nilai atau "*close fit*".

2. *Inverse Modelling*

Inverse Modelling ini disebut juga dengan metode langsung. Metode ini digunakan untuk interpretasi data survey magnetik dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan seperti nilai susceptibility, kedalaman, bearing, inklinasi dan deklinasi. Penentuan parameter tersebut berdasarkan asumsi yang dipakai sehingga mendekati kondisi sebenarnya pada lokasi area survey

Dalam proses interpretasi data survey magnetik dengan menggunakan software MAG2DC, yang mana setelah proses perhitungan kurva observasi dengan kurva pehitungan serta memperoleh nilai error terkecil maka akan diperoleh nilai susceptibilitas. Nilai susceptibilitas yang didapatkan ini kemudian dikorelasikan dengan tabel 2.2. berikut ini.

Tabel 2.2. Harga Susceptibilitas Magnetik Batuan dan Mineral (Telford, 1990).

Type	Susceptibility x 10^3 SI	
	Range	Average
Sedimentary		
Dolomite	0 - 0.9	0.1
Limestones	0 - 0.3	0.3
Sandstones	0 - 20	0.4
Shales	0.01 - 15	0.6
Av. 48 sedimentary	0 - 18	0.9
Metamorphic		
Amphibolite		0.7
Schist	0.3 - 3	1.4
Phylite		1.5
Gneiss	0.1 - 25	
Quartzite		4
Serpentine	3 - 17	
Slate	0 - 35	6
Av. 61 Metamorphic	0 - 70	4.2
Igneous		
Granite	0 - 50	2.5
Rhyolite	0.2 - 35	
Dolorite	1 - 35	17
Augite-syenite	30 - 40	
Olivine-diabase		25
Diabase	1 - 160	55
Porphyry	0.3 - 200	60
Gabbro	1 - 90	70
Basalts	0.2 - 175	70
Diorite	0.6 - 120	85
Pyroxenite		125
Peridotite	90 - 200	150
Andesite		160
Av. Acidic Igneous	0 - 80	8
Av. Basic Igneous	0.5 - 97	25
Minerals		
Graphite		0.1
Quartz		-0.01
Rock Salt		-0.01
Anhydrite,gypsum		-0.01
Calcite	-0.001 - -0.01	
Coal		0.02
Clays		0.2
Chalcopyrite		0.4
Sphalerite		0.7
Cassiterite		0.9
Siderite	1 - 4	
Pyrite	0.05 - 5	1.5
Limonite		2.5
Arsenopyrite		3
Hematite	0.5 - 35	6.5
Chromite	3 - 110	7
Franklinite		430
Pyrrhotite	1 - 6000	1500
Ilminite	300 - 3500	1800
Magnitite	1200 - 19200	6000

II.2.2. Metode Gravitasi

II.2.2.1. Prinsip Dasar Metode Gravitasi

Teori eksplorasi dengan metode gravitasi secara langsung tergantung pada hukum Newton yang menyatakan gaya F yang saling tarik menarik antara dua partikel yang berhubungan dengan massa m yang dipisahkan. Hukum ini menyatakan bahwa dua partikel berturut-turut massanya m_1 dan m_2, masing-masing dimensinya sangat kecil bila dibandingkan dengan jarak pemisah r dari pusat massa akan ditarik satu sama lain dengan sebuah gaya sebagai berikut:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (2.5)$$

Salah satu massa dapat bertindak sebagai massa penarik (*attracting mass*), misalnya m_1, sedang yang lainnya sebagai massa yang ditarik (*attracted mass*). Dalam hal ini massa bumi dapat dianggap sebagai m_1. Percepatan g dari suatu massa m_2 akibat gaya tarik m_1 dapat diperoleh dengan mudah melalui pembagian gaya tarik menarik F dengan massa m_2 (jika gaya merupakan massa dikalikan percepatan), sehingga :

$$a = \frac{F}{m_2} = \gamma \frac{m_1}{r^2} \qquad (2.6)$$

Percepatan gaya berat tersebut menyatakan besar medan gayaberat bumi yang bekerja pada satu titik dipermukaan. Dari persamaan matematis diatas, besarnya medan ini tergantung pada posisinya (jarak) terhadap suatu pusat acuan tertentu, sehingga sering diformulasikan dalam konsep potensial.

Jika intensitas sebuah medan gravitasi hanya tergantung pada posisi, perhitungan sering dapat dipermudah dengan menggunakan konsep potensial. Potensial sebuah titik pada medan gaya berat didefinisikan sebagai energi yang diperlukan untuk menggerakkan satu satuan massa dari titik acuan yang berubah-ubah (biasanya pada jarak yang tidak terbatas) menuju titik yang dicari potensialnya. Bila unit massa diambil dari jumlah yang tak terbatas, hal ini menunjukkan bahwa energi perlu menggerakkan unit massa tersebut ke posisi akhir sebuah jarak r dari pusat massa yang bekerja m, yaitu $\gamma\ m_1/r$. Potensial berhubungan dengan massa dan jarak r.

II.2.2.2. Anomali Gaya Berat Di Bumi

Anomali gaya berat adalah perbedaan antara gaya berat pengamatan (*observed gravity*) yang telah disusutkan ke bidang geoid dengan gaya berat teoritis. Untuk melakukan penyusutan gaya berat pengamatan ke bidang geoid diperlukan beberapa reduksi seperti reduksi Bouguer, reduksi udara bebas (*free air*) serta reduksi medan.

Sedangkan gaya berat teoritis adalah gaya berat pada permukaan bumi yang dianggap berbentuk ellipsoid, dengan penyebaran rapat massa yang homogen, sehingga nilai gaya berat tersebut akan mempunyai nilai teratur serta bergantung kepada nilai lintang geodetis. Menurut Tsuboi C. (1983) secara umum gaya berat normal dinyatakan sebagai berikut :

$$\gamma = \gamma_0 (1+\beta_1 \sin^2 \varphi + \beta_2 \sin^2 \varphi) \quad \text{.....(2.7)}$$

dimana

γ = gaya berat normal di titik ukur gaya berat

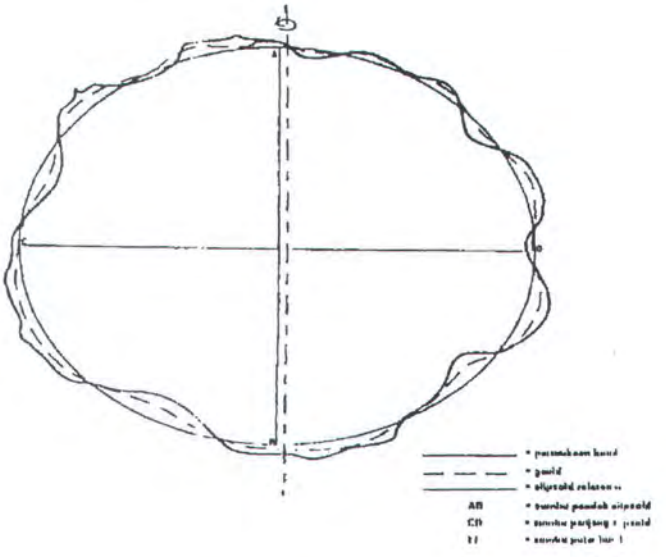
γ_0 = gaya berat normal di ekuator

β_1 = konstanta untuk menghitung γ

β_2 = konstanta untuk menghitung γ

φ = lintang titik ukur gaya berat.

Dengan syarat β_1 dan β_2 bergantung pada jenis elipsoid referensi yang digunakan sebagai acuan pemetaan topografi.



Gambar 2.2. Hubungan Geometris antara Bumi, Geoid dan Ellips Referensi (Subagio, 2000).

Menurut Subagio (2000) penentuan harga gravitasi normal di Indonesia menggunakan 3 sistem referensi dengan standar internasional, 3 referensi tersebut adalah IGRS 1967, IGRS 1980 dan WGS 1984.

Berdasarkan persamaan 2.7 maka besaran parameter masing-masing referensi atau standar internasional adalah sebagai berikut.

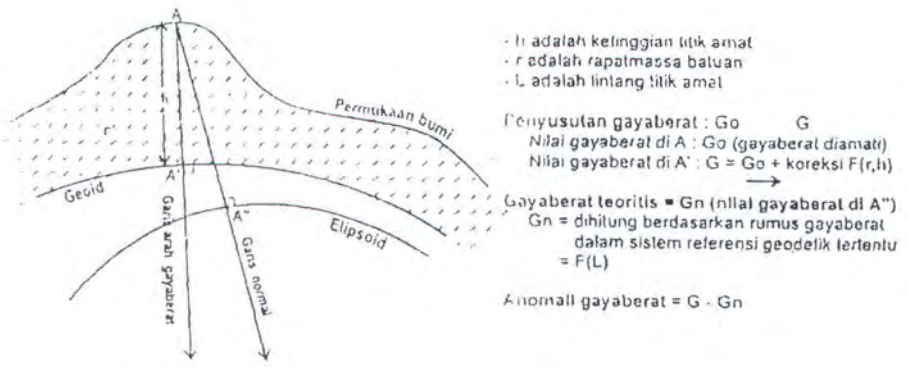
Tabel 2.3. Besaran Parameter Ellipsoidal Referensi (Kahar J., 1997).

Parameter	IGRS 1967	IGRS 1980	WGS 1984
a (m)	6.378.160	6.378.137	6.378.137
b (m)	6.356.774, 5161	6.356.752,3141	6.356.752,3141
1/f	298,247167427	298,257222101	298,257222101
γ_e	9,7803184558	9,7803267715	9,7803267715
γ_p	9,8321772792	9,8321863685	9,8321863685
φ	$7{,}292115147 \times 10^{-5}$	$7{,}2921150 \times 10^{-5}$	$7{,}2921150 \times 10^{-5}$
β_1	0,0053014	0,0053024	0,0053024
β_2	-0,0000059	-0,0000058	-0,0000059

Dari besaran parameter ellipsoidal maka harga gaya berat normal atau standar *International Geodetic Reference Systems* (IGRS 1967) dapat dinyatakan sebagai :

$$G_n = 978031.85\left(1 + 0.0053024\sin^2\theta - 0.0000059\sin^2 2\theta\right) \quad \text{.....(2.8)}$$

Pada pengukuran gaya berat di suatu titik amat, akan di hitung harga gaya berat standar, harga gaya berat pengukuran dan harga gaya berat reduksi. Ketiga harga gaya berat ini biasanya tidak menunjukkan hasil yang sama, ini disebabkan adanya pengaruh massa anomali yang terdapat di bawah titik amat terhadap harga gaya berat pengamatan.



Gambar 2.3. Penyusutan Data Gaya Barat dan Anomali Gaya Berat (PPGL, 2000).

Perbedaan antara harga gaya berat standar dan harga gaya berat pengukuran ini disebut anomali gaya berat. Anomali Gaya berat untuk dapat dibedakan menjadi :

Δg = g terukur - γ = anomali gaya berat

$\Delta g_o = g_o - g$ = anomali udara bebas

$\Delta g_o'' = g_o'' - g$ = anomali Bouguer

Selain itu anomali udara bebas (*free air*) memberikan informasi tentang medan gaya berat aktual sepanjang permukaan bumi dan besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta g_{ub} = (g_{obs} + g_{ub}) - g_0 \quad \text{.....(2.9)}$$

Sedangkan anomali Bouguer menggambarkan informasi massa yang tersembunyi di bawah permukaan bumi dan besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$BA = G_{obs} - G_0 - BC + TC + Tide\ C + Drift\ C \quad \text{.....(2.10)}$$

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

II.2.2.3. Kalibrasi Gravitymeter

Pada peralatan survey gravitasi yaitu gravitymeter, sebelum digunakan untuk pelaksanaan survey baik yang berada di darat maupun di laut harus melalui tahap kalibrasi peralatan. Kalibrasi peralatan ini bertujuan untuk mengetahui harga *Correction Calibration Factor* (CCF) atau memperoleh data pembacaan yang teliti terhadap titik referensi atau titik acuan, sehingga semua harga pembacaan adalah harga yang relatif terhadap titik referensi gaya berat yang sudah diketahui nilainya.

Hasil dari kalibrasi peralatan gravitymeter ini akan memperlihatkan keadaan atau kondisi peralatan, kualitas serta kelayakan dari gravitymeter tersebut. Harga faktor koreksi kalibrasi (CCF) atau K hasil kalibrasi gravitymeter dapat ditentukan dengan menggunakan rumus (Agus S., 2000) :

$$K = g1\text{-}g2/r1\text{-}r2 \quad \text{.....(2.11)}$$

atau

$$K = r1\text{-}r2/g1\text{-}g2 \quad \text{.....(2.12)}$$

dimana g1 : harga gaya berat absolut titik awal

g2 : harga gaya berat absolut titik berikutnya

r1 : harga gaya berat hasil pengamatan (kalibrasi) dari titik acuan awal setelah dikoreksi pasang surut dan koreksi apungan.

r2 : harga gaya berat hasil pengamatan (kalibrasi) dari titik berikutnya setelah dikoreksi pasang surut dan koreksi apungan.

II.2.2.4. Tahap Akuisisi Data (*Data Acquisition*) Survey Gravitasi.

Dalam kegiatan survey dengan menggunakan metode gravitasi maka dilakukan kegiatan pendahuluan sebelum dilakukan pengambilan data lapangan di daerah yang akan di survey, kegiatan tersebut antara lain :

1. Kalibrasi Peralatan, dimana bertujuan untuk mengetahui harga *Correction Calibration Factor* (CCF).
2. Penentuan Posisi kapal atau koordianat titik amat dengan menggunakan GPS Garmin Survey 100 dan GPS Navpro 5000 dengan ketelitian sekitar 25 m. Koordinat geografis titik amat digunakan untuk pengeplotan pada peta juga untuk mendapatkan harga koreksi lintang untuk digunakan dalam koreksi harga gravitasi titik amat tersebut.

Setelah kegiatan pendahuluan selesai maka dapat dilakukan pengambilan data dengan menggunakan gravitymeter laut atau *Under Water Gravitymeter* untuk daerah survey di laut atau di dasar laut dan *Ground Gravitymeter LaCoste & Romberg* untuk daerah survey di darat. Prosedur survey di suatu titik adalah sebagai berikut :

Alat atau sensor (sphere) diturunkan ke dasar laut sambil memperhatikan perubahan kedalaman laut pada layar monitor dan sambil mengatur gulungan kabel; sensor yang panjang (dilebihkan sekitar 10 m) agar tidak menjadi sulit dalam penarikan atau penaikan alat sensor kembali keatas kapal. Posisi titik yang telah diperoleh atau ditentukan oleh petugas navigasi (surveyor) diberikan kepada operator Gravimeter untuk dimasukkan dalam file data input. Kemudian sensor dibuka (unclamped) sehingga gimbal secara otomatis me-level sendiri. Setelah alat pada posisi

datar (level) atau kemiringan kecil, pengambilan data gravitasi dapat dilakukan setelah profil atau grafik pembacaan gravitasi datar atau lurus atau cukup baik pada layar monitor (tidak berfluktuasi secara tajam). Lamanya waktu pembacaan tergantung pada waktu yang dibutuhkan sensor di dasar laut untuk menjadi level, sangat dipengaruhi oleh kondisi arus bawah laut pada saat pembacaan. Setelah pembacaan selesai maka sensor harus dikunci kembali dan alat diangkat ke atas permukaan air laut. Data mentah hasil percobaan ini berisi data nomor titik pengamatan, tanggal dan waktu pembacaan awal dan akhir, lintang dan bujur titik amat bacaan, kedalaman dalam meter, gravitasi dalam skal dan dalam miligal, gravitasi terkoreksi, koreksi lintang, harga gravitasi setelah koreksi lintang dan harga-harga parameter elektronik lainnya seperti cheat dalam mgls, RMS error yang berlaku pada saat pangambilan data di titik amat tersebut (Hutagaol J.P, 1996).

Pengamatan gravitasi di laut dimana menggunakan kapal survey menggunakan sistem *Loop* untuk menentukan jalur lintasan survey. Sistem *Loop* ini ialah melakukan survey diawali dari suatu titik dan diakhiri di titik awal survey dan dengan interval lintasan yang kurang lebih sama.

Untuk melengkapi data-data yang diperoleh dari survey dengan menggunakan metode gravitasi maka dilakukan kegiatan untuk melengkapi hasil survey, kegiatan tersebut antara lain :

1. Penentuan kedalaman
2. Penentuan ketinggian titik amat gravitasi baik yang ada di darat maupun di laut.

3. Pengambilan contoh bantuan dengan menggunakan palu geologi di atau dekat lokasi titik amat gravitasi di daerah-daerah yang dianggap mewakili jenis litologi batuan yang berbeda. Contoh batuan ini berguna untuk menentukan rapat massa (*density*) batuan daerah penyelidikan.

II.2.2.5. Tahap Proses Data (*Data Processing*) Survey Gravitasi.

Setelah dilakukan survey dengan metode gravitasi maka diperoleh data-data mentah (*raw data*) baik dari survey di darat maupun dengan di laut, yang kemudian diproses sesuai dengan urutan sebagai berikut :

Data Survey Sekunder

1. Data hasil kalibrasi, koreksi ini dilakukan untuk memperoleh nilai skala Kalibrasi (K). Berdasarkan data pembacaan alat yang dikalibrasi dengan menggunakan titik tetap dengan harga gravitasi yang diketahui, perhitungan dengan menggunakan rumus persamaan (Komite Gaya Berat Nasional, 1992) sebagai berikut :

$$K = \frac{G1 - G2}{R1 - R2} \quad \text{.....(2.13)}$$

2. Penentuan posisi, pengolahan data posisi titik amat gravitasi dilakukan dengan mengubah data mentah dari satuan derajat, menit, detik ke dalam satuan derajat. Data posisi lintang dan bujur titik amat digunakan untuk pengeplotan titik amat pada peta hasil penyelidikan, sedangkan data posisi lintang dan bujur titik amat digunakan untuk pengeplotan titik amat pada peta hasil penyelidikan, sedangkan data posisi lintang titik

digunakan dalam proses pengolahan data gravitasi untuk perhitungan koreksi lintang dan harga gravitasi normal atau gravitasi teoritis.

3. Kedalaman dan ketinggian, pengolahan data kedalaman dilakukan dengan mengoreksi data mentah dengan koreksi *transducer* dari alat *echosounder*. Koreksi ini dilakukan dengan menambahkan harga kedalaman *transducer* di bawah permukaan air laut terhadap data bacaan pada alat pemeruman. Rumus matematis perhitungan kedalaman diekspresikan sebagai :

$$d = dR + kT + kP \quad \text{.....(2.14)}$$

Data Survey Primer

1. Koreksi Apungan (*Drift*)

   Koreksi ini dilakukan karena adanya perubahan alat terhadap waktu, kelemahan daya pegas alat dan goncangan selama pengukuran dilaksanakan sehingga terjadi peyimpangan harga pembacaan pada suatu tempat yang sama pada selang waktu yang berbeda.

$$\text{Drift C} = \frac{\text{RA2} - \text{RA1}}{\text{TA2} - \text{TA1}} (\text{TB} - \text{TA1}) \quad \text{.....(2.15)}$$

2. Koreksi Pasang Surut

   Koreksi ini dilakukan karena adanya pengaruh posisi matahari, bumi dan bulan.

$$Tide\ C = P + N\cos\theta(\cos\theta + \sin\theta) + S(\cos\theta - \sin\theta) \quad \text{.....(2.16)}$$

3. Koreksi Bouguer

Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh gaya tarik massa batuan yang berada di bawah stasiun pengamatan, karena selain pengaruh penarikan massa bumi di bawah geoid dimana massa diantara geoid dan titik pengamatan akan memberikan pengaruh terhadap nilai percepatan gaya berat yang terukur. Karena adanya gaya tarik massa yang berlebihan, maka harus direduksi terhadap nilai-nilai yang diamati.

$$g_B = 2\,\pi G\,\rho\,h = 0{,}0419\,\rho\,h \quad \text{.....(2.17)}$$

4. Koreksi Medan (*Terrain*)

Koreksi ini dilakukan untuk kompensasi terhadap variasi topografi pada setiap stasiun pengukuran. Koreksi ini selalu ditambah baik pengukuran yang dilakukan di pegunungan maupun di lembah.

$$C_T = G\rho(\theta_2 - \theta_1)\left\{(r_1^2 + \Delta h^2)^{1/2} - (r_2^2 + \Delta h^2)^{1/2} + (r_2 - r_1)\right\} \quad \text{.....(2.18)}$$

5. Koreksi Udara Bebas (*Free Air*)

Koreksi ini membahas mengenai elevasi bukan karena pengaruh massa atau lainnya yang berada di sekitar titik pengamatan. Koreksi ini dilakukan karena perbedaan tiap-tiap stasiun pengukuran dengan datum dan hanya memperhitungkan beda ketinggian. Aturan koreksi ini ialah, bila stasiun di atas permukaan laut maka koreksi ditambah sedangkan bila stasiun di bawah permukaan laut koreksi dikurangi.

$$FAC = -0{,}068\,d \quad \text{.....(2.19)}$$

Untuk wilayah darat menggunakan rumus :

$$FAC = 0{,}3086\,h \quad \text{.....(2.20)}$$

6. Koreksi Lintang (*Latitude*)

Koreksi ini dilakukan karena adanya pengaruh perbedaan lintang titik pengamatan. Perhitungan gravitasi normal pada suatu titik di permukaan bumi didasarkan atas adanya bentuk bumi yang *flattening* atau memipih ke arah lutub dimana dengan perubahan posisi atau lintang harga gravitasi semakin membesar ke arah kutub (Hutagaol J.P., 1996).

$$LC = 0{,}811 \sin 2\lambda \quad \text{.....(2.21)}$$

7. Koreksi Eotvos

Koreksi ini dilakukan karena adanya faktor kecepatan kapal selama pengukuran dilaksanakan, disamping itu gaya setripetal dan goncangan pada alat akan mempengaruhi pengukuran.

$$E = 7{,}503\ V \cos\theta \sin\alpha + 0.004154\ V^2 \quad \text{.....(2.22)}$$

8. Koreksi Isostasi

Reduksi isostatik ini disebabkan oleh massa topografi yang berlebih atau berkurang, secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$g_i = -g_{iT} + g_{iC} \quad \text{.....(2.23)}$$

Dari data hasil survey di lapangan yang telah di koreksi maka kemudian dapat ditentukan nilai anomali gravitasinya. Nilai gravitasi ini dapat dibedakan menjadi 2 yaitu anomali udara bebas (*free Air*) dan anomali Bouguer.

Anomali Udara Bebas (*Free Air*)

Besarnya anomali udara bebas dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Untuk pengamatan gravitasi di daerah laut :

$$FAA = Go - Gn + 0.068\ d \text{ (dalam miligal)} \quad (2.24)$$

dimana d adalah kedalaman laut di titik amat (feet).

- Untuk pengamatan gravitasi di daerah darat :

$$FAA = Go - Gn + 0.3086\ h \quad (2.25)$$

dimana h adalah ketinggian (elevasi) topografi titik amat (meter).

Menurut Silitonga F. (2000) untuk penyelidikan di laut harga reduksi udara bebas tidak perlu digunakan (kecuali jika terdapat pasang surut yang amat tinggi) karena dalam anomali udara bebas bukan mengasumsikan masalah massa, selain itu pengkuran yang dilakukan di permukaan laut telah menghasilkan nilai-nilai percepatan gaya berat geoid. Tetapi koreksi-koreksi yang lain seperti koreksi eotvos, koreksi apungan, koreksi lintang dan lain-lain, sangat berguna jika ingin mendapatkan nilai anomali udara bebas yang sebenarnya.

Pada variasi anomali gravitasi udara bebas (*free air*) menunjukkan korelasi yang tegas dengan topografi dasar laut. Korelasi dengan topografi ini harus dihilangkan karena pengaruh topografi ini akan mengurangi anomali secara cepat dengan pertambahan jarak, dan massa yang ada di bawah titik pengukuran.

Anomali Bouguer

Pada anomali udara bebas (*free air*) terdapat korelasi dengan topografi dasar laut sehingga dapat mengurangi anomali secara cepat dengan pertambahan jarak, dan massa yang ada di bawah titik pengukuran. Untuk itu pada anomali Bouguer ini dapat dihitung dengan memasukkan harga koreksi medan (*terrain*), sehingga didapatkan nilai anomali gravitasi yang tidak mempunyai korelasi dengan topografi dasar laut.

Perhitungan anomali Bouguer untuk daerah laut, melibatkan hipotesa penambahan massa batuan ke dalam massa air, sehingga anomali yang didapat merupakan anomali sebenarnya tanpa adanya pengaruh massa persatuan luas permukaan bumi. Nilai anomali ini selalu positif di daerah laut (laut dalam) hal ini karena adanya asumsi penambahan massa, dan untuk di daerah darat mempunyai nilai negatif yang disebabkan karena adanya asumsi pengurangan massa tadi (Silitonga F., 2000).

Anomali Bouguer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Untuk pengukuran di permukaan air laut (di kapal)

$$BA = G_{obs} - G_0 + d[0{,}04191(\rho r - \rho s)] + t(0{,}3086 - 0{,}04191\rho r)]mgal \quad (2.26)$$

- Untuk pengukuran di dasar laut,

$$BA = G_{obs} - G_0 + d[0{,}04191(\rho r + \rho s) - 0{,}3086] + t(0{,}3086 - 0{,}04191\rho r)]mgal \quad (2.27)$$

II.2.2.6. Tahap Interpretasi Data Survey Gravitasi.

Hasil pengukuran data atau akusisi data yang sudah diproses dengan dilakukan beberapa koreksi sesuai dengan kondisi sewaktu survey di lokasi pengamatan menghasilkan nilai yang terkorelasi terhadap keadaan struktur geologi di bawah permukaan.

Tahapan berikut setelah proses akusisi data kemudian dilanjutkan proses koreksi data yang kemudian diakhiri dengan proses interpretasi data. Dimana pada survey dengan metode gravitasi, proses interpretasi ini menggunakan Metode Kualitatif. Menurut Lubis S., (2000) metode kualitatif ini dapat dibagi menjadi menjadi :

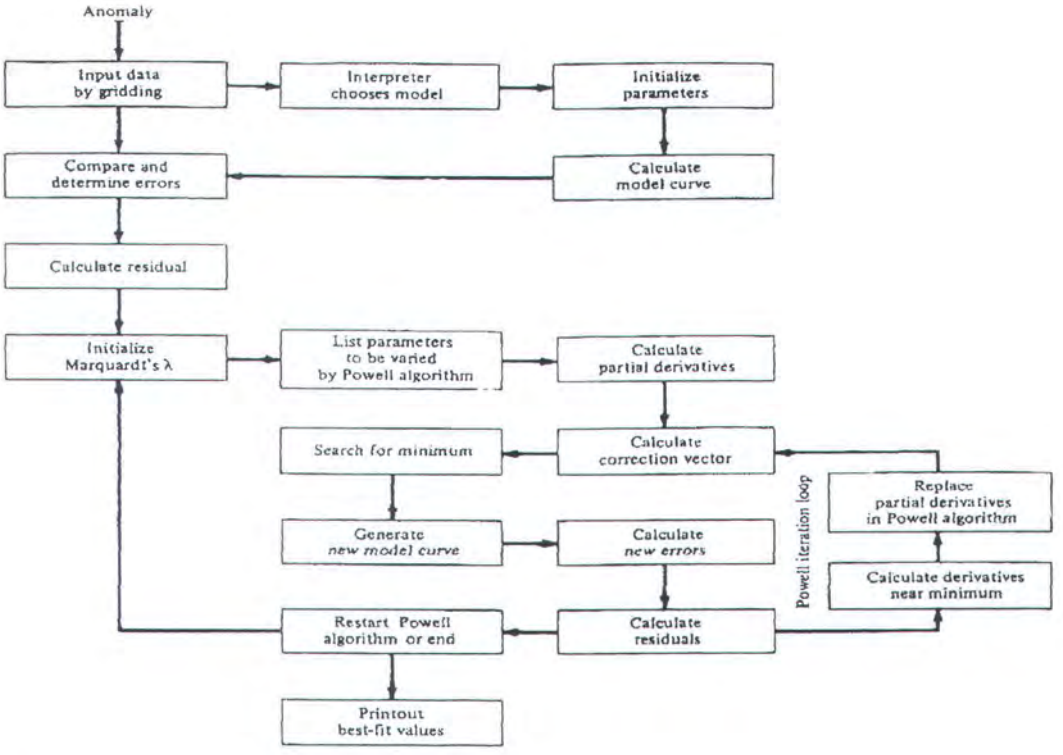
1. Metode Interpretasi Langsung atau *Inverse Modelling*

   Dalam metode ini harus ditetapkan suatu asumsi tertentu untuk melakukan pendugaan langsung beberapa parameter data pengamatan gaya berat. Asumsi model dinyatakan sebagai batasan-batasan yang dimasukkan dalam metode ini seperti salah satu teknik inversi sederhana yaitu dengan menganggap bahwa jika densitas benda (ρ) dikalikan

dengan suatu konstanta C, maka anomali gaya berat yang diakibatkan benda tersebut di setiap titik juga bertambah dengan faktor C yang sama jika bentuk benda tetap (Savit, 1988).

2. Metode Interpretasi Langsung atau *Forward Modelling*

   Dalam Metode Interpretasi Langsung atau *Forward Modelling* ini parameter benda anomali didapatkan dengan cara memasukkan harga parameter secara *trials and errors* sehingga diperoleh anomali gaya berat perhitungan yang sesuai dengan anomali gaya berat pengamatan.



Gambar 2.4. Diagram Alir Proses Interpretasi Anomali Gaya Berat (Sharma,1997)

Dalam proses interpretasi data survey gravitasi dengan menggunakan software GRAV2DC, yang mana setelah proses perhitungan kurva observasi dengan kurva pehitungan serta memperoleh nilai error terkecil maka akan diperoleh nilai densitas. Nilai densitas yang didapatkan ini kemudian dikorelasikan dengan tabel 2.3. berikut ini.

Tabel 2.4. Harga Densitas Pada Batuan dan Mineral (Telford, 1990)

Rock Type	Range (g/cm^3)	Average (g/cm^3)	Mineral	Range (g/cm^3)	Average (g/cm^3)
Sediment (wet)			Hematite	4.9 - 5.3	5.18
Overburden		1.92	Cuprite	5.7 - 6.15	5.92
Soil	1.2 - 2.4	1.92	Cassiterite	6.8 - 7.1	6.92
Clay	1.63 - 2.6	2.21	Wolframite	7.1 - 7.5	7.32
Gravel	1.7 - 2.4	2.0	Sulfides, arsenides		
Sand	1.7 - 2.3	2.0	Sphalerite	3.5 - 4.0	3.75
Sandstone	1.61 - 2.76	2.35	Malachite	3.9 - 4.03	4.0
Shale	1.77 - 3.2	2.4	Chalcopyrite	4.1 - 4.3	4.2
Limestone	1.93 - 2.9	2.55	Stannite	4.3 - 4.52	4.4
Dolomite	2.28 - 2.9	2.70	Stibnite	4.5 - 4.6	4.6
Sedimetary Rock (Av)		2.50	Pyrrhotite	4.5 - 4.8	4.65
Igneous Rock			Molybdenite	4.4 - 4.8	4.7
Rhyolite	2.35 - 2.7	2.52	Marcasite	4.7 - 4.9	4.85
Andesite	2.4 - 2.8	2.61	Pyrite	4.9 - 5.2	5.0
Granite	2.5 - 2.81	2.64	Bornite	4.9 - 5.4	5.1
Granodiorite	2.67 - 2.79	2.73	Chalcocite	5.5 - 5.8	5.65
Phorphyry	2.6 - 2.89	2.74	Cobalttite	5.8 - 6.3	6.1
Quartz diorite	2.62 - 2.96	2.79	Arsenophyrite	5.9 - 6.2	6.1
Diorite	2.72 - 2.99	2.85	Bismuththinite	6.5 - 6.7	6.57
Lavas	2.8 - 3.00	2.90	Galena	7.4 - 7.6	7.5
Diabase	2.5 - 3.20	2.91	Cinnabar	8.0 - 8.2	8.1
Basalt	2.70 - 3.30	2.99	*Nonmetallic mineral*		
Gabbro	2.70 - 3.50	3.03	Petroleum	0.6 - 0.9	-
Peridotite	2.78 - 3.37	3.15	Ice	0.88 - 0.92	-
Acid igneous	2.30 - 3.11	2.61	Sea water	1.01 - 1.05	-
Basic igneous	2.09 - 3.17	2.79	Lignite	1.1 - 1.25	1.19
Metamorphic Rock			Soft coal	1.2 - 1.5	1.32
Quarzite	2.5 - 2.70	2.60	Antracite	1.34 - 1.8	1.50
Schists	2.39 - 2.9	2.64	Chalk	1.53 - 2.6	2.01
Graywacke	2.6 - 2.7	2.65	Graphite	1.9 - 2.3	2.15
Marble	2.6 - 2.9	2.75	Rock Salt	2.1 - 2.6	2.22
Serpentine	2.4 - 3.10	2.78	Gypsum	2.2 - 2.6	2.35
Slate	2.7 - 2.9	2.79	Kaolinite	2.2 - 2.63	2.53
Gneiss	2.59 - 3.0	2.80	Orthoclase	2.5 - 2.6	-
Amphibolite	2.90 - 3.04	2.96	Quartz	2.5 - 2.7	2.65
Eclogite	3.2 - 3.54	3.37	Calcite	2.6 - 2.7	-
Metamophic	2.4 - 3.1	2.74	Anhydrite	2.29 - 3.0	2.93
Metallic minerals			Biotite	2.7 - 3.2	2.92
Oxides, carbonates	2.3 - 2.55		Magneside	2.9 - 3.12	3.03
Bauxite	3.5 - 4.0	2.45	Fluorite	3.01 - 3.25	3.14
Limonite	3.7 - 3.9	3.78	Barite	4.3 - 4.7	4.47
Siderite	4.18 - 4.3	3.83			
Rutile	4.2 - 4.4	4.25			
Maganite	4.3 - 4.6	4.32			
Chromite	4.3 - 5.0	4.36			
Ilmenite	4.7 - 5.0	4.67			
Pyrolusite	4.9 - 5.2	4.82			
Magnetite	5.0 - 5.22	5.12			
Franklinite	4.9 - 5.3	5.12			

II.2.3. Volume dari Peta Kontur

Volume yang didapatkan dari peta kontur ini merupakan volume dari batuan atau yang lebih dikenal dengan volume bulk batuan (Vb). Penentuan volume bulk batuan ini dapat dilakukan dengan cara analitis. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan volume batuan dengan membuat peta kontur bawah permukaan atau peta isopach. Dimana peta kontur bawah permukaan merupakan peta yang menggambarkan garis-garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman yang sama pada tiap puncak formasi, sedangkan peta isopach merupakan peta yang menggambarkan garis-garis yang menghubungkan titik-titik dengan ketebalan yang sama dari formasi produktif. Setelah peta kontur dibuat, maka luas daerah setiap garis kontur dapat dihitung dengan menggunakan planimeter atau diplot pada kertas millimeter. Maka perhitungan volume bulk dapat dilakukan dengan menggunakan metode Pyramidal, Trapezoidal, dan metode Simson *(Gas Technology Course)*. Metode-metode tersebut adalah :

1. Metode Pyramidal

   Metode ini digunakan apabila perbandingan antara luas garis isopach yang berurutan ≤ 0.5, yang secara matematis ditulis :

$$\frac{A_i}{A_{i-1}} \leq 0.5$$

$$Vbi = \frac{h}{3}\left[A_i + A_{i-1} + \sqrt{A_i A_{i-1}}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.28)$$

$$Vb = \sum_{i=1}^{n} (Vbi) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.29)$$

2. Metode Trapezoidal

Metode ini digunakan apabila perbandingan antara luas garis isopach yang berurutan > 0.5, yang secara matematis dituliskan :

$$\frac{A_i}{A_{i-1}} > 0.5A$$

$$Vb = \frac{h}{2}[A_0 + 2A_1 + 2A_2 + ... + 2A_{i-1} + A_i] + h_i A_i \quad \text{.....(2.30)}$$

3. Metode Simson

Metode ini digunakan jika interval kontur dan isopach tidak sama (tidak teratur) dan hasilnya akan lebih telilti dibandingkan dengan metode trapezoidal. Secara matematis dituliskan :

$$Vb = \frac{h}{3}[A_0 + 4A_1 + 2A_2 + 4A_3 + ... + 2A_{-2} + 4A_{-1} + A] \quad \text{.....(2.31)}$$

BAB III

METODOLOGI

BAB III

METODOLOGI

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, tahapan-tahapan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Dalam studi literatur ini untuk mengetahui dan mempelajari teori-teori dasar survey magnetik dan gravitasi, metode pelaksanaan survey magnetik dan gravitasi, tingkat akurasi dan tingkat resolusi dari survey magnetik dan survey gravitasi meliputi tahap akuisisi (*acquisition*) data, proses data (*data processing*), interpretasi data. Dalam studi literatur ini diperoleh sumber dari berbagai buku dan jurnal serta data dari internet.

2. Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data ini dapat dibedakan menjadi beberapa data yang terdiri atas :

1. Data geologi di Perairan Cirebon, Jawa Barat yang termasuk *Sunda Basinal Area Cross Section* oleh Todd dan Pulunggono tahun 1971.
2. Peta Cekungan Seluruh Indonesia dari PERTAMINA, yang berguna untuk menentukan area cekungan.

3. Peta Sumber daya Mineral Dan Energi Lepas Pantai Indonesia (*Mineral And Energy Resources Map Of Indonesian Offshore*) dengan satuan skala 1:5.000.000 oleh H.M.S. Hartono tahun 1988.
4. Peta Anomali Bouger (*Bouger Anomaly Map*) Indonesia untuk Gravitasi dengan satuan skala 1:5.000.000 oleh I. Sobari, A.Susilo, Subagio dan E. Mirnanda tahun 1993. Dari peta ini diambil data anomali gravitasi untuk lokasi Perairan Utara Cirebon, Jawa Barat dengan letak deklinasi antara 106^0 LS - $111{,}2^0$ LS dan inklinasi antara 3^0 5` BT - 8^0 BT.
5. Peta Anomali Magnetik Total Perairan Utara Cirebon Lembar 1311 (Laut Jawa) atau *Total Anomaly Magnetic Of Sheet 1311 (Jawa Sea) Waters* dengan satuan skala 1: 250.000 oleh U. Kamiludin, A.Wahib dan F.Djazuli tahun 1994. Dari peta ini diambil data anomali magnetik dengan letak deklinasi antara 108^0 30` LS - $108^0$ 50' LS dan inklinasi antara $4^0$ 40` BT - 4^0 50` BT.
6. Peta Sedimen Permukaan Dasar Laut Wilayah Laut Indonesia (*Surficial Sediment Map Of The Indonesian Seas*) dengan satuan skala 1:5.000.000 *compiled* oleh Memed Masria tahun 1991. Dari peta ini diambil data peta sedimen permukaan dasar laut di Perairan Utara Cirebon Jawa Barat. Data ini berguna untuk memperoleh informasi data sedimen permukaan dasar laut di Perairan Cirebon Jawa Barat dan sebagai data pendukung hasil interpretasi data survey magnetik dan survey gravitasi.

3. Penentuan dan Penyesuaian Skala Peta

Dari beberapa peta yang dijadikan sebagai data, dimana peta tersebut memiliki skala peta yang berbeda-beda. Sehingga untuk mengetahui ketepatan masing-masing informasi yang didapatkan dari peta tersebut maka dibuatlah suatu peta yang terdiri dari beberapa peta dengan skala yang berbeda menjadi satu peta dengan skala yang sama. Penentuan skala tersebut menggunakan skala 1: 5.000.000 dan dengan bantuan software AutoCAD 2000.

4. Implementasi Peta Anomali Magnetik Dan Peta anomali Gravitasi Pada Software MAG2DC dan GRAV2DC.

Setelah masing-masing peta disamakan skalanya maka untuk Peta Anomali Magnetik yang sudah ditentukan lokasi pengambilan anomali magnetiknya dengan letak deklinasi antara 108^0 30' LS - 108^0 50' LS dan inklinasi antara 4^0 30' BT - 4^0 50' BT. Dari anomali magnetik tersebut ditarik sebuah garis memotong anomali magnetik sebanyak kurang lebih 8 garis potong sehingga diperoleh nilai koordinat titik potong garis dengan anomali magnetik dan harga intensitas magnetiknya.

Demikian juga dengan anomali gravitasi yang telah ditentukan dengan letak deklinasi antara 106^0 LS - $111{,}2^0$ LS dan inklinasi antara 106^0 BT-111^0 BT. Dari anomali gravitasi tersebut dapat ditarik sebuah garis memotong anomali gravitasi sebanyak kurang lebih 8 garis potong sehingga diperoleh

nilai koordinat titik potong garis dengan anomali gravitasi dan harga intensitas gravitasinya. Data yang diperoleh tersebut sebanyak garis yang ditarik untuk memotong anomali gravitasi tersebut.

5. Pemodelan Data Dengan Software MAG2DC dan GRAV2DC

Setelah data dari implementasi peta anomali magnetik dan peta anomali gravitasi maka untuk menganalisa data tersebut menggunakan software MAG2DC untuk anomali magnetik dan software GRAV2DC untuk anomali gravitasi. Proses analisa data dengan mengunakan software Mag2DC dan Grav2DC adalah sebagai berikut :

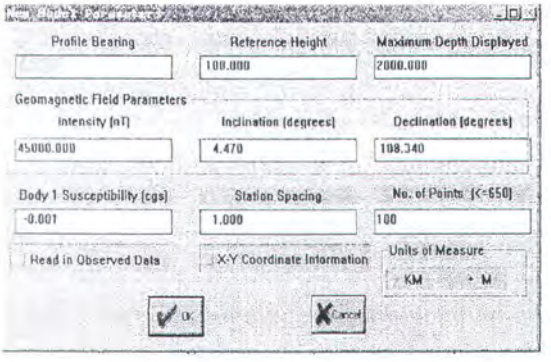
MAG2DC

Dari garis yang ditarik pada anomali magnetik akan diperoleh data yang kemudian data tersebut dimasukkan ke software MAG2DC dengan proses sebagai berikut :

1. Membuat sebagai *new model*, kemudian memasukkan beberapa parameter antara lain :
   - *Profile Bearing* yaitu sudut kemiringan garis tarik pertama terhadap sumbu tegak lurus atau sumbu Y.
   - *Reference Height* yaitu ketinggian titik referensi dari data magnetik.
   - *Maximum Depth Displayed* yaitu nilai kedalaman dari peta geologi di lokasi survey dimana dibuat sama pada setiap *line*.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

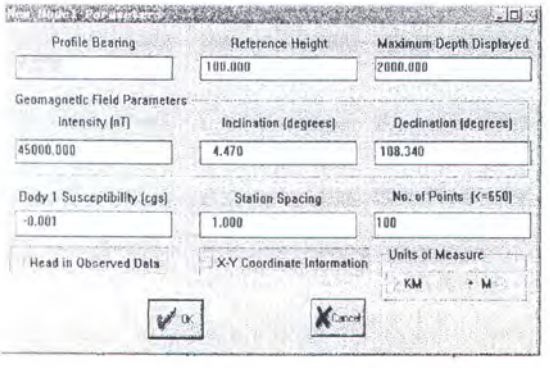
- *Geomagnetic Field Parameter Intensity (nT)* yaitu total anomaly magnetic global di lokasi survey.
- *Inclination degrees* yaitu sudut antara arah garis magnetik dengan bidang horizontal (sumbu Y) dimana diambil berdasarkan lokasi peta.
- *Declination degrees* yaitu sudut antara utara geografis dengan utara magnetik (sumbu X) dimana diambil berdasarkan lokasi peta.
- *Body 1 Susceptibility (cgs)* yaitu ukuran derajat dari suatu benda yang termagnetisasi.
- *Station spacing* yaitu jarak antara stasiun pengamatan pada anomali magnetik.
- *Number of points* yaitu jumlah titik pengamatan pada anomali magnetik.



Gambar 3.1. Display Awal Memasukkan Data pada MAG2DC

2. Memilih option *Read In Observed Data* sehingga muncul grafik dari data masukkan. Dan di bagian bawah grafik tersebut dibuat sebuah body yang menunjukkan irisan bentuk cekungan. Dari body ini

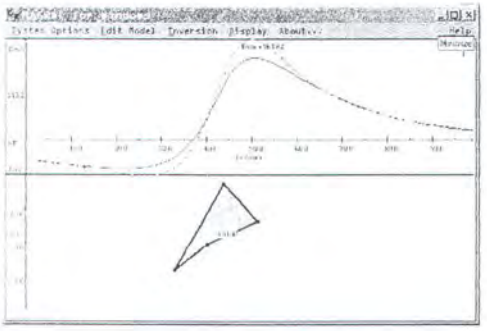
- *Geomagnetic Field Parameter Intensity (nT)* yaitu total anomaly magnetic global di lokasi survey.
- *Inclination degrees* yaitu sudut antara arah garis magnetik dengan bidang horizontal (sumbu Y) dimana diambil berdasarkan lokasi peta.
- *Declination degrees* yaitu sudut antara utara geografis dengan utara magnetik (sumbu X) dimana diambil berdasarkan lokasi peta.
- *Body 1 Susceptibility (cgs)* yaitu ukuran derajat dari suatu benda yang termagnetisasi.
- *Station spacing* yaitu jarak antara stasiun pengamatan pada anomali magnetik.
- *Number of points* yaitu jumlah titik pengamatan pada anomali magnetik.



Gambar 3.1. Display Awal Memasukkan Data pada MAG2DC

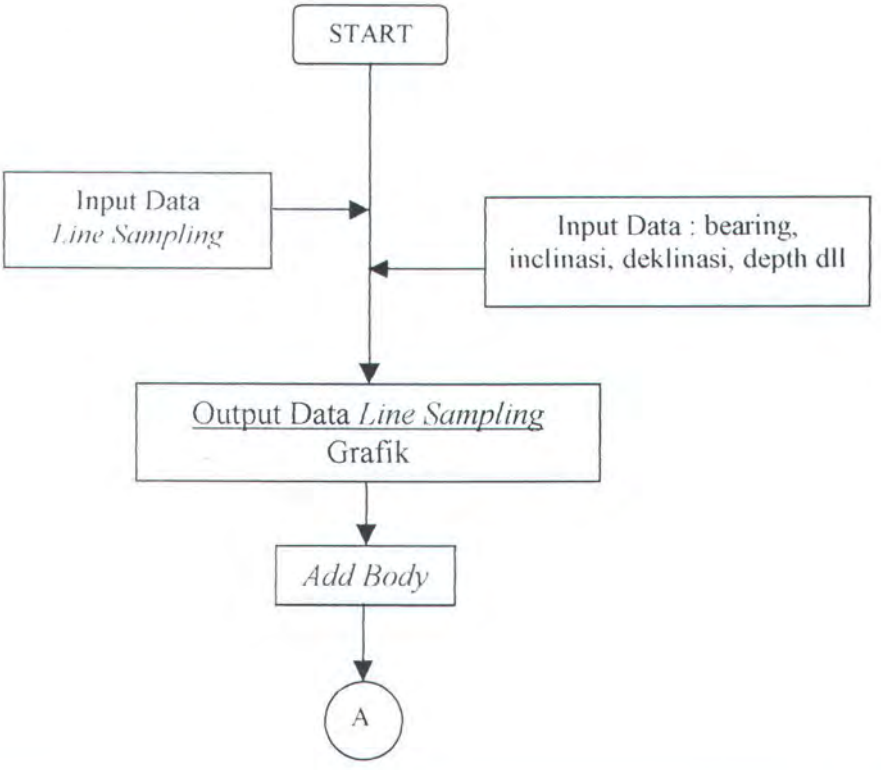
2. Memilih option *Read In Observed Data* sehingga muncul grafik dari data masukkan. Dan di bagian bawah grafik tersebut dibuat sebuah body yang menunjukkan irisan bentuk cekungan. Dari body ini

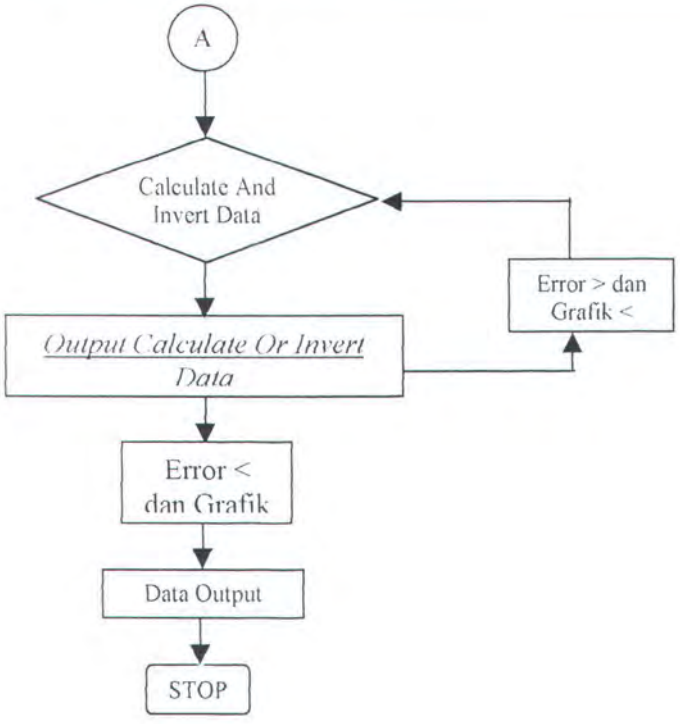
kemudian di iterasi sehingga bentuk garis dari body (garis lurus) mendekati bentuk garis *observed magnetic* (garis putus-putus) dan memiliki nilai error yang terkecil



Gambar 3.2. Bentuk Grafik Data Observed dan Body di MAG2DC (www. rockware.com/Grav2Dc)

Dalam proses interpretasi data anomali magnetik dengan menggunakan software MAG2DC, proses penggunaan software tersebut dapat ditunjukkan pada *flowchart* berikut ini :



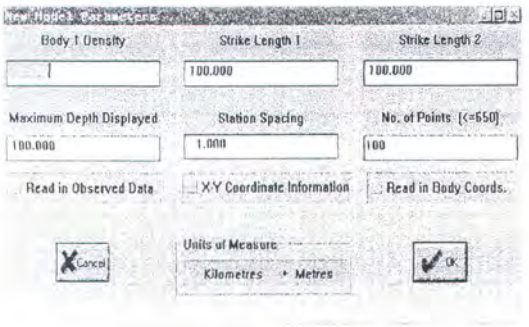


GRAV2DC

Dari garis yang ditarik pada anomali gravitasi akan diperoleh data yang kemudian data tersebut dimasukkan ke software GRAV2DC dengan proses sebagai berikut :

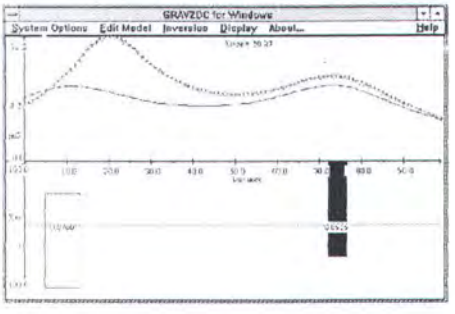
1. Membuat sebagai *new* model, kemudian memasukkan beberapa parameter antara lain :
   - *Body Density* yaitu ukuran density suatu benda atau body.
   - *Strike Length 1* yaitu jarak pada beberapa bagian profil pada body
   - *Strike Length 2* yaitu jarak pada beberapa bagian profil pada body
   - *Maximum Depth Display* yaitu nilai kedalaman dari peta geologi di lokasi survey.

- *Station spacing* yaitu jarak antara stasiun pengamatan pada anomali gravitasi.
- *Number of points* yaitu jumlah titik pengamatan pada anomali gravitasi.



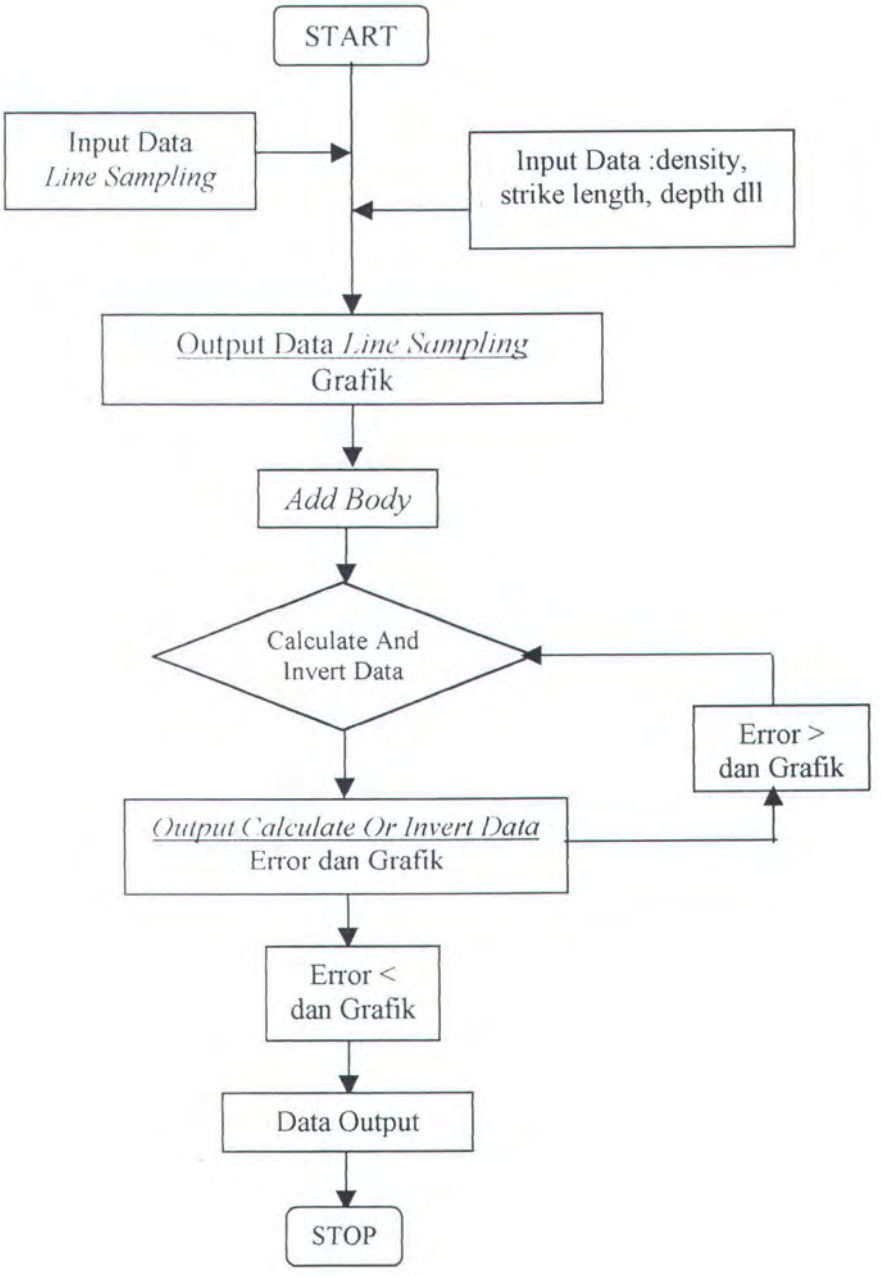
Gambar 3.3. Display Memasukkan Data Awal pada GRAV2DC

2. Memilih option *Read In Observed Data* sehingga muncul grafik dari data masukkan. Dan di bagian bawah grafik tersebut dibuat sebuah body yang menunjukkan irisan bentuk cekungan. Dari body ini kemudian di iterasi sehingga bentuk garis dari body (garis lurus) mendekati bentuk garis *observed gravity* (garis putus-putus) dan memiliki nilai error yang terkecil.



Gambar 3.4. Bentuk Grafik Data Observed dan body di GRAV2DC (www. Rockware.com/Mag2Dc).

Dalam proses interpretasi data anomali gravitasi dengan menggunakan software GRAV2DC, proses penggunaan software tersebut dapat ditunjukkan pada *flowchart* berikut ini :



6. Interpretasi Data Anomali Magnetik Dan Anomali Gravitasi Dan Perhitungan Volume Cekungan.

Setelah diperoleh hasil berupa data output dari software MAG2DC dan GRAV2DC maka data output tersebut kemudian diproses dengan menggunakan software AUTOCAD 2000 sehingga dapat diketahui bentuk anomali magnetik dan anomali gravitasi dalam bentuk 3 dimensi serta perhitungan volume cekungan baik volume anomali magnetik dan gravitasi serta bentuk 3 dimensi.

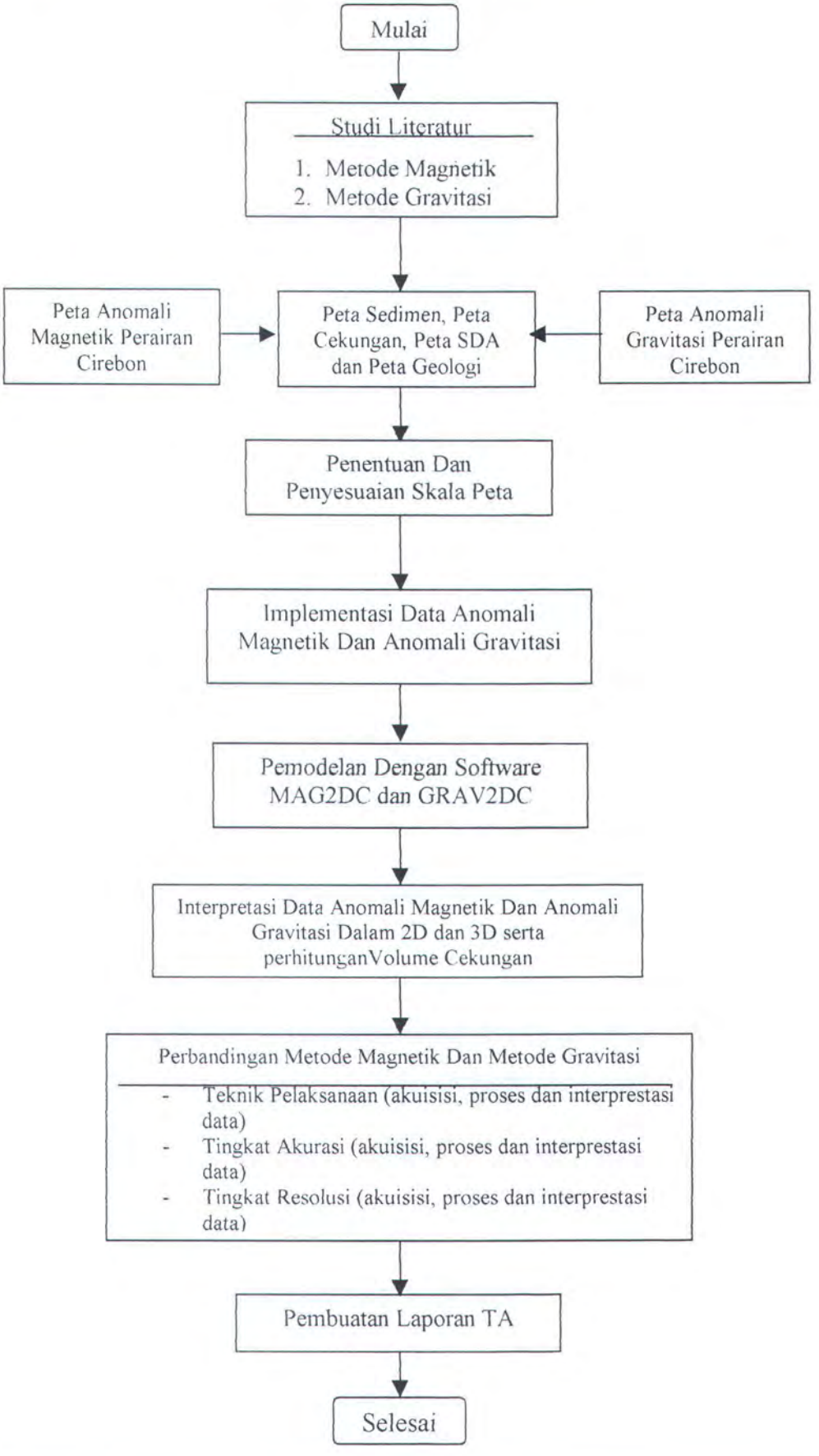
7. Perbandingan Metode Magnetik Dan Metode Gravitasi

Setelah diperoleh semua data baik dari studi literatur Dari buku-buku dan jurnal maupun dari penggunaan software MAG2DC dan GRAV2DC maka analisa berikut adalah membandingkan metode magnetik dan metode gravitasi yang diaplikasikan di Perairan Cirebon Jawa Barat dengan ditinjau dari parameter :

- Metode Pelaksanaan meliputi tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data.
- Tingkat Akurasi meliputi tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data.
- Tingkat Resolusi meliputi tahap akuisisi data (*data acquisition*), proses data (*data processing*) dan interpretasi data.

8. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

Dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir ini menggunakan metode kualitatif yaitu berbicara mengenai metode pelaksanaan survey, tingkat akurasi dan tingkat resolusi dan lain-lain. Diagram alir dari metodologi tugas akhir ini adalah sebagai berikut:


Mulai
Studi Literatur
1. Metode Magnetik
2. Metode Gravitasi
Peta Anomali Magnetik Perairan Cirebon
Peta Sedimen, Peta Cekungan, Peta SDA dan Peta Geologi
Peta Anomali Gravitasi Perairan Cirebon
Penentuan Dan Penyesuaian Skala Peta
Implementasi Data Anomali Magnetik Dan Anomali Gravitasi
Pemodelan Dengan Software MAG2DC dan GRAV2DC
Interpretasi Data Anomali Magnetik Dan Anomali Gravitasi Dalam 2D dan 3D serta perhitunganVolume Cekungan
Perbandingan Metode Magnetik Dan Metode Gravitasi
- Teknik Pelaksanaan (akuisisi, proses dan interprestasi data)
- Tingkat Akurasi (akuisisi, proses dan interprestasi data)
- Tingkat Resolusi (akuisisi, proses dan interprestasi data)
Pembuatan Laporan TA
Selesai

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Analisa Data

IV.1.1. Analisa Data Geologi Dan Penyesuaian Skala Peta

Dari data-data sekunder berupa peta anomali magnetik, anomali gravitasi bouguer, peta sedimentasi, peta geologi dan peta sumber daya alam dan mineral dimana masing-masing peta tidak memiliki ukuran skala peta yang sama, sehingga untuk mengetahui posisi masing-masing peta terhadap peta yang lain maka peta tersebut dijadikan dalam ukuran satu skala yang sama yaitu skala 1: 5.000.000 pada gambar 1 (lampiran).

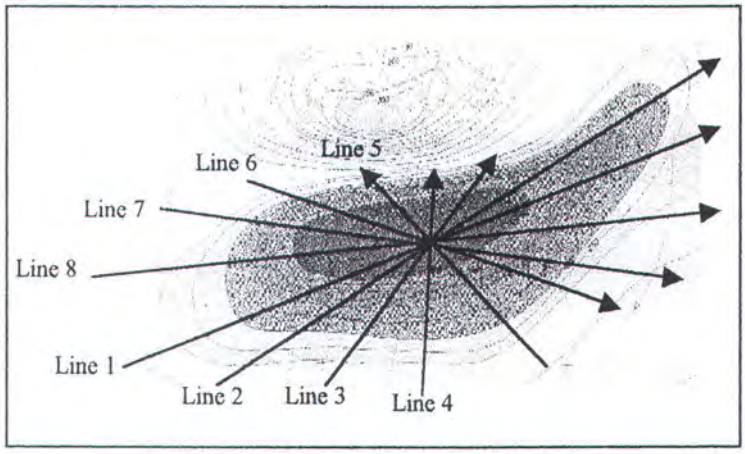
Dari peta dengan skala yang sama tersebut dapat dilihat bagaimana susunan geologi sedimentasi dari lokasi anomali magnetik dan gravitasi, dimana di bagian tengah lebih banyak tersusun oleh material berupa lumpur (berwarna hijau) dan di bagian pinggir berupa pasir dan lanau (berwarna kuning). Menurut Memed M. (1991) bagian lumpur yang berada di bagian tengah adalah merupakan endapan hasil rombakan asal darat dan umumnya berbutir halus, mengandung sedikit 20% partikel yang berukuran pasir, lanau dan lempung. Yang termasuk lumpur ini antara lain lumpur biru, lumpur hijau, lumpur koral, abu gunung api, lumpur pasiran, lumpur vulkanik, lempung hijau, lempung hitam dan lempung abu-abu. Sedangkan material pasir dan

lanau yang berada dipinggir terdiri atas partikel-partikel yang bergaris tengah antara 2μ dan 2 mm, diantaranya pasir, lanau, abu gunung api kasar, pasir koral bintil-bintil kecil mangan, cangkang moluska dan gelas gunung api.

Berdasarkan peta geologi dari Todd dan Pulunggono, 1971 lebih detail pada gambar 2 (lampiran), dapat dilihat struktur geologi lapisan batuan dari perairan sunda, dimana kedalaman terdalam lapisan batuan tersebut kurang lebih sekitar 10.000 ft atau 3 km. Sehingga bagian terdalam ini dijadikan acuan kedalaman lokasi pada proses pemodelan dengan software. Struktur geologi tersebut terdiri atas lapisan batuan kuarter (terdiri atas batuan sedimen, batuan gunung api, dan batuan beku), lapisan batuan tersier (terdiri atas batuan sedimen, batuan gunung api, batuan malinan dan bancuh) dan lapisan batuan pra tersier.

IV.1.2. Interpretasi 2 Dimensi Anomali Magnetik Dan Anomali Gravitasi

Dari anomali magnetik dan anomali gravitasi maka akan ditarik beberapa garis melintang dengan posisi sebagai berikut :



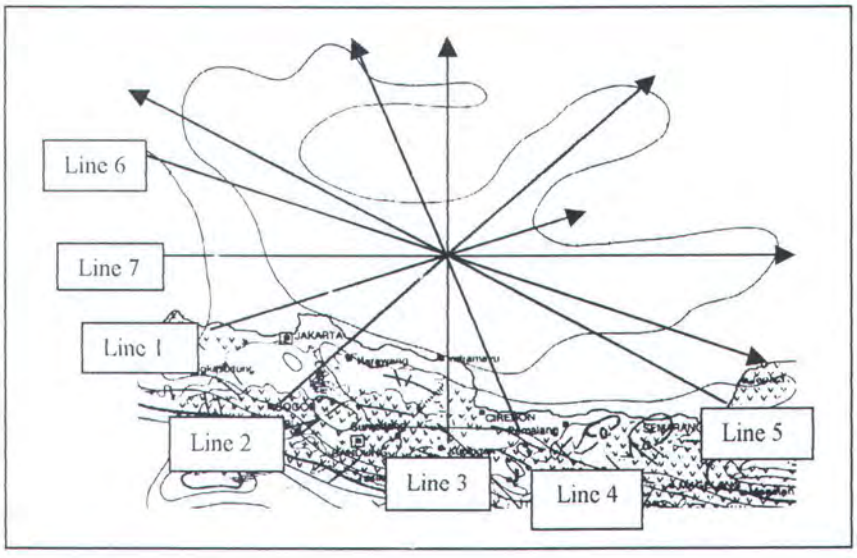
Gambar 4.1. Anomali Magnetik dengan Posisi Garis Potong.

Dari anomali magnetik di atas diketahui panjang dari anomali tersebut adalah sekitar 40 km pada line 1, dan lebar 12 km pada line 6. Untuk penarikan garis potong pada anomali magnetik di atas ini , didapatkan koordinat penarikan garis potong terhadap sumbu x dan sumbu y dari peta adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 1: Koordinat Posisi Penarikan dari Peta Anomali Magnetik

Line	Titik awal		Titik akhir		Bearing capacity
	x	y	x	y	
1	108° 23.5′	4° 48.9′	108° 44.6’	4° 42.3’	75°
2	108° 25.8′	4° 50.3′	108° 45.3’	4° 44.8’	65°
3	108° 31.5′	4° 44.8′	108° 35.1’	4° 44’	31.5°
4	108° 33.6′	4° 44.8′	108° 34’	4° 44’	3°
5	108° 35.3′	4° 50′	108° 32.8’	4° 44.8’	335°
6	108° 30.5′	4° 44.9′	108° 38.8’	4° 48.1’	114°
7	108° 28.3′	4° 45.5′	108° 40.4’	4° 47.7’	102°
8	108° 25.3′	4° 46.9′	108° 43.1’	4° 47.2’	87°

Untuk anomali gravitasi, penarikan garis potong adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2. Anomali Gravitasi dengan Posisi Garis Potong

Dari anomali gravitasi diatas diketahui panjang anomali sekitar 475 km (*line* 5) dan lebar sekitar 325 km (*line* 3). Dan didapatkan koordinat penarikan garis potong terhadap sumbu x dan sumbu y dari peta adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 2 : Koordinat Posisi Penarikan dari Peta Anomali Magnetik

Line	Titik awal		Titik akhir		Sudut (sb y)
	x	y	x	y	
1	106° 18'	6°	109°	6°	75°
2	107° 18'	6° 12'	109° 40'	6° 12'	50°
3	108° 08'	6° 30'	108° 08'	6° 30'	0°
4	108° 38'	6° 40'	107°	6° 40'	155°
5	110° 28'	6° 35'	105° 14'	6° 35'	115°
6	111° 30'	6° 40'	106°	6° 40'	110°
7	111°	5° 20'	106° 15'	5° 20'	90°

Dari garis potong diatas baik untuk anomali magnetik dan anomali gravitasi maka diperoleh data untuk x (jarak) dan y (intensitas magnetik atau gravitasi). Data-data tersebut dapat di lihat pada lampiran.

IV.1.3. *Output* Data Pemodelan Dengan Software MAG2DC dan GRAV2DC

Pemodelan dengan menggunakan sofware MAG2DC dan GRAV2DC ini bertujuan untuk memperoleh bentuk body dan nilai *density* pada interpretasi data gravitasi serta nilai susceptibilitas pada interpretasi data magnetik. Penentuan body dan nilai densitas serta nilai susceptibilitas dengan menggunakan proses perhitungan pada software sehingga bentuk kurva observasi dan kurva perhitungan hampir sama dan memiliki nilai error terkecil.

Tabel 4.3 : Data Output Body Dari Proses Interpretasi GRAV2DC

Data	Garis 1	Garis 2	Garis 3	Garis 4	Garis 5	Garis 6	Garis 7
Body centre	327.31	188.96	276.85	260.89	256.75	361.24	242.53
Max width	647.46	348.07	515.63	500.05	499.07	638.38	471.03
Depth extent	0.26	0.29	0.34	0.41	0.40	0.25	0.29
Depth to Body	1.34	1.41	1.28	1.43	1.37	1.45	1.37
Strike length 1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Strike Length 2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Density Contrast	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Unit	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km
Error	3.34	3.94	1.77	2.45	3.18	1.8	5.20

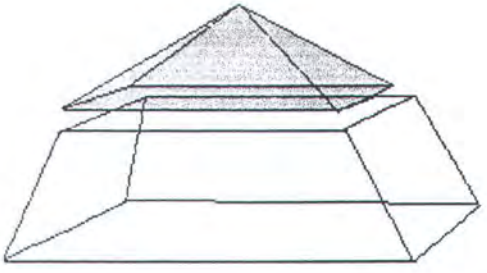
Tabel 4.4 : Data Output Body Dari Proses Interpretasi MAG2DC

Data	Garis 1	Garis 2	Garis 3	Garis 4	Garis 5	Garis 6	Garis 7	Garis 8
Body centre	19.672	17.607	5.216	5.216	6.042	11.650	11.734	16.621
Max width	39.345	37.027	12.150	12.150	11.473	24.913	23.058	32.123
Depth extent	0.374	0.534	0.334	0.334	0.517	1.303	0.213	0.111
Depth to Body	0.039	0.023	0.017	0.017	0.00	0.023	0.023	0.025
Strike length	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Bearing	75^0	65^0	31.5^0	3^0	335^0	114^0	102^0	87^0
Susceptibility	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020
Unit	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km	Km
Error	294.06	180.36	223.47	334.68	245.75	337.99	297.96	133.57

Untuk data posisi body, bentuk 2 dimensi body dan kurva perhitungan untuk interpretasi data anomali gravitasi dan anomali magnetik dapat dilihat pada lampiran.

IV.1.3. Perhitungan Volume Anomali Magnetik Dan Gravitasi

Setelah data body didapatkan, dan kemudian bentuk body 2 dimensi telah dijadikan menjadi bentuk 3 dimensi sehingga dapat diketahui bentuk 3 dimensi dari anomali magnetik dan anomali gravitasi. Bentuk 3 dimensi anomali magnetik dan anomali gravitasi pada gambar (lampiran). Dari bentuk 3 dimensi anomali magnetik dan anomali gravitasi dapat di hitung volumenya, sebagai berikut :



Gambar 4.3. Asumsi Pendekatan Bentuk 3 Dimensi Cekungan

Model asumsi cekungan diatas merupakan 2/3 bagian dari volume limas. Hal ini dikarenakan bentuk dari cekungan yang tampak datar, dapat dilihat bentuk gambar 3 dimensi dari anomali magnetik (lampiran) dimana bagian yang memuncak ke atas yang kemungkinan bagian puncak yang hilang merupakan 1/3 bagian dari volume limas tersebut.

Volume limas = 1/3 x luas alas x tinggi

Sehingga :

Volume cekungan = 2/3 x 1/3 x volume limas

Diasumsikan bahwa bentuk luas dari cekungan adalah persegi panjang maka ,

Volume cekungan = 2/3 x 1/3 x p x l x t

Dari cekungan diperoleh:

panjang = 40000 m (dari line 1)

lebar = 12000 m (dari line 5)

tinggi = 750 m (tinggi rata-rata)

sehingga :

$V = 2/3 \times 1/3 \times 40000 \times 12000 \times 750$

$= \mathbf{0.08 \cdot 10^{12}\ m^3}$

Jadi volume dari cekungan adalah **0.08 trilyun meter kubik.**

Untuk perhitungan volume 3 dimensi cekungan anomali gravitasi, maka bentuk 3 dimensi juga didekati dengan bentuk volume limas dimana bagian 1/3 bagian atas dihilangkan. Hal ini dikarenakan bentuk body 2 dimensi cenderung trapezium dan agak memipih atau tidak mengerucut, dapat dilihat bagiaman bentuk 3 dimensi dari anomali gravitasi (lampiran).

Dimana panjang $= 0.65 \cdot 10^6$ m (dari garis 1)

Lebar $= 0{,}5 \cdot 10^6$ m (dari garis 3)

Tinggi (rata-rata) $= 0{,}1 \cdot 10^4$ m

Jadi $V = 2/3 \times 1/3 \times (0{,}6 \cdot 10^6) \times (0{,}3 \cdot 10^6) \times (0{,}1 \cdot 10^4)$

$= \mathbf{0{,}004 \cdot 10^{16}\ m^3}$

Jadi volume dari cekungan adalah **40 trilyun meter kubik.**

IV.2. Pembahasan

Dari analisa data yang dilakukan dengan bantuan software dan studi literatur maka dapat dilakukan perbandingan data analisa survey magnetik dan survey

gravitasi serta perbandingan dengan studi literatur tentang metode pelaksanaan, tingkat akurasi dan tingkat resolusi pada masing-masing tahap akusisi data, pengolahan data dan interpretasi data.

IV.2.1. Metode Pelaksanaan

IV.2.1.1.Tahap Akuisisi Data (*Data Acquisition*)

Survey dengan menggunakan metode magnetik dan metode gravitasi, pada prinsipnya adalah sama. Dimana keduanya mengukur secara langsung suatu anomali medan magnet dan medan gravitasi bumi pada suatu lokasi yang diselidiki yaitu harga *susceptibility* untuk survey magnetik dan harga *density* untuk survey gravitasi. Dalam pelaksanaan survey magnetik menggunakan 2 jenis peralatan magnetometer yaitu *Marine Magnetometer* untuk survey magnetik di lokasi perairan dan *Ground Magnetometer* untuk survey magnetik di lokasi daratan, sedangkan untuk survey gravitasi juga menggunakan 2 jenis peralatan yaitu *Underwater Gravitymeter* untuk survey di lokasi perairan dan *Ground Gravitymeter LaCoste* dan *Romberg* untuk survey di lokasi darat.

Peralatan survey magnetik dan gravitasi ini harus di kalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan, dimana untuk kalibrasi *Magnetometer* bertujuan untuk mengetahui kondisi, kualitas sensitivitas serta kelayakan peralatan tersebut sebelum kegiatan di lapangan sehingga tingkat akurasi hasil dari akusisi data lapangan dapat lebih terperinci sedangkan kalibrasi *Gravitymeter* bertujuan untuk memperoleh data pembacaan yang teliti terhadap titik referensi atau

terhadap acuan, sehingga semua harga pembacaan adalah harga yang relatif terhadap titik referensi gaya berat yang sudah diketahui nilainya.

Prosedur pelaksanaan survey magnetik dan gravitasi adalah sebagai berikut:

Prosedur Survey Magnetik

1. Survey magnetik yang dilakukan di Perairan Cirebon ini menggunakan peralatan 2 unit *Proton Precision Magnetometer* model G-811 dan G-813.
2. Peralatan *Marine Magnetometer* ini dibentangkan dibelakang kapal survey sejauh 60-90 m dengan kedalaman dari permukaan air laut sekitar 7 m atau disesuaikan dengan konfigurasi ukuran kapal, panjang rentang sensor, kecepatan kapal dan kedalaman perairan di lokasi yang disurvey.
3. Untuk lintasan kapal disesuaikan dengan kondisi lokasi yang disurvey dan berdasarkan pertimbangan dapat mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh adanya variasi harian.
4. Jarak atau interval dari masing-masing lintasan tersebut adalah sekitar 10 km, dan kecepatan kapal saat melaksanakan survey magnetik ini adalah 6 knots dengan pertimbangan untuk memperoleh data survey magnetik yang optimal.
5. Pengambilan data diperoleh melalui pencatatan secara langsung dan perekaman secara berkesinambungan oleh sistem Soltec 3314B-MF. Data magnet direkam secara sistematik melalui lintasan sepanjang 2.100

km yang berarah utara-selatan dengan interval antar lintasan 10 km dan dikontrol oleh beberapa lintasan yang berarah barat-timur, barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. Pencatatan data magnet ini dilakukan setiap 15 menit sebanyak 3 kali pembacaan dan direkam pada kertas recorder.

6. Untuk mengetahui variasi harian medan magnet bumi maka dibuat suatu stasiun tetap di darat dengan menggunakan *Ground Magnetometer* yang dioperasikan secara terus menerus selama survey berlangsung.

Prosedur Survey Gravitasi

Untuk survey gravitasi dimana sebelum dilakukan survey, maka kegiatan awal survey yang harus dilakukan adalah :

1. Kalibrasi peralatan gravimeter dengan tujuan untuk memperoleh data pembacaan yang teliti terhadap titik referensi atau terhadap acuan.
2. Pengikatan gravitasi yang dianggap sebagai titik pangkal gravitasi (titik acuan) atau titik BS-0 dengan lokasi di Kantor Sarana Wilayah Cirebon, dimana titik pangkal gravitasi (titik acuan) ini dapat digunakan sebagai titik acuan atau pembanding dari titik amat (titik pengukuran) di daerah darat atau daerah pantai. Kemudian pengikatan titik pangkal gravitasi selanjutnya dilakukan terhadap titik BS-0 di darat dermaga dan di dasar laut dermaga Pelabuhan-1 Cirebon atau titik BS-1. Dimana titik BS-1 ini digunaan untuk menjadi titik acuan bagi perhitungan gaya gravitasi titik pengamatan di daerah laut atau perairan Cirebon.

Setelah kegiatan pendahuluan survey gravitasi dilakukan maka kegiatan berikutnya adalah :

1. Penentuan posisi kapal atau koordinat titik amat dengan bantuan satelit dan menggunakan metoda trilaterasi (posisi titik adalah posisi perpotongan garis yang ditarik berdasarkan jarak dan sudut yang diketahui) menggunakan alat Garmin GPSMAP 210 dengan ketelitian sekitar 25 m.
2. Pengamatan Gravitasi di daerah perairan (laut) dimana peralatan yang digunakan dalam survey gravitasi di daerah perairan (laut) adalah menggunakan gravitymeter laut yaitu *Underwater Gravitymeter* sistem telemetri elektronik LaCoste dan Romberg model U-26/G-964 yang terdiri atas unit sensor (*inner* dan *outer sphere*), power control unit dan computer controller yang dihubungkan dengan sebuah komputer (PC) atau laptop.
3. Prosedur pengambilan data gravitasi di suatu titik adalah sebagai berikut (Hutagaol J.P, 1996) :
   - Alat atau sensor (*sphere*) diturunkan ke dasar laut dengan memperhatikan perubahan kedalaman laut pada layar monitor dan mengatur gulungan kabel, sensor yang panjang (dilebihkan sekitar 10 m) agar tidak menjadi sulit dalam penarikan alat sensor kembali keatas kapal.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

- Posisi titik yang telah diperoleh atau ditentukan oleh petugas navigasi (*surveyor*) diberikan kepada operator Gravimeter untuk dimasukkan dalam file data input.
- Kemudian sensor dibuka (*unclamped*) sehingga secara otomatis me-*level* sendiri. Setelah alat pada posisi datar (*level*) atau kemiringan kecil, pengambilan data gravitasi dapat dilakukan setelah profil atau grafik pembacaan gravitasi datar atau lurus atau cukup baik pada layar monitor (tidak berfluktuasi secara tajam). Lamanya waktu pembacaan tergantung pada waktu yang dibutuhkan sensor di dasar laut untuk menjadi *level*, sangat dipengaruhi oleh kondisi arus bawah laut pada saat pembacaan.
- Setelah pembacaan selesai maka sensor harus dikunci kembali (*clamped*) dan alat diangkat ke atas permukaan air laut.
- Data mentah hasil percobaan ini berisi data nomor titik pengamatan, 4tanggal dan waktu pembacaan awal dan akhir, lintang dan bujur titik amat bacaan, kedalaman dalam meter, gravitasi dalam skala dan dalam milligal, gravitasi terkoreksi, koreksi lintang, harga gravitasi setelah koreksi lintang dan harga-harga parameter elektronik lainnya seperti cheat dalam mgls, RMS error yang berlaku pada saat pangambilan data di titik amat tersebut.

Survey gravitasi yang dilakukan di daerah perairan (laut) menggunakan lintasan dengan sistem *Loop*. Sistem *Loop* ialah mengawali survey dari suatu titik yang diketahui harga awal data gravitasi pengamatan dan diakhiri di titik

awal survey dengan harga akhir data gravitasi pengamatan dan dengan interval lintasan yang kurang lebih sama.

Untuk melengkapi data-data yang diperoleh dari survey dengan menggunakan metode gravitasi maka dilakukan kegiatan untuk melengkapi hasil survey, kegiatan tersebut antara lain :

1. Penentuan kedalaman dimana menggunakan peralatan *echosounder* 200 KHz SIMRAD EA-300P dengan sensor berada sekitar 1,25 meter di bawah permukaan laut.
2. Penentuan ketinggian titik amat gravitasi baik yang ada di darat maupun di laut dengan alat altimeter Paulin model Palab no 1092-5 (dalam satuan meter).
3. Pengambilan contoh bantuan dengan menggunakan palu geologi di atau dekat lokasi titik amat gravitasi di daerah-daerah yang dianggap mewakili jenis litologi batuan yang berbeda. Contoh batuan ini bergunan untuk menentukan rapat massa (*density*) batuan daerah penyelidikan.

Jadi dari tahap akusisi data pada survey gravitasi akan diperoleh data sebagai berikut :

- Pengukuran di darat data yang diperoleh adalah harga pembacaan dalam skala, nomor titik amat, waktu pembacaan dan koordinat geografis titik tersebut.

- Pengukuran di laut data yang diperoleh adalah harga pembacaan dalam miligal (mgal), waktu pembacaan awal dan akhir, koordinat geografis (lintang dan bujur), harga gravitasi terkoreksi dalam mgal, harga koreksi tide, nilai koreksi tide ditambah gravitasi (mgal), harga parameter-parameter elektronik seperti *cheat in mgal*, RMS *error*, dan lain-lain.

IV.2.1.2.Tahap Proses Data (*Data Processing*)

Setelah tahap akusisi data dilakukan dan diperoleh data mentah (*raw data*) maka data mentah tersebut di proses dengan melakukan beberapa koreksi, baik pada data survey magnetik dan gravitasi, dimana pada tahap ini dilakukan beberapa koreksi sesuai dengan kondisi lokasi survey magnetik dan gravitasi.

Pada data hasil survey magnetik, dalam melakukan koreksi data lebih sederhana daripada data hasil survey gravitasi, dimana data survey magnetik langsung dilakukan beberapa koreksi sesuai dengan kondisi lokasi survey tersebut. Dalam tahap proses data ini untuk data hasil survey magnetik, koreksi-koreksi data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Koreksi Harian

   Dalam survey magnetik koreksi harian ini sering dilakukan karena adanya keterkaitan dengan harga anomali hasil survey di lokasi dengan variasi magnetik harian. Menurut Lukman A. (2000) variasi magnetik harian ini memiliki periode 24 jam dengan range 20 γ dan bervariasi sesuai ketinggian dan musim yang dikontrol leh aktifitas matahari dan

arus listrik di ionosfir. Koreksi ini ditentukan dengan melakukan pengamatan pada titik stationer atau titik amat di darat dengan menggunakan *ground magnetometer*.

2. Koreksi Normal

   Variasi yang tidak bisa dihubungkan dengan kenampakan geologi memiliki kesamaan dalam variasi regional dengan skala luas sering dilakukan dalam survey gravity. Dalam metode magnetik hal ini membutuhkan koreksi normal, yang mana skala horizontal lebih luas dari anomali karena kenampakan geologi yang terlokasi. Koreksi ini dibuat hampir sama dengan yang digunakan dalam interpretasi gravity.

3. Koreksi Medan Magnet Normal

   Koreksi ini dilakukan untuk menghitung variasi normal dari intensitas geomagnetik di lokasi dengan garis lintang dan garis longitudinal. Koreksi ini ditentukan dengan menentukan standar internasional, di Indonesia menggunakan interpolasi IGRF 1992.

4. Koreksi Temperatur

   Koreksi ini dilakukan dikarenakan adanya koefisien temperatur sekitar 8 gamma/°C, yang disebabkan oleh ekspansi temperatur atau kontraksi yang disebabkan perubahan temperatur pada momen magnetik. Dalam peralatan modern pengaruh temperatur berubah kurang lebih 1/8 besarnya.

Dengan demikian harga intensitas magnetik suatu area yang disurvey adalah harga intensitas magnetik hasil survey dikurangi dengan harga-harga koreksi (seperti diatas) terutama harga variasi medan magnetik harian dan dikurangi nilai acuan medan magnetik bumi teoritis atau *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF 1992). Untuk tahap proses data pada survey gravitasi maka dilakukan menurut urutan sebagai berikut (Gambar 4. 4) :

1. Data Kalibrasi Alat.

   Pengolahan atau proses data hasil kalibrasi ini perlu dilakukan untuk memperoleh nilai skala kalibrasi (K). Perhitungan nilai K ini menggunakan persamaan sebagai berikut (Komite Gaya Berat Nasional, 1992) :

$$K = \frac{G1 - G2}{R1 - R2}$$

   dimana G1 dan G2 : nilai gravitasi baku yang diketahui

   R1 dan R2 : nilai gravitasi hasil pengamatan di titik 1 dan 2 setelah koreksi apungan dan koreksi pasang surut

2. Penentuan Posisi

   Pengolahan atau proses data titik amat gravitasi dilakukan dengan mengubah data mentah dari satuan derajat, menit, detik ke dalam satuan derajat. Data posisi lintang dan bujur titik amat digunakan dalam proses pengeplotan titik amat pada peta hasil penyelidikan, sedangkan data posisi titik lintang digunakan dalam proses pengolahan data gravitasi

untuk perhitungan koreksi lintang dan harga gravitasi normal atau gravitasi teoritis.

3. Kedalaman dan Ketinggian

Pengolahan atau proses data kedalaman dilakukan dengan mengoreksi data mentah dengan koreksi transducer dari alat echosounder. Koreksi ini dilakukan dengan menambahkan harga kedalaman transducer di bawah permukaan air laut terhadap data bacaan pada alat pemeruman. Selain itu juga dilakukan koreksi pasang surut dengan bidang datum *mean sea level.* Rumus matematis perhitungan kedalaman adalah sebagai berikut :

$$d = dR + kT \pm kP$$

dimana d : kedalaman titik amat terkoreksi (meter)
dR : kedalaman hasil bacaan alat (meter)
kT : koreksi kedalaman transducer (meter)
kP : koreksi pasut (meter)

4. Reduksi Data Gravitasi

Harga gaya berat bacaan dalam miligal di suatu titik amat baik di darat maupun di laut adalah harga gaya berat bukan sesungguhnya, sehingga untuk mendapatkan harga yang sebenarnya atau harga gaya berat absolut maka harga bacaan tersebut harus di koreksi atau di reduksi sesuai dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pada survey gravitasi di perairan Cirebon, reduksi atau koreksi data adalah sebagai berikut (Hutagaol J.P., 1996) :

- Koreksi Pasang Surut (*Earth Tide Correction*)

  Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan adanya pengaruh gaya tarik bumi pada bumi (di titik pengamatan) oleh massa bulan dan matahari. Dimana harganya berubah-ubah setiap waktu secara periodik sesuai dengan kedudukan dari benda-benda langit tersebut. Untuk koreksi pasang surut ini telah digunakan software dengan periode waktu selama kegiatan penyelidikan berlangsung. Atau juga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Tide\ C = P + N\cos\theta(\cos\theta + \sin\theta) + S(\cos\theta - \sin\theta)$$

- Koreksi Apungan Alat (*Drift Correction*)

  Koreksi ini dilakukan karena adanya perubahan alat terhadap waktu, kelemahan daya pegas alat dan goncangan selama pengukuran dilaksanakan sehingga terjadi peyimpangan harga pembacaan pada suatu tempat yang sama pada selang waktu yang berbeda. transportasi.

$$Drift\ C = \frac{RA2 - RA1}{TA2 - TA1}(\text{TB} - \text{TA1})$$

dimana Drift C : koreksi apungan alat dalam milligal

RA1 dan RA2 : harga pembacaan awal dan akhir dalam miligal di titik A

TB : harga pembacaan dalam miligal dan waktu baca di titik B

TA1,TA2 : waktu pembacaan awal dan akhir dalam miligal di titik A

- Koreksi Lintang (*Latitude Correction*)

  Koreksi ini dilakukan karena adanya pengaruh perbedaan lintang titik pengamatan. Perhitungan gravitasi normal pada suatu titik di permukaan bumi didasarkan atas adanya bentuk bumi yang *flattening* atau memipih ke arah kutub dimana dengan perubahan posisi atau lintang harga gravitasi semakin membesar ke arah kutub (Hutagaol J.P., 1996). Dari rumus Gravitasi International (teoritis) atau IGRS 1967 adalah sebagai berikut :

$$G_n = 978031.85\left(1 + 0.0053024\sin^2\theta - 0.0000059\sin^2 2\theta\right)$$

  dimana Gn : harga gravitasi normal (teoritis) dalam mgal

  λ : lintang titik amat dalam derajat

  sehingga dapat diperoleh koreksi lintang (LC) oleh Telford (1990) adalah sebagai berikut :

$$LC = 0{,}811 \sin 2\lambda \text{ (dalam miligal)}$$

- Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

  Koreksi ini dilakukan karena adanya perbedaan ketinggian (kedalaman) dari titik-titik pengamatan gravitasi. Dengan adanya koreksi ini harga gravitasi titik-titik amat dikembalikan pada harga di bidang datum, yaitu permukaan laut rata-rata (*mean sea level*). Dalam pengolahan data gravitasi lau, rumus koreksi udara bebas (FAC) adalah sebagai berikut :

$$FAC = -0{,}068\, d \text{ (mgal)}$$

dimana d : kedalaman dasar laut titik amat gravitasi (ft), sehingga data kedalaman laut titik-titik amat dikonversikan dalam meter.

Dalam pengolahan gravitasi darat (wilayah pantai), rumus koreksi udara bebas (FAC) adalah sebagai berikut :

$$FAC = 0{,}3086\, h \text{ (mgal)}$$

dimana h : ketinggian topografi titik amat (meter)

5. Setelah data hasil pengamatan langsung atau survey di koreksi kemudian dihitung nilai anomali gravitasinya. Dimana nilai anomali ini dapat dibagi menjadi dua yaitu anomali gravitasi udara bebas dan anomali gravitasi bouguer.

Anomali Gravitasi Free Air

Untuk menghitung nilai anomali gravitasi bebas udara bebas diperlukan data harga gravitasi pengamatan (Go), koreksi udara bebas (FAC) dan harga gravitasi normal atau teoritis (Gn). Harga Go titik pengamatan adalah harga bacaan titik amat tersebut dalam satuan miligal yang telah dikoreksi dengan koreksi apungan alat, koreksi pasang surut, koreksi lintang. Sedangkan harga Gn dihitungan dengan menggunakan rumus gravitasi internasional yang telah ditetapkan.

Harga anomali gravitasi udara bebas disingkat FAA (*Free Air Anomaly*) adalah sebagai berikut :

- Untuk pengamatan gravitasi di daerah laut :

  FAA = Go – Gn + 0.068 d (dalam miligal)

  dimana d adalah kedalaman laut di titik amat (feet).

- Untuk pengamatan gravitasi di daerah darat :

  FAA = Go – Gn + 0.3086 h

  dimana h adalah ketinggian (elevasi) topografi titik amat (meter).

Anomali Gravitasi Bouguer

Harga anomali gravitasi Bouguer ini ditentukan untuk memperoleh harga anomali gravitasi sebenarnya, dimana pada anomali gravitasi Free Air terdapat pengaruh korelasi dengan topografi dasar laut sehingga dapat mengurangi anomali secara cepat dengan pertambahan jarak, dan massa yang ada di bawah titik pengukuran. Untuk itu pada anomali Bouguer ini dapat dihitung dengan memasukkan harga koreksi medan (*terrain*), sehingga didapatkan nilai anomali gravitasi yang tidak mempunyai korelasi dengan topografi dasar laut.

Anomali bouguer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Untuk pengukuran di permukaan air laut (di kapal)

$$BA = G_{obs} - G_0 + d[0,04191(\rho r - \rho s)] + t(0,3086 - 0,04191\rho r)]mgal$$

- Untuk pengukuran di dasar laut,

$$BA=G_{obs}-G_{\theta} + d[0,04191(\rho r+\rho s)-0,3086] + t(0,3086-0,04191\rho r)]mgal$$

dimana h : kedalaman laut

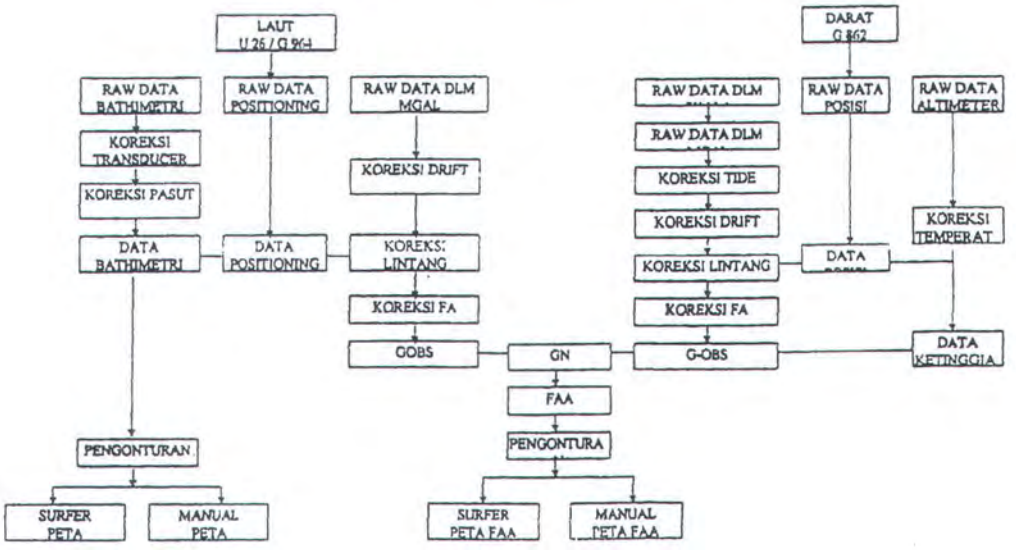
ρ_b : densitas batuan

ρ_s : densitas air laut

t : tinggi pasang-surut (meter)

g_{obs} : nilai percepatan gaya berat pengamatan

g_{θ} : nilai percepatan gaya berat di lintang θ



Gambar 4.4. Diagram Alir Proses Pengolahan Data Survey Gravitasi Di Perairan Utara Cirebon (Hutagaol J.P., 1996).

IV.2.1.3. Tahap Interpretasi Data

Tahap interpretasi data ini dilakukan setelah harga-harga anomali magnetik dan anomali gravitasi yang sudah dilakukan koreksi, digambarkan dalam bentuk peta profil atau kontur medan anomali magnetik dan anomali gravitasi (*free air* atau Bouguer).

Pada tahap interpretasi data ini baik pada survey dengan metode magnetik dan metode gravitasi menggunakan metode kualitatif. Dimana metode kualitatif dapat dibagi dua yaitu metode interpretasi langsung (*inverse modelling*) dan metode interpretasi tak langsung (*forward modelling*). Dan proses interpretasi data pada survey magnetik dan survey gravitasi ini menggunakan metode interpretasi langsung (*inverse modelling*) yaitu metode yang menetapkan suatu asumsi tertentu untuk melakukan perhitungan langsung beberapa parameter data pengamatan hasil survey. Asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Untuk survey magnetik, asumsi yang ditentukan adalah harga *susceptibility*, kedalaman, bearing, inklinasi dan deklinasi dan lain-lain.
- Untuk survey gravitasi, asumsi yang ditentukan adalah benda anomali berdensitas konstan, permukaan diatas benda anomali berhubungan langsung dengan permukaan tanah, terjadi penambahan densitas terhadap kedalaman dan lain-lain.

Untuk tahap interpretasi data menggunakan pemodelan dengan bantuan sofware computer, dimana untuk data anomali magnetik menggunakan software MAG2DC dan data anomali gravitasi menggunakan sofware GRAV2DC. Proses pembuatan pemodelan baik anomali magnetik dan anomali gravitasi adalah hampir sama, dimana dari data sekunder atau peta anomali magnetik dan anomali gravitasi bouguer pada kontur atau profil daerah penelitian ditarik garis memotong kontur sehingga diperoleh koordinat perpotongan antara garis tarik dengan kontur. Data yang diperoleh yaitu x

untuk posisi koordinat perpotongan atau jarak dan y untuk harga intensitas magnetik pada survey magnetik atau harga densitas untuk survey gravitasi.

Proses inversi pada software MAG2DC dan GRAV2DC ini menggunakan metode *Ridge Regression* dan *singular value decomposition*, dimana pada metode *Ridge Regression* ini menggunakan *Moore-Penrose technique.* Persamaannya dinyatakan sebagai berikut ;

$$dp = (ATA + kI) - 1\ At\ dE$$

dimana dp = parameter pengubah matriks

A = parameter differerensial parsial dari matriks wrt

dE = error antara kurva observasi dan kurva perhitungan

I = identitas matriks

k = konstanta

Perbedaan dari interpretasi dengan bantuan sofware MAG2DC dan GRAV2DC adalah pada proses input parameternya dan hasil outputnya dimana nantinya untuk data magnetik diketahui harga *susceptibility* dan data gravitasi diketahui harga *density*-nya. Parameter yang di *input* tersebut adalah sebagai berikut :

1. Untuk sofware MAG2DC parameter yang dimasukkan adalah :
   - *Profile Bearing* yaitu sudut kemiringan garis tarik pertama terhadap sumbu tegak lurus atau sumbu Y.
   - *Reference Height* yaitu ketinggian titik referensi dari data magnetik.
   - *Maximum Depth Displayed* yaitu nilai kedalaman dari peta geologi di lokasi survey dimana dibuat sama pada setiap *line.*

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

- *Geomagnetic Field Parameter Intensity (nT)* yaitu total anomaly magnetic global di lokasi survey.
- *Inclination degrees* yaitu sudut antara arah garis magnetik dengan bidang horizontal (sumbu Y) dimana diambil berdasarkan lokasi peta.
- *Declination degrees* yaitu sudut antara utara geografis dengan utara magnetik (sumbu X) dimana diambil berdasarkan lokasi peta.
- *Body 1 Susceptibility (cgs)* yaitu ukuran derajat dari suatu benda yang termagnetisasi.
- *Station spacing* yaitu jarak antara stasiun pengamatan pada anomali magnetik.
- *Number of points* yaitu jumlah titik pengamatan pada anomali magnetik.

2. Untuk software GRAV2DC parameter yang dimasukkan adalah :
   - *Body Density* yaitu ukuran density suatu benda atau body.
   - *Strike Length 1* yaitu jarak pada beberapa bagian profil pada body 1.
   - *Strike Length 2* yaitu jarak pada beberapa bagian profil pada body 2.
   - *Maximum Depth Display* yaitu nilai kedalaman dari peta geologi di lokasi survey.
   - *Station spacing* yaitu jarak antara stasiun pengamatan pada anomali gravitasi.
   - *Number of points* yaitu jumlah titik pengamatan pada anomali gravitasi.

IV.2.2. Tingkat Akurasi

IV.2.2.1.Tahap Akuisisi Data (*Data Acquisition*)

Pada tahap akusisi data, tingkat akurasi didefinisikan sebagai tingkat keakuratan memperoleh data pada tahap akusisi data di lapangan baik untuk survey magnetik dan survey gravitasi. Dimana dapat ditinjau dari beberapa hal sebagai berikut :

1. Untuk survey magnetik tingkat akurasi data dipengaruhi oleh faktor, antara lain :
   a. Penggunaan tipe peralatan magnetometer, dimana peralatan magnetometer berdasarkan tingkat ketelitiannya atau sensitivitasnya terdiri atas 5, 2, 1, 0.5 , 01 (semakin besar maka semakin sensitif) dan peralatan ini dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :
      - Magnetometer yang hanya mengukur intensitas total (MF) medan magnet gabungan geomagnetik dan anomali (Fluxgate Magnetometer, Proton Magnetometer)
      - Magnetometer yang memisahkan intensitas total (MF) menjadi komponen vertikal (Mz) dan komponen horizontal (Mx,My) dari medan gabungan geomagnetik dan anomali (Palance-torque, Schmidt, Gauss Magnetometer).

   Penggunaan 2 jenis tipe magnetometer tersebut tergantung dengan kondisi lingkungan dan tingkat ketelitian data yang ingin diperoleh. Tentunya peralatan yang dapat memisahkan intensitas total (MF) menjadi komponen vertikal (Mz) dan komponen horizontal (Mx,My)

lebih baik dari segi keakurasian daripada peratan yang hanya dapat mengukur intensitas total (MF).

b. Kalibrasi peralatan, kegiatan ini harus dilakukan sebelum pelaksanaan survey. Karena dari kalibrasi ini akan diketahui kondisi, kualitas sensitivitas serta kelayakan peralatan tersebut. Sehingga jika kondisi kelayakan magnetometer ini di bawah standar maka peralatan ini tidak memiliki sensitivitas yang baik untuk keperluan survey magnetik.

c. Keadaan-keadaan tertentu di lapangan yang sangat mempengaruhi proses pengambilan data-data lapangan, keadaan tersebut antara lain ;

- Arah sensor magnetometer yang harus digunakan pada arah lintasan utara-selatan atau menyesuaikan dengan kutub magnet.
- Posisi sensor harus stabil atau seimbang pada posisi inklinasi 90^0
- Alat magnetometer sebaiknya digunakan di zona bebas dimana pengaruh eksternal yang dapat mengganggu harga intensitas medan magnet terekam sangat kecil. Selain itu juga dipengaruhi oleh kondisi alam dimana jika terjadi badai magnetik sebagai akibat dari aktivitas bintik matahari maka tingkat akurasi data yang akan diperoleh akan lemah sekali.
- Jika survey dilakukan di laut maka jarak kabel sensor harus disesuaikan dengan bobot berat kapal sehingga keakurasian data tetap terjaga (minimal 3x panjang kapal).

- Instalasi peralatan magnetometer pada lokasi yang di survey, dimana untuk memasang *ground magnetometer* sebagai titik untuk menghitung besarnya variasi harian harus memiliki jarak ± 50 mil dari *marine magnetometer*. Waktu pembacaan dapat dilakukan dengan interval 6, 12 15 menit sesuai dengan ketelitian dan keakurasian yang diinginkan.

2. Sedangkan untuk survey gravitasi tingkat akurasi data dipengaruhi oleh faktor, antara lain :

   a. Tipe penggunaan gravitymeter yang digunakan, dimana terdapat 3 tipe gravitymeter untuk pengukuran di laut yaitu ;

      - *Sea Surface Gravitymeter*, alat ini memiliki tingkat keakurasian sebesar 1 mgal dan cukup baik untuk kegiatan survey di daerah laut. Akan tetapi akibat posisinya yang berada di kapal maka peralatan ini dilengkapi dengan peredam getaran dengan tujuan untuk mengurangi kesalahan.
      - *Underwater Gravitymeter*, alat ini adalah modifikasi dari ground gravitymeter, alat ini memilki ketelitian sebesar 0,1 mgal jika digunakan di daerah laut akan tetapi jika digunakan di darat maka tingkat ketelitan mencapai $^{1}/_{100}$ mgal.

   Kedua jenis peralatan ini memiliki ciri khas dan kelebihan pada fungsi penggunaan pada medan survey, tentunya penyesuaian medan akan membantu tingkat akurasi data.

b. Kalibrasi peralatan, dimana bertujuan untuk mengetahui harga *Correction Calibration Factor* (CCF) atau memperoleh data pembacaan yang teliti terhadap titik referensi atau titik acuan. Karena titik acuan sebagai titik pembanding dari data-data lapangan yang akan di survey maka tingkat kelayakan baik dari peralatan ini akan menunjukkan tingkat keakurasian dari data survey yang optimal pula.

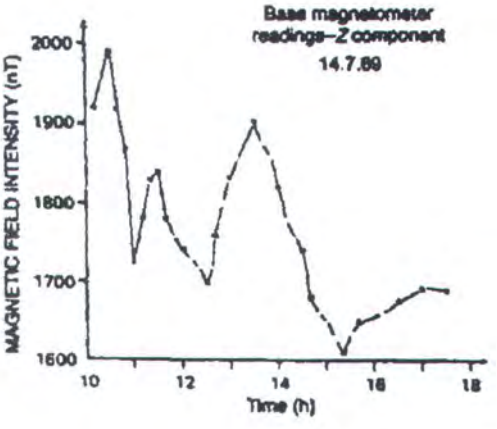
c. Kondisi survey, terutama penentuan posisi titik pengamatan (koordinat lintang dan bujur) dimana kondisi lokasi titik pengamatan tersebut harus memiliki persyaratan yang cukup baik antara lain kondisi gelombang laut tidak terlalu tinggi, bentuk permukaan dasar laut harus datar dan lain-lain. Hal-hal tersebut perlu diperhatikan jika survey dilakukan di laut dan menggunakan peralatan *underwater gravitymeter*. Untuk waktu pengambilan data disesuaikan dengan kebutuhan data yang diambil, dimana untuk menunjang tingkat keakurasian data gravitasi diperlukan data-data penunjang seperti data kedalaman, pasang-surut dan lain-lain.

IV.2.2.2.Tahap Proses Data (*Data Processing*)

Pada tahap proses data, tingkat akurasi didefinisikan sebagai koreksi-koreksi yang dilakukan untuk memperoleh data yang akurat sesuai dengan kondisi lapangan baik untuk survey magnetik dan survey gravitasi. Koreksi yang paling utama dilakukan untuk survey magnetik ialah koreksi medan magnet normal koreksi harian, untuk koreksi medan magnet normal ditentukan

berdasarkan standar internasional IGRF 1992 sedangkan untuk koreksi variasi harian karena intensitas medan magnet bumi yang diukur tidak konstan dan selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu. Perubahan yang terjadi tidak terlalu besar, naik turun dalam perioda 24 jam dan amplitudonya 100 gamma akan tetapi cukup menyimpangkan pola medan magnet. Sehingga harga ini harus dikoreksi dari medan magnet yang diukur untuk mendapatkan anomali magnet yang akurat.

Untuk koreksi normal dan koreksi temperatur dilakukan, akan tetapi tidak seperti koreksi variasi harian dan koreksi medan magnet normal karena koreksi normal dan temperatur ini sifatnya hanya melengkapi data anomali medan magnet terhadap bentuk topografi, struktur geologi dan koordinat lintang dan bujur serta perubahan suhu pada peralatan. Jadi pengolahan data anomali magnet lebih difokuskan pada koreksi variasi harian, dengan tujuan untuk memperoleh harga anomali medan magnet sebenarnya.



Gambar 4.5. Contoh Data Variasi Harian (Sharma, 1997)

Untuk survey gravitasi koreksi-koreksi yang dilakukan dapat dibagi menjadi koreksi data pendukung (sekunder) dan koreksi data utama (primer). Dimana koreksi data pendukung (sekunder) terdiri atas ;

- koreksi untuk data kalibrasi alat, dimana bertujuan untuk memperoleh nilai skala kalibrasi yang berfungsi untuk menentukan harga yang akurat hasil pengukuran dengan alat yang dikalibrasi tersebut.
- Koreksi penentuan posisi, dimana bertujuan untuk menentukan koordinat suatu titik amat, dimana nantinya berfungsi untuk memperoleh data-data yang akurat untuk pengeplotan titik pada peta, menunjang koreksi data utama dan lain-lain.
- Koreksi kedalaman dan ketinggian dimana bertujuan untuk memperoleh suatu data ketinggian dan kedalaman yang akurat dari survey gravitasi, jika ditambahkan dengan data posisi maka akan diperoleh suatu informasi titik yang tepat dan akurat.

Untuk koreksi data utama (primer) terdiri atas :

- Koreksi Pasang Surut (*Earth Tide Correction*), dimana koreksi ini akibat adanya gaya tarik bulan dan matahari, sehingga tingkat keakurasian data gravitasi akan dipengaruhi oleh gaya tarik dari kedua benda tersebut. Untuk itu dilakukan koreksi pasang surut.
- Koreksi Apungan Alat (*Drift Correction*), dimana koreksi ini akibat adanya perubahan alat terhadap waktu, kelemahan daya pegas alat dan goncangan selama pengukuran dilaksanakan sehingga terjadi

penyimpangan harga pembacaan pada suatu tempat yang sama pada selang waktu yang berbeda transportasi. Untuk memperoleh tingkat akurasi data yang baik maka koreksi apungan alat ini dilakukan.

- Koreksi Lintang (*Latitude Correction*) dimana koreksi ini adanya pengaruh perbedaan lintang titik pengamatan. Perhitungan gravitasi normal pada suatu titik di permukaan bumi didasarkan atas adanya bentuk bumi yang *flattening* atau memipih ke arah kutub dimana dengan perubahan posisi atau lintang harga gravitasi semakin membesar ke arah kutub, untuk itu koreksi pada posisi atau lintang harus dilakukan untuk memperoleh data yang akurat.
- Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*) dimana koreksi ini akibat adanya perbedaan ketinggian (kedalaman) dari titik-titik pengamatan gravitasi. Dengan adanya koreksi ini harga gravitasi titik-titik amat dikembalikan pada harga di bidang datum, yaitu permukaan laut rata-rata (*mean sea level*).

IV.2.2.3.Tahap Interpretasi Data

Untuk tahap interpretasi tingkat akurasi didefinisikan sebagai proses dengan mengunakan software GRAV2DC dan MAG2DC yang akurat sehingga didapatkan bentuk body, kurva, harga susceptibilitas dan harga densitas (harga ini menunjukkan material yang ada). Tingkat akurasi pada tahap interpretasi ini dapat dilihat dari faktor-faktor yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut :

1. Untuk data magnetik, tingkat akurasi ditentukan oleh ;
   - Nilai error
   - Bentuk kurva perhitungan
   - Harga *susceptibility*
   - Kedalaman
   - *Bearing* atau sudut terhadap sumbu y (utara)
   - *Inclinasi* dan *declinasi*

   Tingkat ketepatan atau akurasi interpretasi data magnetik ditentukan oleh keterkaitan faktor-faktor diatas, jika harga *susceptibility* tidak tepat maka bentuk kurva perhitungan tidak sama dengan kurva observasi dan nilai error kecil. Begitu juga dengan kedalaman, *bearing* dan *inclinasi* dan *declinasi* yang saling mempengaruhi satu sama lain.

2. Untuk data gravitasi, tingkat akurasi ditentukan oleh :
   - Nilai error
   - Bentuk kurva perhitungan
   - Harga *density*
   - Kedalaman

   Tingkat ketepatan atau akurasi data gravitasi ini sama halnya dengan data magnetik, faktor-faktor diatas sangat mempengaruhi satu sama lain, terutama jika harga *density*nya tidak sesuai maka bentuk kurva perhitungan juga tidak akan sama dengan kurva observasi sehingga nilai error akan tinggi. Selain itu harga kedalaman juga mempengaruhi meskipun tidak sebesar harga *density*.

Selain dari faktor-faktor diatas tingkat akurasi data survey magnetik dan gravitasi pada proses interpretasi dapat diperoleh pada penarikan garis yaitu :

- Posisi pengambilan garis pada kontur anomali harus cukup mewakili semua area lokasi anomali.
- Kuantitas atau jumlah garis tarikan, dimana semakin banyak jumlah garis yang ditarik maka bentuk body yang nantinya akan dijadikan bentuk 3 dimensi maka tingkat akurasinya akan baik.
- Sudut penarikan garis harus memiliki penempatan yang baik, tidak terlalu rapat dan tidak terlalu renggang sesuai dengan area anomali.

Dari proses interpretasi data anomali magnetik dan anomali gravitasi dengan menggunakan software MAG2DC dan GRAV2DC maka didapatkan harga *susceptibilty* dan *density* yaitu ;

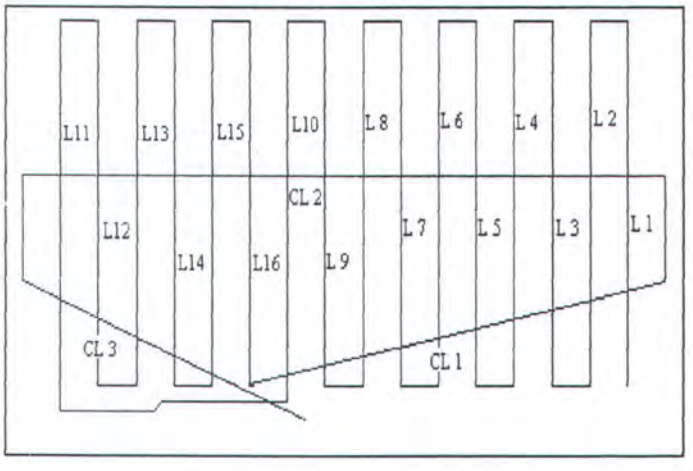
1. Harga *susceptibility* sebesar –0.020 , dimana jika diperbandingkan dengan tabel 1 (lampiran) menunjukkan bahwa harga ini adalah batuan garam (kubah garam) atau *rock salt.*
2. Harga *density* sebesar 2.5 g/cm^3 , dimana jika diperbandingkan dengan tabel 2 (lampiran) menunjukkan bahwa harga ini adalah termasuk *sedimentary rock* yang terdiri atas sandstone, shale, limestone dan dolomite. Dimana keempat batuan ini menunjukan indikasi lokasi adanya cekungan.

IV.2.3. Tingkat Resolusi

IV.2.3.1.Tahap Akuisisi Data (*Data Acquisition*)

Tingkat resolusi data pada tahap akuisisi didefinisikan sebagai area lintasan untuk memperoleh data yang akurat. Sehingga akuisisi data difokuskan pada bentuk dan pola jalur atau lintasan pengambilan data anomali magnetik dan anomali gravitasi. Pola atau bentuk jalur lintasan tersebut adalah sebagai berikut ;

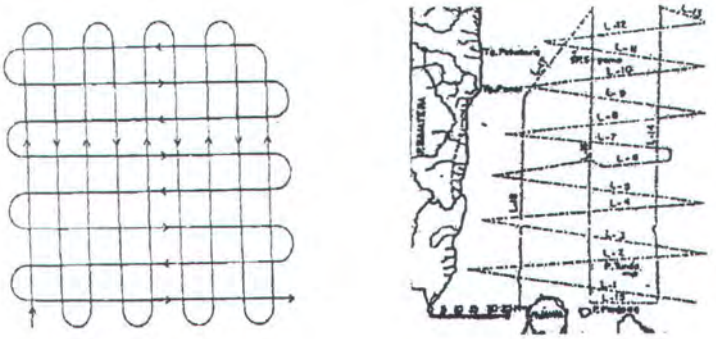
1. Untuk survey magnetik, jalur yang digunakan seperti berikut :



Gambar 4.6. Pola Lintasan Survey Magnetik (U.Kamiludin, 1994)

Lintasan diatas menunjukkan lintasan survey dengan panjang lintasan 2.100 km dan interval antar lintasan 10 km. Pola lintasan tersebut berarah dari utara ke selatan (lintasan L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16) dan dikontrol oleh beberapa lintasan yang berarah dari barat ke timur (CL2), barat laut ke tenggara (CL1) dan timur laut ke barat daya (CL 3). Bentuk lintasan diatas dimana terdapat arah lintasan utara ke selatan dengan interval 10 km dan panjang 2.100

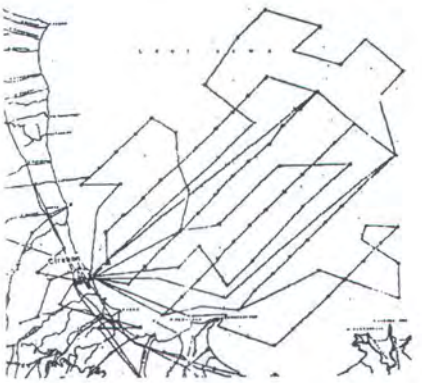
km dimaksudkan untuk memenuhi seluruh area yang akan di survey, sehingga didapat data dengan tingkat resolusi yang baik. Sedangkan pola lintasan dari barat ke timur, barat laut ke tenggara, timur laut ke barat daya dimaksudkan untuk mengontrol resolusi data yang akan diambil sehingga dapat mengurangi adanya kesalahan akibat adanya variasi harian.



(a) (b)

Gambar 4.7. (a).Lintasan Standar Survey Magnetik, (b) Lintasan Survey Magnetik di Perairan Cirebon (Sharma, 1997 dan U. Kamiludin dkk., 1994)

2. Untuk survey gravitasi, dimana contoh jalur lintasan kapal survey adalah sebagai berikut ;



Gambar 4.8. Pola Lintasan Survey Gravitasi (Hutagaol J.P., 1996)

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Dari gambar 4.8. dapat dilihat bagaimana pola *looping* pada lintasan survey, lintasan utama sebanyak tujuh buah dengan arah lintasan timurlaut-baratdaya dan lintasan tambahan sebanyak 3 buah sebagai lintasan penutup (*loop*). Menurut J.P Hutagaol (1996) maksud dari lintasan tambahan ini adalah untuk memperoleh harga koreksi apungan alat dan karena selama pengamatan berlangsung dilakukan evaluasi data dan penggambaran kontur gravitasi pengamatan aksar sehingga diketahui posisi lain yang diperlukan untuk diamatai agar dapat melengkapi data yang sudah diperoleh. Jumlah rata-rata titik amat pada lintasan adalah 9 titik dengan jarak titik terjauh adalah 35 km dari pantai. Interval jarak antar lintasan bervariasi dari 4.5 – 5.5 km, sedangkan jarak antar titik amat sekitar 2.5 km pada lintasan utama dan 3.5-9.5 km pada lintasan tambahan. Jadi total jumlah titik pengamantan gravitasi di laut sebanyak 82 titik amat dan 2 titik pangkal (BS-1 dan BS-2).

Untuk jumlah rata titik pengamatan pada lintasan, interval lintasan utama dan tambahan tidak ada batasan sehingga tingkat resolusinya dapat ditentukan berdasarkan kebutuhan data survey, semakin ingin resolusi bertambah maka jumlah titik amat akan semakin bertambah, jumlah lintasan utama dan tambahan lebih banyak dan lain-lain.

IV.2.3.2.Tahap Proses Data (*Data Processing*)

Tingkat resolusi dari tahap proses data didefinisikan sebagai koreksi-koreksi tambahan yang dilakukan untuk memperoleh data-data yang lebih akurat. Pada

tahap ini dapat dilihat bagaimana macam-macam koreksi yang dilakukan dan koreksi yang tidak dilakukan. Untuk survey magnetik dimana koreksi data yang dilakukan lebih difokuskan pada koreksi variasi harian dan koreksi medanmagnet normal sedangkan koreksi normal dan temperatur sifatnya hanya untuk melengkapi akibat perubahan yang sangat kecil. Untuk koreksi elevasi dan medan tidak dilakukan, karena koreksi ini hanya berlaku untuk survey magnetik dengan menggunakan pesawat terbang sebagai wahana untuk membawa magnetometer. Jika dilakukan di darat atau di laut maka koreksi ini tidak perlu dilakukan

Untuk survey gravitasi dimana koreksi yang dilakukan adalah koreksi data sekunder dan data primer. Dari beberapa koreksi yang dilakukan terdapat beberapa koreksi yang tidak dilakukan antara lain :

1. Koreksi Bouguer,

   Koreksi ini tidak dilakukan karena dari survey gravitasi di Perairan Cirebon hanya menghitung anomali gravitasi udara bebas (*free air*). Akan tetapi jika menginginkan resolusi data yang lebih baik dengan meniadakan hubungan anomali gravitasi dengan topografi maka koreksi ini harus dilakukan untuk memperoleh harga anomali bouguer yang kemudian digambarkan dalam bentuk peta anomali bouguer.

2. Koreksi Medan (*Terrain*)

   Koreksi ini juga berhubungan dengan bentuk anomali udara bebas, dimana pada perhitungan anomali udara bebas koreksi ini tidak

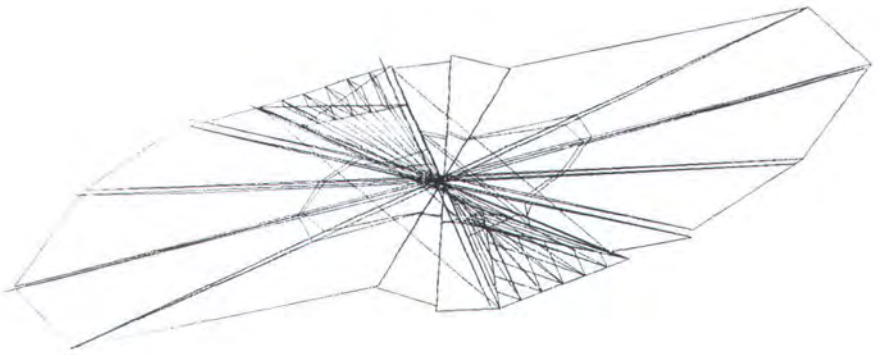
dimasukkan. Akan tetapi jika dihitung harga anomali bouguer maka koreksi medan harus dilakukan untuk kompensasi terhadap variasi topografi pada setiap stasiun pengukuran.

3. Koreksi Eotvos dan Isostasi

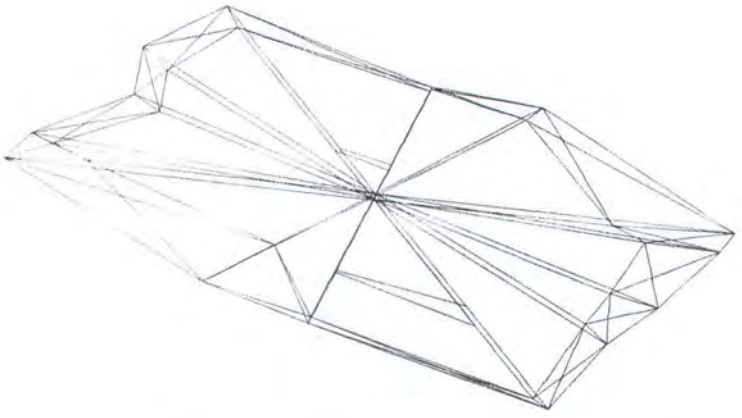
   Koreksi ini tidak dilakukan karena harga koreksi in sangat kecil mempengaruhi harga anomali udara bebas dan bouguer.

IV.2.3.3.Tahap Interpretasi Data

Untuk tahap interpretasi tingkat resolusi didefiniskan sebagai bentuk 3D dari anomali sehingga bisa dihitung volume anomali tersebut berdasarkan dari hasil interpretasi dengan software. Dari data output software MAG2DC dan GRAV2DC maka akan didapatkan bentuk-bentuk body (lampiran). Dari bentuk-bentuk body tersebut dijadikan satu dengan bantuan software AUTOCAD 2000 sehingga terbentuk body 3D.



Gambar 4.9. Gambar 3 Dimensi Anomali Magnetik



Gambar 4.10. Gambar 3 Dimensi Anomali Gravitasi

Dari bentuk cekungan 3 dimensi anomali magnetik dan anomali gravitasi diatas dapat dihitung tingkat resolusi untuk volumenya adalah sebagi berikut :

Tabel 4.5. Perbedaan Bentuk 3D Anomali Magnetik dan Gravitasi

	Anomali Magnetik	**Anomali Gravitasi**
	3D	**3D**
Volume	$0.24.10^{12}\ m^3$	$0.018.10^{16}\ m^3$

IV.2.3. Manfaat Dari Perbandingan Survey Magnetik Dan Gravitasi

Berdasarkan analisa perbandingan data dan pembahasan dengan studi literatur survey magnetik dan survey gravitasi maka manfaat dari perbandingan ini menunjukkan bahwa :

1. Kedua survey, yaitu magnetik dan gravitasi ini saling melengkapi dalam hal hasil interpretasi data.
2. Untuk survey magnetik berdasarkan parameter metode pelaksanaan maka dapat dilihat bahwa metode ini lebih sederhana daripada survey gravitasi,

sehingga membutuhkan waktu yang tidak begitu lama. Akan tetapi survey magnetik ini hanya dapat melingkupi area yang kecil atau untuk kebutuhan survey dengan luas area yang kecil. Dan sebaliknya untuk survey gravitasi dapat digunakan untuk area lokasi survey yang luas atau besar.

3. Sedangkan survey gravitasi berdasarkan tahap proses data dimana proses koreksi lebih banyak dan lengkap dibandingkan dengan survey magnetik. Akan tetapi kedua survey ini sama-sama menghasilkan data yang akurat akan tetapi memiliki perbedaan pada skala area survey.
4. Jadi kesimpulannya kedua survey ini memiliki karakteristik masing-masing yang saling melengkapi. Dan memiliki keuntungan dan kebaikan dilihat dari sudut pandang skala area lokasi, proses akuisisi data lapangan, proses koreksi dan lain-lain.
5. Manfaat dari studi perbandingan ini dapat diketahui secara detail survey geofisika dengan menggunakan metode magnetik dan gravitasi meliputi parameter metode pelaksanaan, tingkat akurasi dan resolusi baik pada tahap akuisisi data (pengambilan data), proses data (pengolahan data) dan interpretasi data.

BAB V

PENUTUP

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi perbandingan antara metode magnetik dan metode gravitasi adalah sebagai berikut :

1. Metode pelaksanaan

   a. Tahap Akusisi data

      Untuk survey magnetik prosedur pengambilan data menggunakan peralatan magnetometer (*marine* dan *ground*), sedangkan untuk survey gravitasi menggunakan peralatan gravitymeter (*underwater* dan *ground*). Dimana kedua peralatan ini harus dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk kegiatan survey geofisika..

   b. Tahap Proses Data

      Untuk survey magnetik proses pengolahan data dengan melakukan koreksi variasi harian, normal, medan magnet normal dan temperatur. Sedangkan survey gravitasi dimana dapat dibagi menjadi 2 yaitu ; pertama, koreksi data sekunder antara lain koreksi pada data kalibrasi alat, penentuan posisi, kedalaman dan ketinggian ; kedua, koreksi primer antara lain koreksi pasang surut, apungan alat, lintang dan udara bebas (*free air*).

c. Tahap Interpretasi Data

Untuk survey magnetik proses interpretasi data menggunakan software MAG2DC dan untuk survey gravitasi menggunakan software GRAV2DC. Dimana input data untuk survey magnetik adalah data *bearing*, inklinasi dan deklinasi, susceptibility, dan kedalaman. Sedangkan input data untuk survey gravitasi adalah density dan kedalaman.

2. Tingkat Akurasi

a. Tahap Akusisi Data

Tingkat akurasi untuk survey magnetik dan survey gravitasi dapat diamati dari tipe peralatan, kegiatan kalibrasi dan kondisi lokasi survey.

b. Tahap Proses Data

Untuk survey magnetik tahap akurasi pada proses data adalah difokuskan pada koreksi variasi harian dan koreksi medan magnet normal, sedangkan untuk survey gravitasi lebih difokuskan pada koreksi sekunder yaitu data kalibrasi, kedalaman dan ketinggian serta penentuan posisi dan koreksi primer yaitu koreksi pasang surut, apungan alat, lintang dan udara bebas (*free air*).

c. Tahap Interpretasi Data

Tingkat akurasi data untuk survey magnetik dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut : nilai error, bentuk kurva

perhitungan, *bearing*, inklinasi dan deklinasi serta kedalaman. Sedangkan data survey gravitasi dapat dipengaruhi oleh nilai error, bentuk kurva perhitungan, density dan kedalaman. Pada tahap ini tingkat akurasi data menunjukkan harga *susceptibility* menunjukkan harga – 0.020 dan harga *density* menujukan nilai 2.5 gram/cm^3.

3. Tingkat Resolusi

   a. Tahap Akusisi Data

      Tingkat resolusi data tahap akusisi dapat dilihat pada pola atau bentuk lintasan pengambilan data, dimana untuk survey magnetik harus memperhatikan adanya variasi harian, sedangkan untuk survey gravitasi berpola *looping* atau kitaran menutup.

   b. Tahap Proses Data

      Untuk survey magnetik dimana koreksi medan dan elevasi tidak dilakukan karena pengaruhnya yang lebih kecil daripada koreksi variasi harian dan medan magnet normal. Sedangkan untuk survey gravitasi untuk tingkat resolusi data dengan meniadakan pengaruh topografi yaitu melakukan koreksi bouguer dan medan.

   c. Tahap Interpretasi Data

      Dari bentuk 3 dimensi baik anomali magnetik dan gravitasi, maka volume 3 dimensi adalah **0,08.10^{12} meter kubik** atau

0,08 trilyun meter kubik sedangkan volume 3 dimensi dari anomali gravitasi adalah **$0{,}004.10^{16}$ meter kubik** atau **40 trilyun meter kubik.**

4. Manfaat yang dapat diambil dari adanya perbedaan ini dapat diketahui secar detail perbedaan survey geofisika dengan menggunakan metode magnetik dan gravitasi ditinjau dari parameter metode pelaksanaan, tingkat akurasi dan resolusi baik pada tahap akuisisi data, proses data dan interpretasi data. Selain itu dapat disimpulkan bahwa kedua metode ini memilki karakterisitik perbedaan masing-masing dengan hasil saling melengkapi serta dalam hal skala area lokasi survey.

V.2. Saran

Dari interpretasi data pada software Mag2DC dan GRAV2DC akan diperoleh posisi, kedalaman serta bentuk dari body, harga *susceptibility* dan *density*. Dari sini diketahui bahwa metode magnetik dan metode gravitasi merupakan metode identifikasi awal dari suatu material berupa mineral, batuan maupun minyak pada suatu lokasi anomali. Untuk lebih memperkuat lagi dari hasil analisa pada metode ini sangatlah diperlukan metode lanjutan seperti metode seismik untuk mengetahui struktur dari batuan pada dasar laut, serta untuk lebih memastikan kandungan dari mineral yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Arifin L., 1999, ***Jurnal : Marine Magnetic Search***, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.

Dobrin M.B., 1981, ***Introduction To Geophysical Prospecting***, Third Edition,Triad Oil Co. Ltd., Calgary, Alberta, Canada.

Dobrin M.B., 1960, ***Introduction To Geophysical Prospecting***, Third Edition,Triad Oil Co. Ltd., Calgary, Alberta, Canada.

DeProspo D. dkk.,2000, ***Journal : Marine Magnetic Acquisition***, Arete Engineering Technologies Corporation

DeProspo D. dkk., 2000, *Marine Magnetic Search*, Arete Engineering Technologies Corporation

Hutagaol J.P. dkk., 2000, ***Teori dan Aplikasi Metode Gravitasi Laut***, Bidang Geofisika Kelautan, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.

Hutagaol J.P., 1996, ***Laporan Penyelidikan Gravity Kelautan Di Daerah Perairan Cirebon, Jawa Barat***, Proyek Penyelidikan Geologi Kelautan, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.

Hartono H.M.S., 1988, ***Peta Sumber Daya Mineral Dan Energi Lepas Pantai Indonesia***, PPGL, Bandung.

Kusnida D. dkk, 1996, ***Penentuan Parameter Batuan Dasar Di Perairan Cekungan Sunda : Menggunakan Metoda Penafsiran Anomali Magnetik Kuantitatif***, Jurnal Geologi Dan Sumber Daya Mineral, PPGL, Bandung.

Kahar J., 1997, ***World Geodetic System 1984 (WGS 198)***, Jurnal Survey dan Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi FTSP-ITB, Bandung.

Kamiludin U. dkk., 1994, ***Peta Anomaly Magnetik Total Perairan Utara Cirebon*** *Lembar 1311*, PPGL, Bandung.

Lubis S., 2000, ***Teori dan Aplikasi Metode Magnetik Laut***, Bidang Geofisika Kelautan, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.

Lubis S dkk., 2000, ***Laporan Kegiatan Kalibrasi Peralatan Marine Magnetometer G-886***, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.

Laporan Berkala KGN, 2000, ***Survey Gaya Berat Di Laut Oleh PPGL Di Indonesia***

Memed M., 1991, ***Peta Sedimen Permukaan Dasar Laut Wilayah Laut Indonesia***, PPGL, Bandung.

Rochani I., Wahyudi, 1998/1999, ***Diktat Kuliah Teknologi Reservoir***, Jurusan Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.

Sharma, Prem V, 1997, ***Environmental and Engineering Geophysics***, Cambridge University Press, USA.

Subagio, 2000, ***Journal : Menentukan Nilai Gaya Berat Normal Berdasarkan Sistem Geodetik Global 1984 (WGS 1984)***, Bidang Pemetaan Geofisika Puslitbang Geologi DPE, Bandung.

Sobari I. dkk., 1993, ***Peta Anomaly Bouguer Indonesia***, P3G, Bandung.

Telford W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff, 1990, ***Apllied Geophysics***, Second Edition, Cambridge University Press, USA.

Tsuboi C., 1983, ***Gravity***, George Allen And Unwin Ltd, London.

Todd dkk., 1971, ***Data Geologi Perairan Sunda Jawa Barat***

www. Rockware.com/Grav2Dc, ***GRAV2DC for Windows (2.5D Gravity Data Modelling And Inversion for Windows)***, Rockware Inc.

www. Rockware.com/Mag2Dc, ***MAG2DC for Windows (2.5D Magnetic Data Modelling And Inversion for Windows***), Rockware Inc.

LAMPIRAN

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp / Fax. (031) 5928105, 5994251-5 Psw. 1104 – 1105

LEMBAR PRESENTASI KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : IVAN SUKMA
NRP : 4397 100 026
Dosen Pembimbing : Dr. M. Mustain M.Sc.
Tugas Dimulai :
Diselesaikan :
Judul Tugas Akhir : Studi Perbandingan Metode Magnetik Dan Metode Gravitasi Dalam Eksplorasi Lepas Pantai Di Perairan Cirebon

No.	Tanggal	Konsultasi Mengenai.	Tanda Tangan DosenPembimbing
1.	9/11 '2001	Pengerjaan Bab I & Bab II	
2.	Agustus 2001	Penentuan Peta & Implementasi Anomali Mag. & Grav.	
3.	September 2001	Penggabungan Skala Peta. Anomali & Geologi dll.	
4.	November 01	persiapan P-2 & Bab III	
5.	Desember 01	Perbaikan	
6.	Juni 02	Draft TA	
7.			
8.			
9.			
10.			

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp / Fax. (031) 5928105, 5994251-5 Psw. 1104 – 1105

LEMBAR PRESENTASI KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : IVAN SUKMA
NRP : 4397 100 026
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. WAHYUDI M.Sc.
Tugas Dimulai : .....
Diselesaikan : .....
Judul Tugas Akhir : Studi Perbandingan Metode Magnetik & Metode Gravitasi Dlm Eksplorasi lepas Pantai Di Perairan Utara Cirebon

No.	Tanggal	Konsultasi Mengenai.	Tanda Tangan DosenPembimbing
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

LAMPIRAN GAMBAR

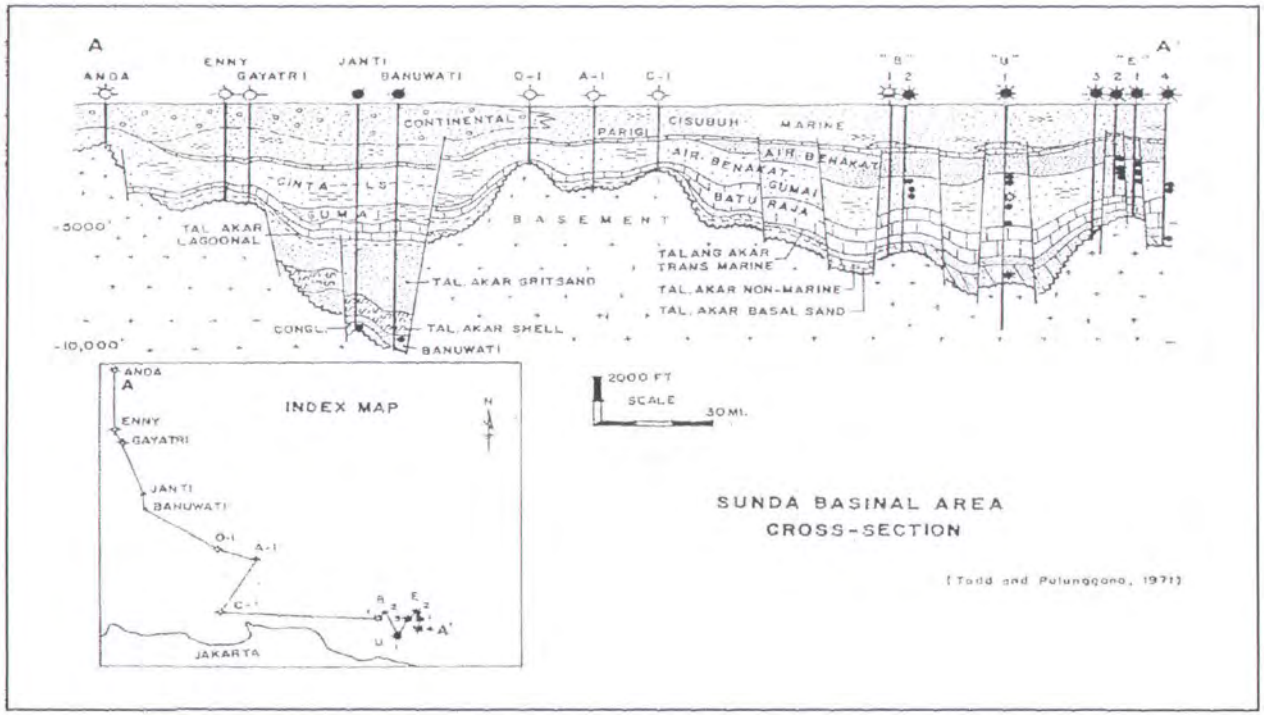
Gambar 1. Peta Anomali Magnetik, Anomali Gravitasi, Sedimentasi, Sumber Daya Alam Dan Mineral Dalam Ukuran Skala 1: 5.000.000

Keterangan Peta :

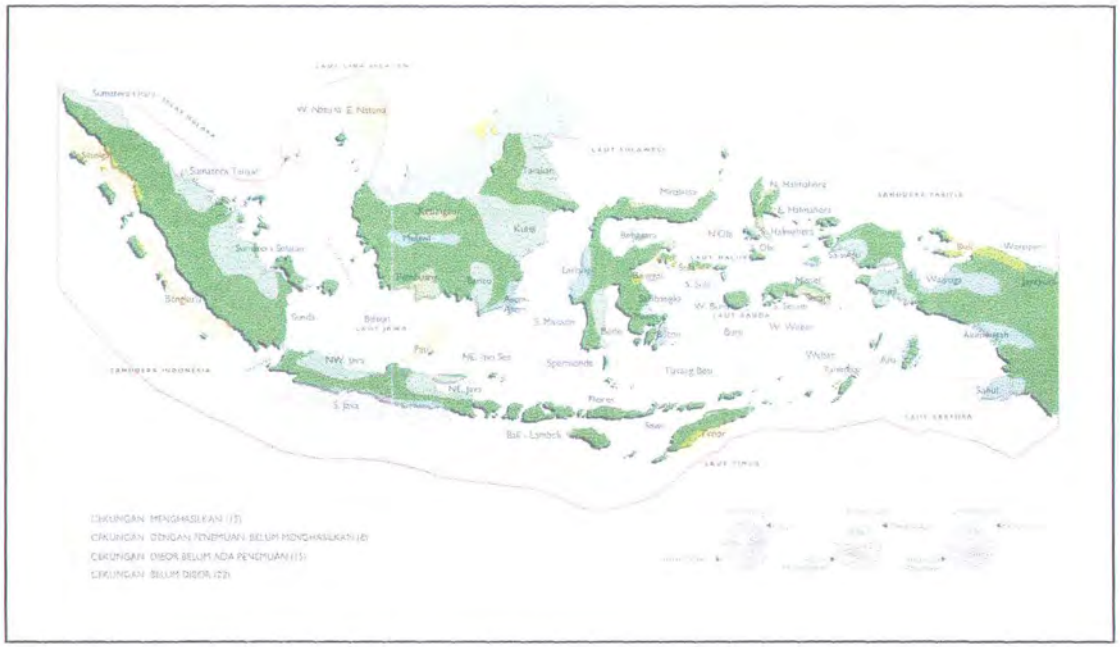
1. • : Kota Cirebon
2. : Cekungan Menghasilkan (Peta Cekungan Pertamina)
3. : Daerah berupa material konstruksi, batu, pasir dan kerikil.
4. : Cekungan Minyak, Gas Bumi Berproduksi (Peta SDA dan Energi Lepas Pantai Indonesia).
5. : Cekungan Sedimen Sudah Ada Penemuan Minyak Dan Gas Bumi.
6. : Peta Anomali Magnetik
7. : Lokasi Kontur Anomali Magnetik Yang Di Analisa.
8. : Kontur Anomali Gravitasi Yang Dia Analisa.
9. : Daerah Berupa Material Lumpur.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

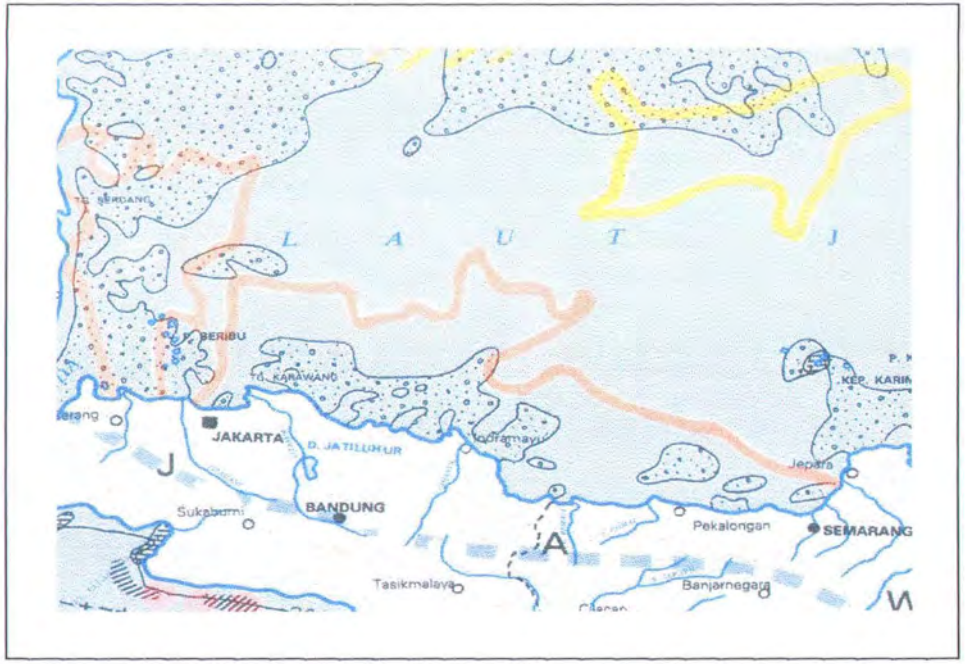
Gambar 2. Peta Sedimentasi Permukaan Dasar Laut Wilayah Laut Indonesia (Masria M.,1991)



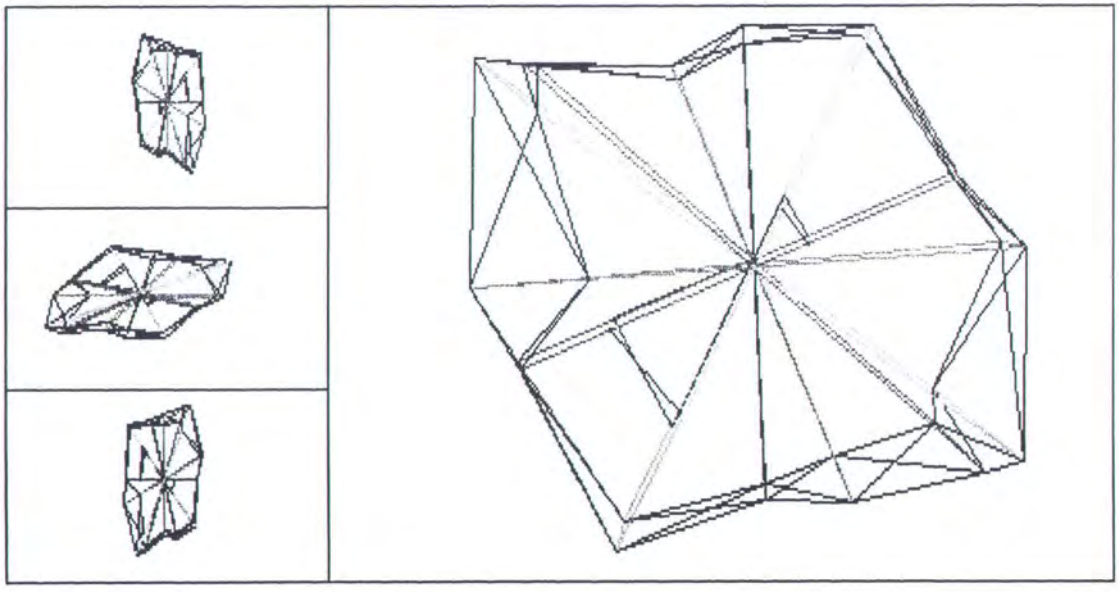
Gambar 3. Data Geologi Perairan Sunda (Todd dan Pulunggono, 1971)



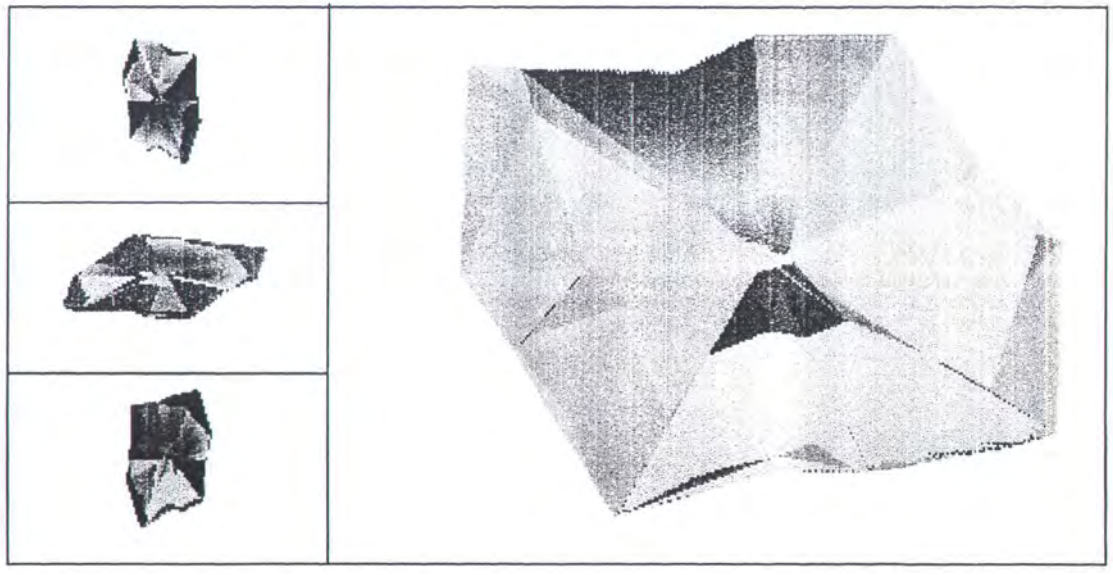
Gambar 4. Peta Cekungan Minyak Indonesia (Pertamina)



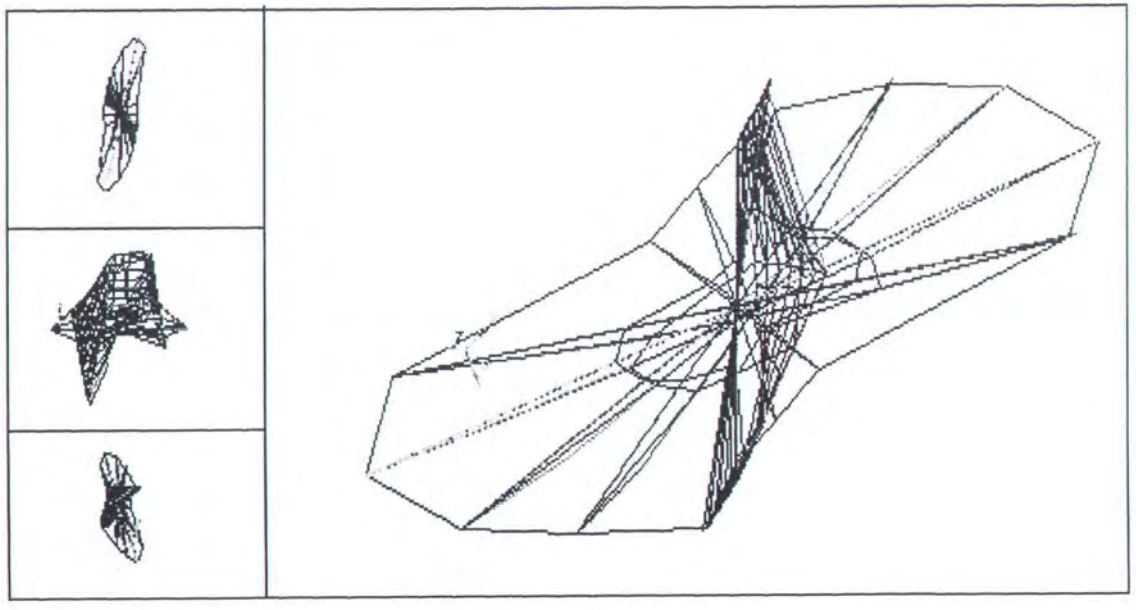
Gambar 5. Peta Sumber Daya Mineral Dan Energi Lepas Pantai Indonesia (Hartono H.M.S., 1988)



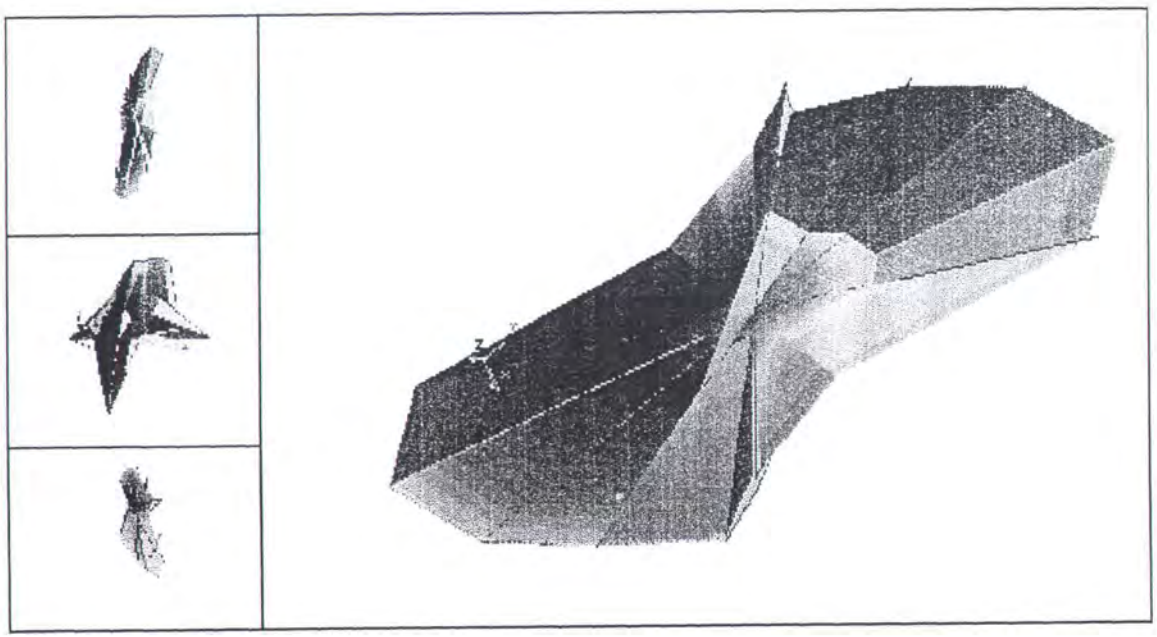
Gambar 6. Bentuk Rangka 3D Anomali Gravitasi



Gambar 7. Bentuk Solid 3D Anomali Gravitasi



Gambar 8. Bentuk Rangka 3D Anomali Magnetik



Gambar 9. Bentuk Solid 3D Anomali Magnetik

LAMPIRAN

TABEL DATA GARIS TARIKAN PADA

ANOMALI MAGNETIK DAN ANOMALI GRAVITASI

Tabel 1 : Data Tarikan dari Peta Anomali Magnetik

Line 1 dg bearing 75		Line 2 dg bearing 65		Line 3 dg bearing 31.5		Line 4 dg bearing 3		Line 5 dg bearing 335		Line 6 dg bearing 114		Line 7 dg bearing 102		Line 8 dg bearing 87	
Posisi (m)	Intensitas magnet (nT)	Posisi (m)	Intensitas magnet (nT)	Posisi (m)	Intensitas magnet (nT)	Posisi (m)	Intensitas magnet (nT)	posisi (m)	intensitas magnet (nT)	Posisi (m)	intensitas magnet (nT)	posisi (m)	intensitas magnet (nT)	posisi (m)	intensitas magnet (nT)
0	44800	0	44800	0	44800	0	44800	0	44800	0	44800	0	44800	0	44800
1250	44775	875	44775	125	44775	500	44775	500	44775	125	44775	375	44775	500	44775
2500	44750	1750	44750	250	44750	750	44750	1000	44750	250	44750	750	44750	1000	44750
3875	44725	3125	44725	375	44725	1125	44725	1437.5	44725	500	44725	1125	44725	1812.5	44725
5250	44700	4500	44700	500	44700	1500	44700	1875	44700	750	44700	1500	44700	2625	44700
6062.5	44675	5500	44675	625	44675	1875	44675	2312.5	44675	937.5	44675	1750	44675	3062.5	44675
6875	44650	6500	44650	750	44650	2250	44650	2750	44650	1125	44650	2000	44650	3500	44650
7437.5	44625	7250	44625	875	44625	2750	44625	3125	44625	1312.5	44625	2250	44625	3875	44625
8000	44600	8000	44600	1000	44600	3250	44600	3500	44600	1500	44600	2500	44600	4250	44600
8500	44575	8500	44575	1125	44575	3375	44575	3750	44575	1750	44575	2750	44575	4625	44575
9000	44550	9000	44550	1250	44550	3500	44550	4000	44550	2000	44550	3000	44550	5000	44550
9375	44525	9375	44525	1312.5	44525	3750	44525	4250	44525	2250	44525	3250	44525	5312.5	44525
9750	44500	9750	44500	1375	44500	4000	44500	4500	44500	2500	44500	3500	44500	5625	44500
10187.5	44475	10125	44475	1437.5	44475	4125	44475	4750	44475	2625	44475	3875	44475	5937.5	44475
10625	44450	10500	44450	1500	44450	4250	44450	5000	44450	2750	44450	4250	44450	6250	44450
11062.5	44425	10875	44425	1625	44425	4500	44425	5250	44425	2937.5	44425	4500	44425	6562.5	44425
11500	44400	11250	44400	1750	44400	4750	44400	5500	44400	3125	44400	4750	44400	6875	44400
28625	44400	23250	44400	6125	44400	8750	44400	10500	44400	10750	44400	15750	44400	23250	44400
29437.5	44425	23625	44425	6250	44425	8775	44425	10625	44425	11000	44425	16000	44425	23625	44425
30250	44450	24000	44450	6375	44450	9000	44450	10750	44450	11250	44450	16250	44450	24000	44450
30875	44475	24250	44475	6437.5	44475	9062.5	44475	10875	44475	11500	44475	16500	44475	24625	44475
31500	44500	24500	44500	6500	44500	9125	44500	11000	44500	11750	44500	16750	44500	25250	44500
32125	44525	24750	44525	6750	44525	9187.5	44525	11062.5	44525	12125	44525	17250	44525	25750	44525
32750	44550	25000	44550	7000	44550	9250	44550	11125	44550	12500	44550	17750	44550	26250	44550
33937.5	44575	25375	44575	7250	44575	9312.5	44575	11250	44575	12875	44575	18250	44575	26687.5	44575
35125	44600	25750	44600	7500	44600	9375	44600	11375	44600	13250	44600	18750	44600	27125	44600
36000	44625	26125	44625	8125	44625	9437.5	44625	11437.5	44625	14187.5	44625	19625	44625	27812.5	44625
36875	44650	26500	44650	8750	44650	9500	44650	11500	44650	15125	44650	20500	44650	28500	44650
37875	44675	27375	44675	9125	44675	9687.5	44675	11625	44675	15812.5	44675	21125	44675	29375	44675
38875	44700	28250	44700	9500	44700	9875	44700	11750	44700	16500	44700	21750	44700	30250	44700
39562.5	44725	34375	44725	10000	44725	9937.5	44725	11875	44725	16875	44725	22000	44725	30750	44725
40250	44750	40000	44750	10500	44750	10000	44750	12000	44750	17250	44750	22250	44750	31250	44750
		43000	44775	10875	44775	10125	44775	12125	44775	17500	44775	22750	44775	32250	44775
		50000	44800	11250	44800	10250	44800	12250	44800	17750	44800	23250	44800	33250	44800

Tabel 2 : Data Tarikan dari Peta Anomali Gravitasi

Line 1		Line 2		Line 3		Line 4		Line 5		Line 6		Line 7	
Posisi (m)	Intensitas Gravitasi	Posisi (m)	Intensitas Gravitasi	Posisi (m)	Intensitas Gravitasi	Posisi (m)	Intensitas Gravitasi	Posisi (m)	Intensitas Gravitasi	Posisi (m)	Intensitas Gravitasi	Posisi (m)	Intensitas Gravitasi
0.0	25.0	0.0	25.0	0.0	25.0	0.0	25.0	0.0	25.0	0.0	25.0	0.0	25.0
15.0	29.3	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	35.8	50.0	42.3	5.0	27.27
37.5	45.1	100.0	50.0	100.0	50.0	100.0	50.0	100.0	45.7	100.0	50.0	50.0	50.0
50.0	50.0	150.0	50.0	150.0	50.0	150.0	50.0	150.0	50.0	150.0	50.0	100.0	50.0
100.0	50.0	200.0	50.0	200.0	50.0	200.0	50.0	200.0	50.0	200.0	50.0	150.0	50.0
150.0	50.0	250.0	50.0	250.0	50.0	250.0	50.0	250.0	50.0	250.0	50.0	200.0	50.0
200.0	50.0	300.0	50.0	300.0	50.0	300.0	50.0	300.0	50.0	300.0	50.0	250.0	50.0
250.0	50.0	350.0	50.0	350.0	50.0	350.0	50.0	350.0	50.0	350.0	50.0	300.0	50.0
300.0	50.0	400.0	50.0	400.0	25.0	400.0	45.45	400.0	50.0	400.0	50.0	350.0	50.0
350.0	50.0	450.0	50.0			450.0	34.09	450.0	50.0	450.0	50.0	400.0	50.0
400.0	50.0	500.0	50.0			500.0	25.0	500.0	50.0	500.0	50.0	450.0	50.0
450.0	50.0	550.0	25.0					550.0	45.7	550.0	43.75	500.0	50.0
500.0	50.0							600.0	36.3	600.0	37.15	550.0	45.7
550.0	25.0							650.0	25.0	650.0	29.86		
										700.0	25.0		

LAMPIRAN

DATA OUTPUT

SOFTWARE MAG2DC DAN GRAV2DC

Data Output Garis Ke 1 Anomali Gravitasi

GRAV2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 14 Observation points.
The units used were Km.

Body 1
No. of corners is 4 Density contrast : 2.500
Strike lengths : 100.00 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

42.592	1.427
510.913	1.630
434.956	1.837
10.859	1.653

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-0.2	0.4
15.0	3.9	3.9
37.0	19.9	20.3
50.0	24.8	24.4
100.0	24.8	24.8
150.0	24.8	24.9
200.0	24.8	24.9
250.0	24.8	24.9
300.0	24.8	24.9
350.0	24.8	24.9
400.0	24.8	24.8
450.0	19.9	19.8
500.0	3.7	3.8
550.0	-0.2	0.1

Data Output Garis Ke 2 Anomali Gravitasi

GRAV2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 12 Observation points.
The units used were Km.

Body 1
No. of corners is 4 Density contrast : 2.500
Strike lengths : 100.00 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

31.874	1.374
506.841	1.282
534.670	1.521
19.036	1.620

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.2	0.4
50.0	25.2	24.9
100.0	25.2	25.2
150.0	25.2	25.2
200.0	25.2	25.3
250.0	25.2	25.3
300.0	25.2	25.3
350.0	25.2	25.3
400.0	25.2	25.3
450.0	25.2	25.2
500.0	25.2	24.8
550.0	0.2	0.3

Data Output Garis Ke 3 Anomali Gravitasi

GRAV2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 9 Observation points.
The units used were Km.

Body 1
No. of corners is 4 Density contrast : 2.500
Strike lengths : 100.00 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

362.993	1.457
360.545	1.701
14.927	1.647
15.584	1.409

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-0.2	0.7
50.0	24.8	24.5
100.0	24.8	24.8
150.0	24.8	24.9
200.0	24.8	25.0
250.0	24.8	25.1
300.0	24.8	25.1
350.0	24.8	24.3
400.0	-0.2	0.2

Data Output Garis Ke 4 Anomali Gravitasi

GRAV2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 11 Observation points.
The units used were Km.

Body 1
No. of corners is 4 Density contrast : 2.500
Strike lengths : 100.00 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

478.046	1.598
7.013	1.664
49.135	1.408
387.908	1.375

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.2	0.5
50.0	25.1	25.0
100.0	25.1	25.6
150.0	25.1	25.5
200.0	25.0	25.3
250.0	25.0	25.0
300.0	25.0	24.8
350.0	24.9	24.5
400.0	20.3	21.0
450.0	9.0	7.7
500.0	-0.2	0.1

Data Output Garis Ke 5 Anomali Gravitasi

GRAV2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 14 Observation points.
The units used were Km.

Body 1
No. of corners is 4 Density contrast : 2.500
Strike lengths : 100.00 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

3.579	1.364
532.910	1.342
651.043	1.580
115.887	1.598

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-0.2	0.3
50.0	10.7	10.3
100.0	20.6	21.2
150.0	24.9	24.7
200.0	24.9	24.8
250.0	25.0	24.9
300.0	25.0	24.9
350.0	25.0	25.0
400.0	25.0	25.0
450.0	25.1	25.0
500.0	25.1	25.0
550.0	20.8	21.4
600.0	11.4	10.9
650.0	0.2	0.6

Data Output Garis Ke 6 Anomali Gravitasi

GRAV2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 15 Observation points.
The units used were Km.

Body 1
No. of corners is 4 Density contrast : 2.500
Strike lengths : 100.00 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

510.505	1.447
680.424	1.684
42.046	1.692
51.419	1.452

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-0.2	0.2
50.0	19.1	19.1
100.0	24.8	24.8
150.0	24.8	24.8
200.0	24.8	24.9
250.0	24.8	24.9
300.0	24.8	24.8
350.0	24.8	24.8
400.0	24.8	24.8
450.0	24.8	24.8
500.0	24.8	24.7
550.0	18.6	19.0
600.0	12.0	11.7
650.0	4.7	4.5
700.0	-0.2	0.1

Data Output Garis Ke 7 Anomali Gravitasi

GRAV2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 13 Observation points.
The units used were Km.

Body 1
No. of corners is 4 Density contrast : 2.500
Strike lengths : 100.00 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

450.178	1.507
506.282	1.768
7.213	1.608
16.846	1.373

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-0.2	0.9
5.0	2.1	1.9
50.0	24.8	24.6
100.0	24.8	24.8
150.0	24.8	24.9
200.0	24.8	24.9
250.0	24.8	25.0
300.0	24.8	25.0
350.0	24.8	25.0
400.0	24.8	25.0
450.0	24.8	24.3
500.0	3.2	3.2
550.0	-0.2	0.1

Data Output Garis Ke 1 Anomali Magnetik

```
MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 32 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0  Inclination : -35.0  Declination :   0.0
The profile bearing was   75.0 degrees.
The reference height used was   1.0
The units used were m.

Body 1
 No. of corners is 4    Susceptibility contrast : -0.0200
 Strike length :  100.00
 X and Y positions of the bodys corners:-
          11520.817      120.883
              0.000      414.201
          39345.760      136.225
          17840.183       39.380
```

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-6.4
1250.0	-24.9	-20.1
2500.0	-49.9	-38.1
3875.0	-74.8	-63.1
5250.0	-99.7	-94.8
6062.5	-124.7	-117.8
6875.0	-149.6	-144.6
7437.5	-174.6	-165.9
8000.0	-199.6	-189.9
8500.0	-224.6	-213.8
9000.0	-249.5	-240.5
9375.0	-274.5	-262.6
9750.0	-299.5	-286.7
10187.5	-324.5	-317.7
10625.0	-349.5	-352.1
11062.5	-374.4	-389.8
11500.0	-399.4	-423.6
28625.0	-398.5	-426.8
29437.5	-373.5	-394.1
30250.0	-348.5	-361.6
30875.0	-323.4	-336.7
31500.0	-298.4	-311.9
32125.0	-273.4	-287.1
32750.0	-248.3	-262.4
33937.5	-223.3	-215.3
35125.0	-198.2	-168.0
36000.0	-173.2	-132.8
36875.0	-148.1	-97.4
37875.0	-123.1	-56.4
38875.0	-98.0	-15.6
39562.5	-73.0	-2.9
40250.0	-47.9	-0.9

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Data Output Garis Ke 2 Anomali Magnetik

MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 33 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0 Inclination : -35.0 Declination : 0.0
The profile bearing was 65.0 degrees.
The reference height used was 100.0
The units used were m.
Body 1
No. of corners is 4 Susceptibility contrast : -0.0200
Strike length : 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

11494.593	17.320
-838.806	432.575
36138.918	471.489
23278.813	9.848

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-19.4
875.0	-25.0	-29.2
1750.0	-50.0	-40.5
3125.0	-75.0	-61.6
4500.0	-100.0	-87.9
5500.0	-125.0	-111.4
6500.0	-150.0	-130.5
6501.0	-139.8	-145.0
7250.0	-175.0	-165.4
8000.0	-200.0	-195.6
8500.0	-225.0	-218.9
9000.0	-250.0	-245.4
9375.0	-275.0	-267.7
9750.0	-300.0	-292.4
10125.0	-325.0	-319.8
10500.0	-350.0	-350.3
10875.0	-375.0	-383.8
11250.0	-400.0	-417.6
23250.0	-400.0	-416.1
23625.0	-375.0	-367.9
24000.0	-350.0	-332.2
24250.0	-325.0	-310.2
24500.0	-300.0	-289.8
24750.0	-275.0	-270.9
25000.0	-250.0	-253.4
25375.0	-225.0	-229.6
25750.0	-200.0	-208.3
26125.0	-175.0	-189.1
26500.0	-150.0	-171.8
27375.0	-125.0	-137.6
28250.0	-100.0	-109.9
34375.0	-75.0	-8.1
40000.0	-50.0	-0.5

Data Output Garis Ke 3 Anomali Magnetik

MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 34 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0 Inclination : -35.0 Declination : 0.0
The profile bearing was 52.0 degrees.
The reference height used was 1.0
The units used were m.
Body 1
No. of corners is 4 Susceptibility contrast : -0.0200
Strike length : 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

6118.646	31.495
0.000	828.402
18645.872	0.001
15185.204	0.001

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-23.6
562.5	-25.0	-23.6
1125.0	-50.0	-32.3
1875.0	-75.0	-44.9
2625.0	-100.0	-62.1
3250.0	-125.0	-82.9
3875.0	-150.0	-114.2
4375.0	-175.0	-152.6
4875.0	-200.0	-213.1
5125.0	-225.0	-257.6
5375.0	-250.0	-317.3
5812.5	-275.0	-477.8
6250.0	-300.0	-332.5
6500.0	-325.0	-331.8
6750.0	-350.0	-333.7
7000.0	-375.0	-335.2
7250.0	-400.0	-336.5
15000.0	-400.0	-276.6
15125.0	-375.0	-271.1
15250.0	-350.0	-253.9
15312.5	-325.0	-250.7
15375.0	-300.0	-247.3
15500.0	-275.0	-240.0
15625.0	-250.0	-232.3
15937.5	-225.0	-210.9
16250.0	-200.0	-186.4
16500.0	-175.0	-164.2
16750.0	-150.0	-139.4
16875.0	-125.0	-125.9
17000.0	-100.0	-111.7
17125.0	-75.0	-96.7
17250.0	-50.0	-80.9
17375.0	-25.0	-64.4

Data Output Garis Ke 4 Anomali Magnetik

```
MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 34 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0  Inclination : -35.0  Declination :   0.0
The profile bearing was    3.0 degrees.
The reference height used was 100.0
The units used were m.
Body 1
 No. of corners is 4    Susceptibility contrast : -0.0200
 Strike length :  100.00
 X and Y positions of the bodys corners:-
             -8.316       147.929
           3861.256        32.540
           8117.146        14.101
          10108.904       255.918
```

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	8.8
500.0	-25.0	10.4
750.0	-50.0	-3.3
1125.0	-75.0	-28.1
1500.0	-100.0	-55.6
1875.0	-125.0	-85.4
2250.0	-150.0	-117.6
2750.0	-175.0	-164.5
3250.0	-200.0	-216.2
3375.0	-225.0	-229.9
3500.0	-250.0	-243.9
3750.0	-275.0	-275.6
4000.0	-300.0	-331.5
4125.0	-325.0	-344.7
4250.0	-350.0	-352.5
4500.0	-375.0	-363.5
4750.0	-400.0	-372.6
8750.0	-400.0	-416.4
8875.0	-375.0	-371.9
9000.0	-350.0	-332.0
9062.5	-325.0	-313.6
9125.0	-300.0	-296.1
9187.5	-275.0	-279.5
9250.0	-250.0	-263.8
9312.5	-225.0	-248.8
9375.0	-200.0	-234.5
9437.5	-175.0	-220.9
9500.0	-150.0	-207.8
9687.5	-125.0	-171.1
9875.0	-100.0	-135.2
9937.5	-75.0	-122.5
10000.0	-50.0	-109.2
10125.0	-25.0	-81.7
10250.0	0.0	-57.1

Data Output Garis Ke 5 Anomali Magnetik

MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 34 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0 Inclination : -35.0 Declination : 0.0
The profile bearing was 335.0 degrees.
The reference height used was 100.0
The units used were m.
Body 1
No. of corners is 4 Susceptibility contrast : -0.0200
Strike length : 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

62.127	70.475
4508.492	0.001
9967.565	0.001
11882.549	438.957

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	10.1
500.0	-25.0	27.9
1000.0	-50.0	-11.0
1437.5	-75.0	-46.4
1875.0	-100.0	-81.3
2312.5	-125.0	-115.5
2750.0	-150.0	-149.4
3125.0	-175.0	-178.2
3500.0	-200.0	-207.0
3750.0	-225.0	-226.3
4000.0	-250.0	-245.6
4250.0	-275.0	-264.9
4500.0	-300.0	-294.6
4750.0	-325.0	-325.9
5000.0	-350.0	-334.6
5250.0	-375.0	-341.0
5500.0	-400.0	-346.7
10500.0	-400.0	-441.1
10625.0	-375.0	-382.6
10750.0	-350.0	-333.6
10875.0	-325.0	-292.2
11000.0	-300.0	-256.7
11062.5	-275.0	-240.8
11125.0	-250.0	-225.9
11250.0	-225.0	-198.6
11375.0	-200.0	-173.7
11437.5	-175.0	-161.8
11500.0	-150.0	-150.3
11625.0	-125.0	-127.5
11750.0	-100.0	-105.1
11875.0	-75.0	-83.5
12000.0	-50.0	-64.0
12125.0	-25.0	-48.1
12250.0	0.0	-36.0

Data Output Garis Ke 6 Anomali Magnetik

MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 34 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0 Inclination : -35.0 Declination : 0.0
The profile bearing was 114.0 degrees.
The reference height used was 100.0
The units used were m.
Body 1
No. of corners is 4 Susceptibility contrast : -0.0200
Strike length : 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

2817.460	0.000
0.000	71.006
24113.802	1291.843
10841.280	32.293

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.2
125.0	-25.0	-2.5
250.0	-50.0	-3.7
500.0	-75.0	-32.3
750.0	-100.0	-65.8
937.5	-125.0	-91.3
1125.0	-150.0	-116.8
1312.5	-175.0	-142.1
1500.0	-200.0	-167.2
1750.0	-225.0	-200.6
2000.0	-250.0	-233.8
2250.0	-275.0	-266.9
2500.0	-300.0	-299.6
2625.0	-325.0	-315.5
2750.0	-350.0	-332.2
2937.5	-375.0	-367.3
3125.0	-400.0	-380.3
10750.0	-400.0	-404.7
11000.0	-375.0	-420.1
11250.0	-350.0	-378.6
11500.0	-325.0	-333.3
11750.0	-300.0	-293.9
12125.0	-275.0	-245.9
12500.0	-250.0	-208.3
12875.0	-225.0	-178.3
13250.0	-200.0	-154.1
14187.5	-175.0	-110.2
15125.0	-150.0	-81.4
15812.5	-125.0	-66.1
16500.0	-100.0	-54.1
16875.0	-75.0	-48.7
17250.0	-50.0	-43.8
17500.0	-25.0	-40.9
17750.0	0.0	-38.2

Data Output Garis Ke 7 Anomali Magnetik

MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 34 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0 Inclination : -35.0 Declination : 0.0
The profile bearing was 102.0 degrees.
The reference height used was 100.0
The units used were m.
Body 1
No. of corners is 4 Susceptibility contrast : -0.0200
Strike length : 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

3737.888	30.416
205.026	203.122
23263.901	236.686
15992.063	23.669

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-8.9
375.0	-25.0	-13.9
750.0	-50.0	-28.0
1125.0	-75.0	-50.3
1500.0	-100.0	-77.2
1750.0	-125.0	-97.6
2000.0	-150.0	-120.0
2250.0	-175.0	-144.7
2500.0	-200.0	-171.8
2750.0	-225.0	-201.6
3000.0	-250.0	-234.2
3250.0	-275.0	-269.7
3500.0	-300.0	-306.1
3875.0	-325.0	-360.5
4250.0	-350.0	-378.1
4500.0	-375.0	-381.6
4750.0	-400.0	-383.8
15750.0	-400.0	-421.7
16000.0	-375.0	-415.7
16250.0	-350.0	-403.7
16500.0	-325.0	-378.7
16750.0	-300.0	-352.8
17250.0	-275.0	-304.5
17750.0	-250.0	-261.7
18250.0	-225.0	-223.9
18750.0	-200.0	-190.4
19625.0	-175.0	-140.3
20500.0	-150.0	-99.1
21125.0	-125.0	-74.0
21750.0	-100.0	-51.9
22000.0	-75.0	-43.9
22250.0	-50.0	-36.4
22750.0	-25.0	-22.9
23250.0	0.0	-11.0

Data Output Garis Ke 8 Anomali Magnetik

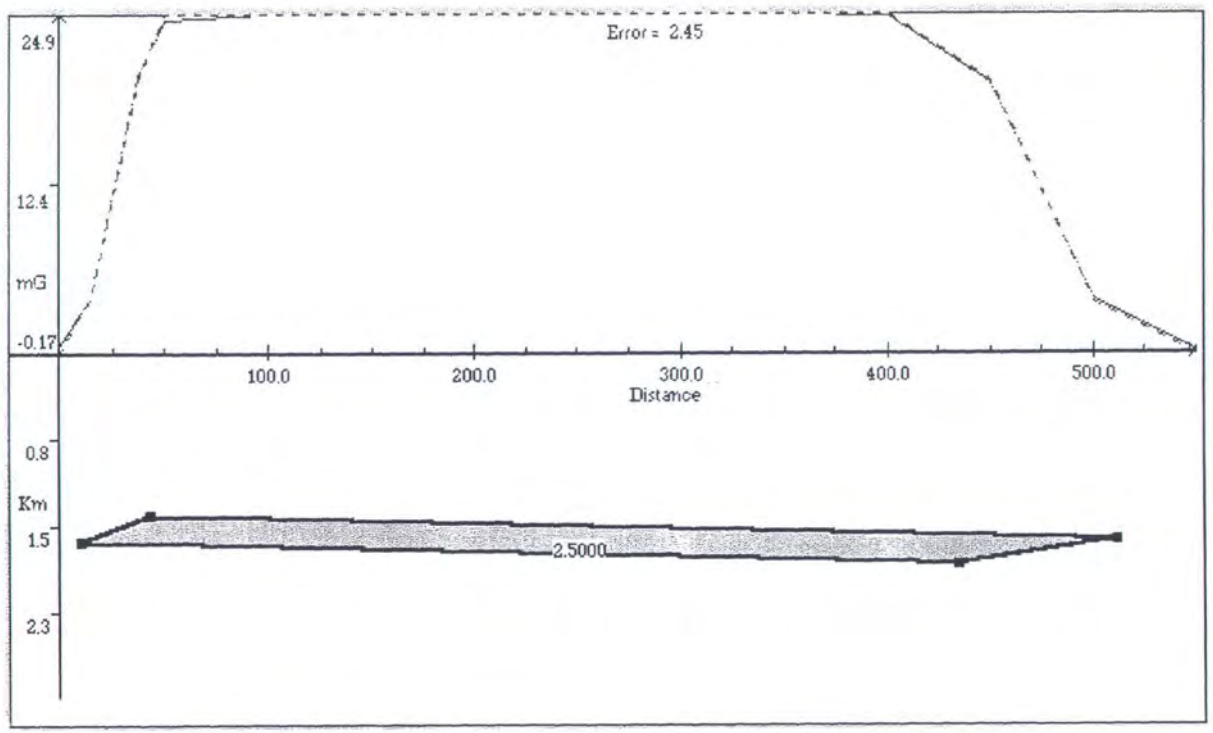
MAG2DC FOR WINDOWS
There is one body in the model.
There are 34 Observation points.
Geomagnetic Field Parameters:-
Intensity : 45000.0 Inclination : -35.0 Declination : 0.0
The profile bearing was 87.0 degrees.
The reference height used was 1.0
The units used were m.
Body 1
No. of corners is 4 Susceptibility contrast : -0.0200
Strike length : 100.00
X and Y positions of the bodys corners:-

6299.197	138.214
559.076	351.003
32682.944	192.330
23052.348	111.410

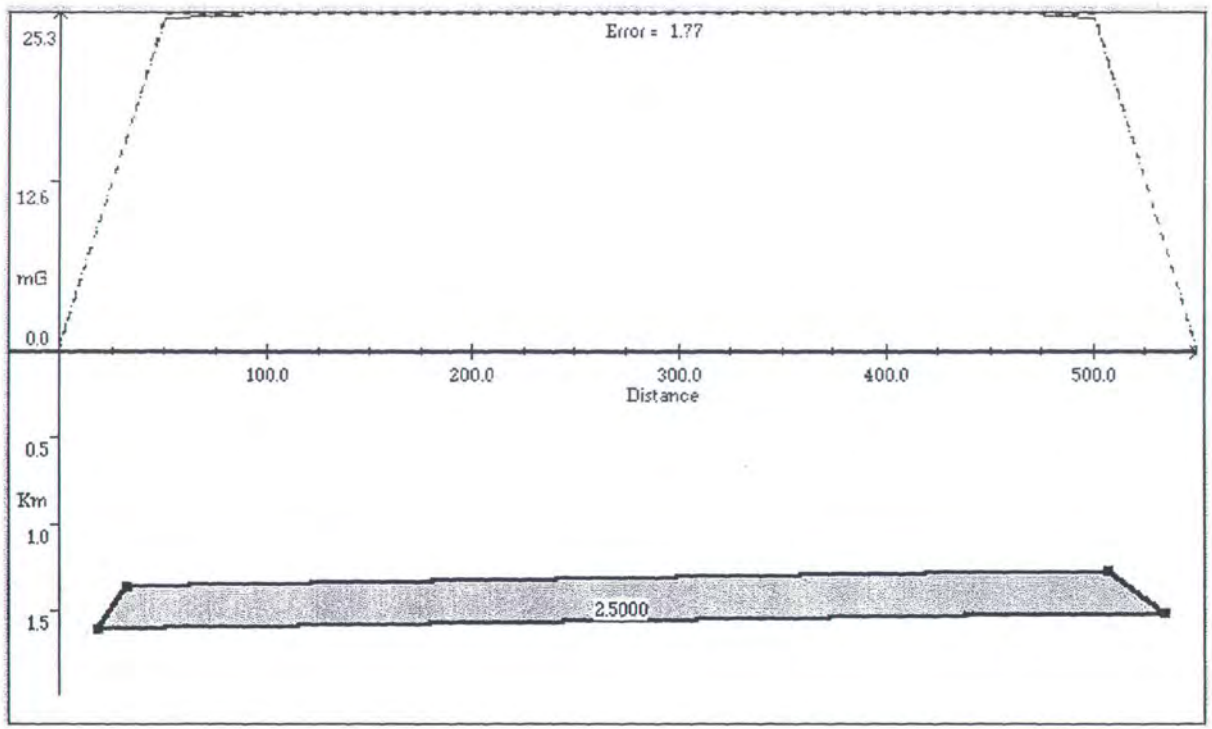
Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-4.1
500.0	-25.0	-10.2
1000.0	-50.0	-20.4
1812.5	-75.0	-46.7
2625.0	-100.0	-81.3
3062.5	-125.0	-103.4
3500.0	-150.0	-128.4
3875.0	-175.0	-152.4
4250.0	-200.0	-179.1
4625.0	-225.0	-209.0
5000.0	-250.0	-242.4
5312.5	-275.0	-273.2
5625.0	-300.0	-306.9
5937.5	-325.0	-342.3
6250.0	-350.0	-369.7
6562.5	-375.0	-386.3
6875.0	-400.0	-391.7
23250.0	-400.0	-392.8
23625.0	-375.0	-375.2
24000.0	-350.0	-356.4
24625.0	-325.0	-325.3
25250.0	-300.0	-295.3
25750.0	-275.0	-272.0
26250.0	-250.0	-249.2
26687.5	-225.0	-229.9
27125.0	-200.0	-210.9
27812.5	-175.0	-182.0
28500.0	-150.0	-153.9
29375.0	-125.0	-119.5
30250.0	-100.0	-86.4
30750.0	-75.0	-68.0
31250.0	-50.0	-50.1
32250.0	-25.0	-16.4
33250.0	0.0	-1.9

LAMPIRAN

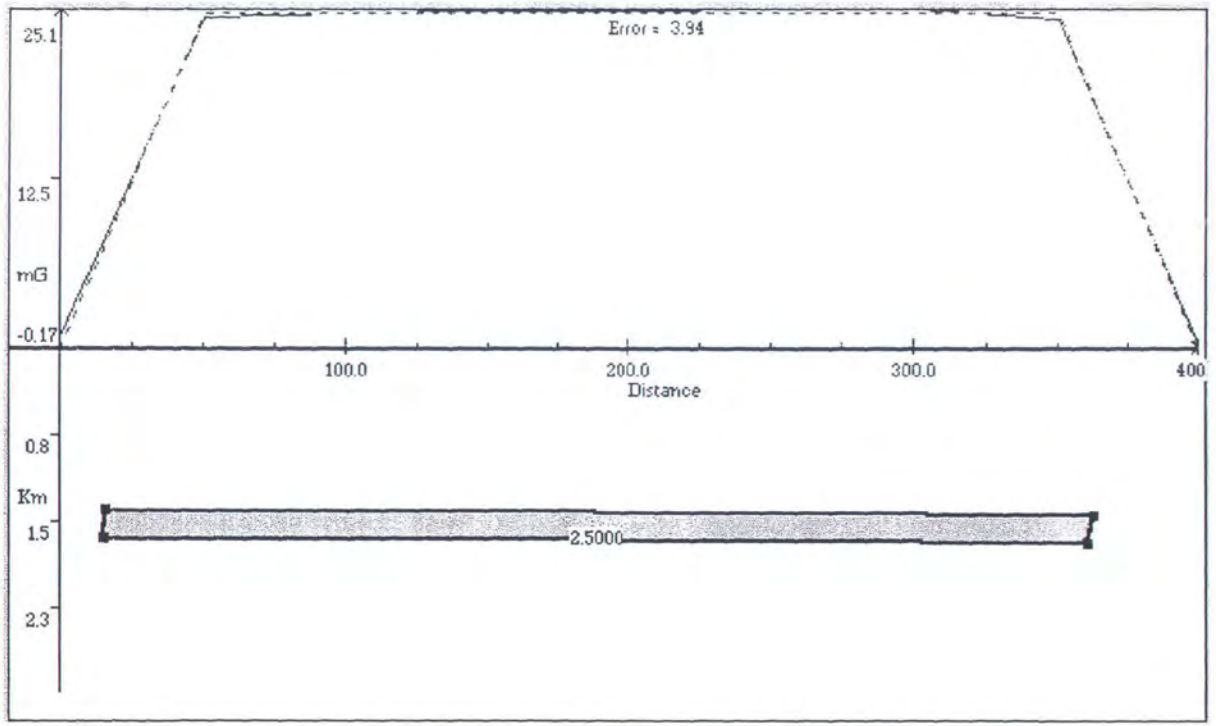
BENTUK KURVA DAN BODY TIAP GARIS TARIKAN PADA ANOMALI MAGNETIK DAN ANOMALI GRAVITASI



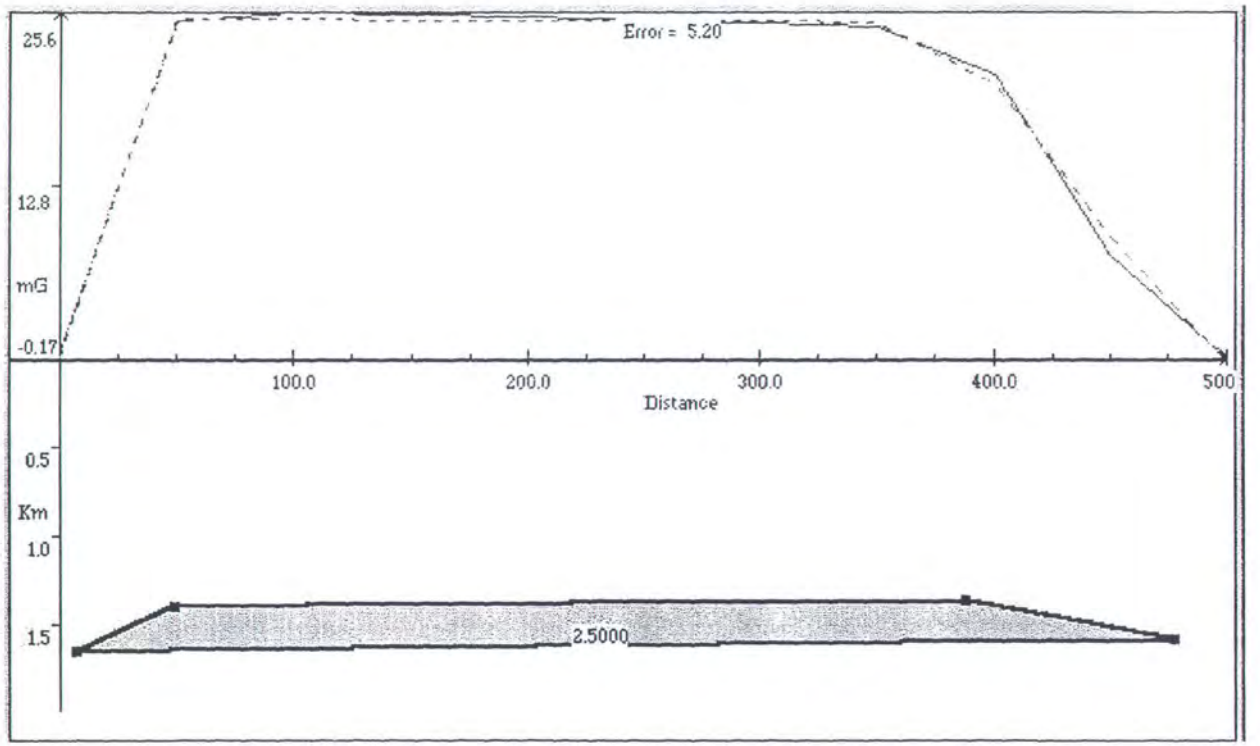
Gambar 10. Kurva Dan Body Garis Tarikan 1 Anomali Gravitasi



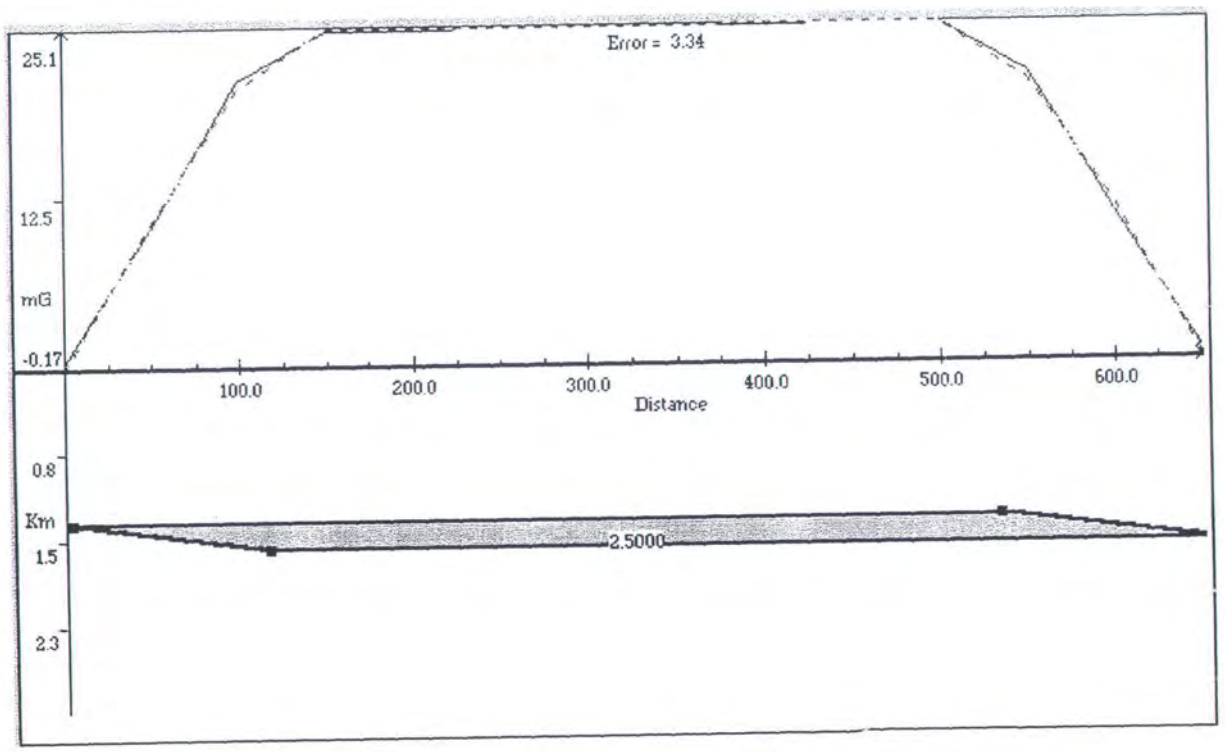
Gambar 11. Kurva Dan Body Garis Tarikan 2 Anomali Gravitasi



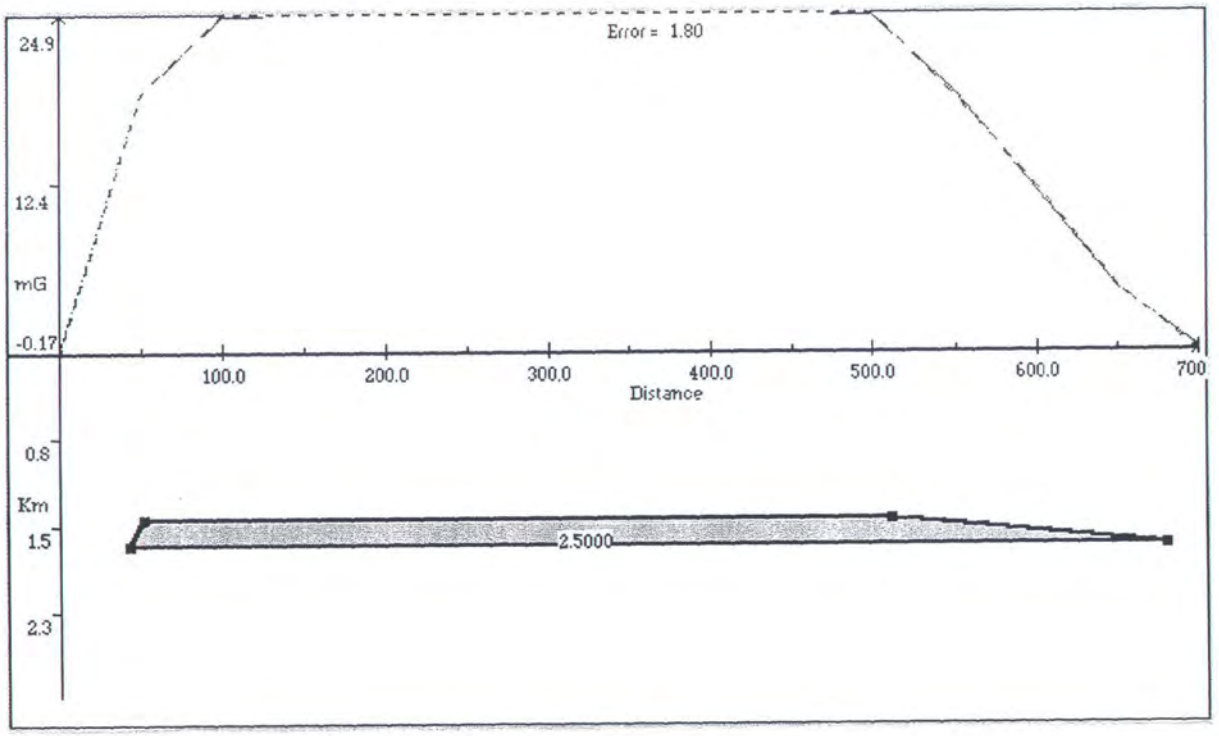
Gambar 12. Kurva Dan Body Garis Tarikan 3 Anomali Gravitasi



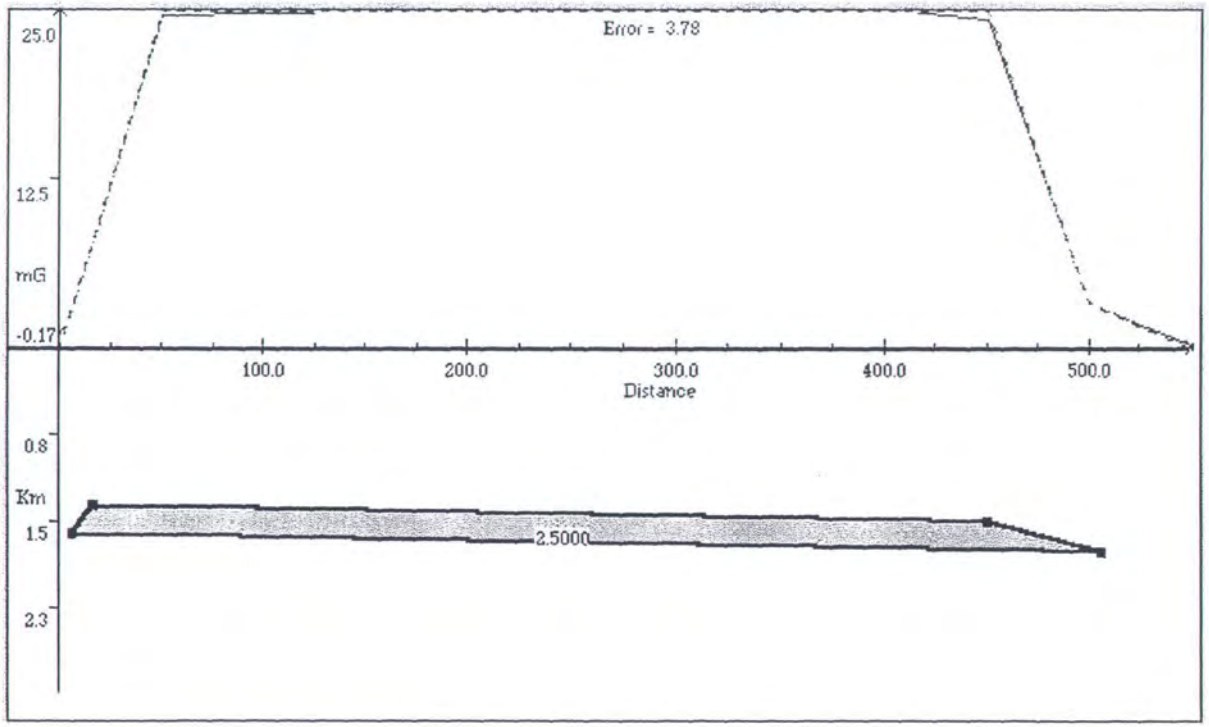
Gambar 13. Kurva Dan Body Garis Tarikan 4 Anomali Gravitasi



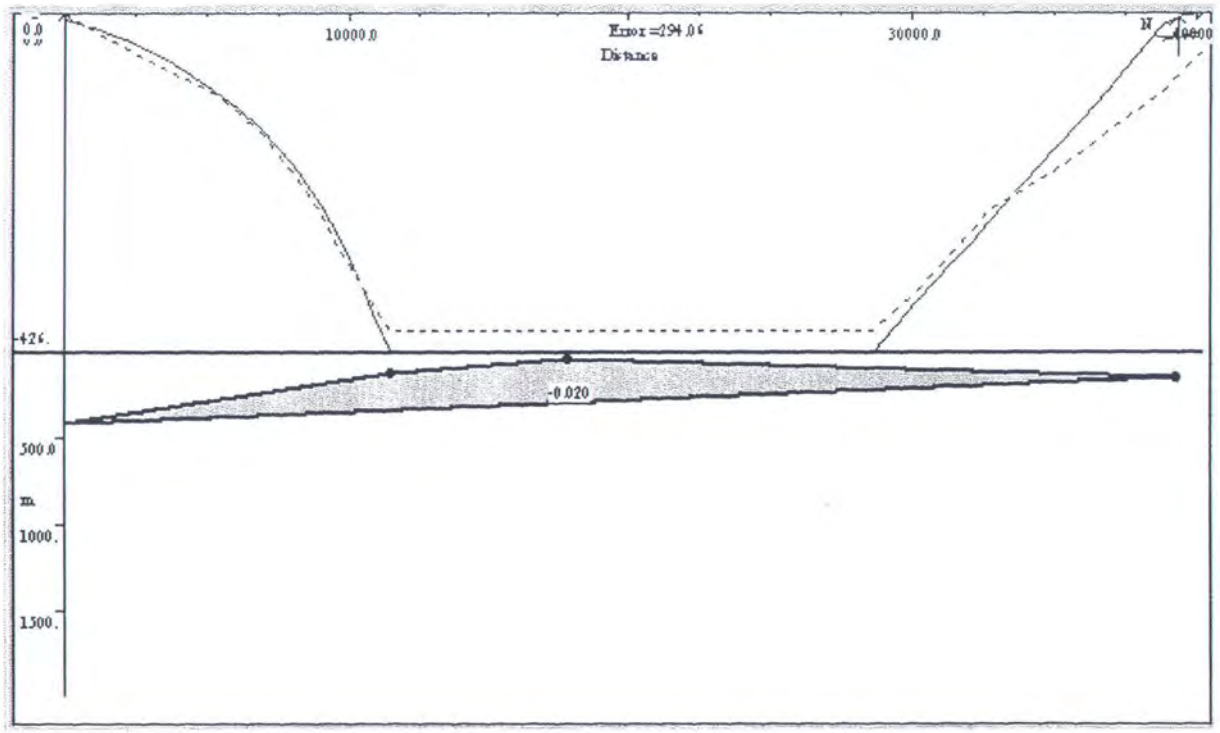
Gambar 14. Kurva Dan Body Garis Tarikan 5 Anomali Gravitasi



Gambar 15. Kurva Dan Body Garis Tarikan 6 Anomali Gravitasi

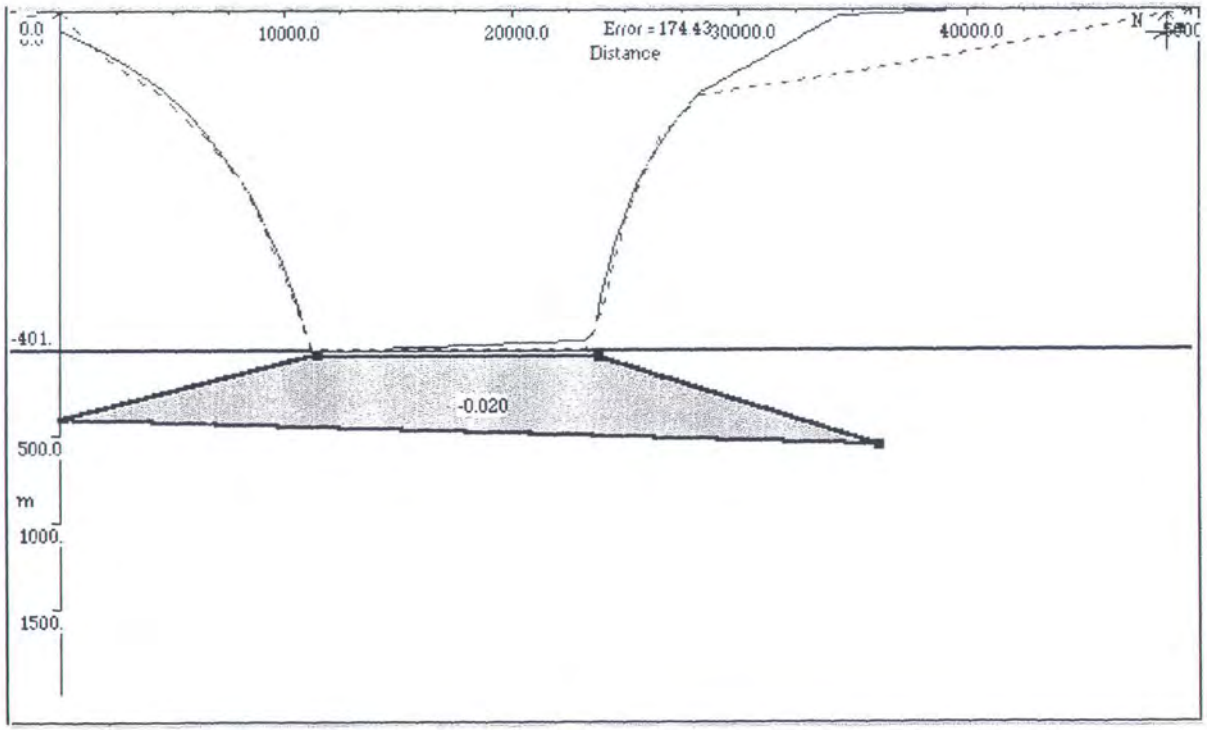


Gambar 16. Kurva Dan Body Garis Tarikan 7 Anomali Gravitasi

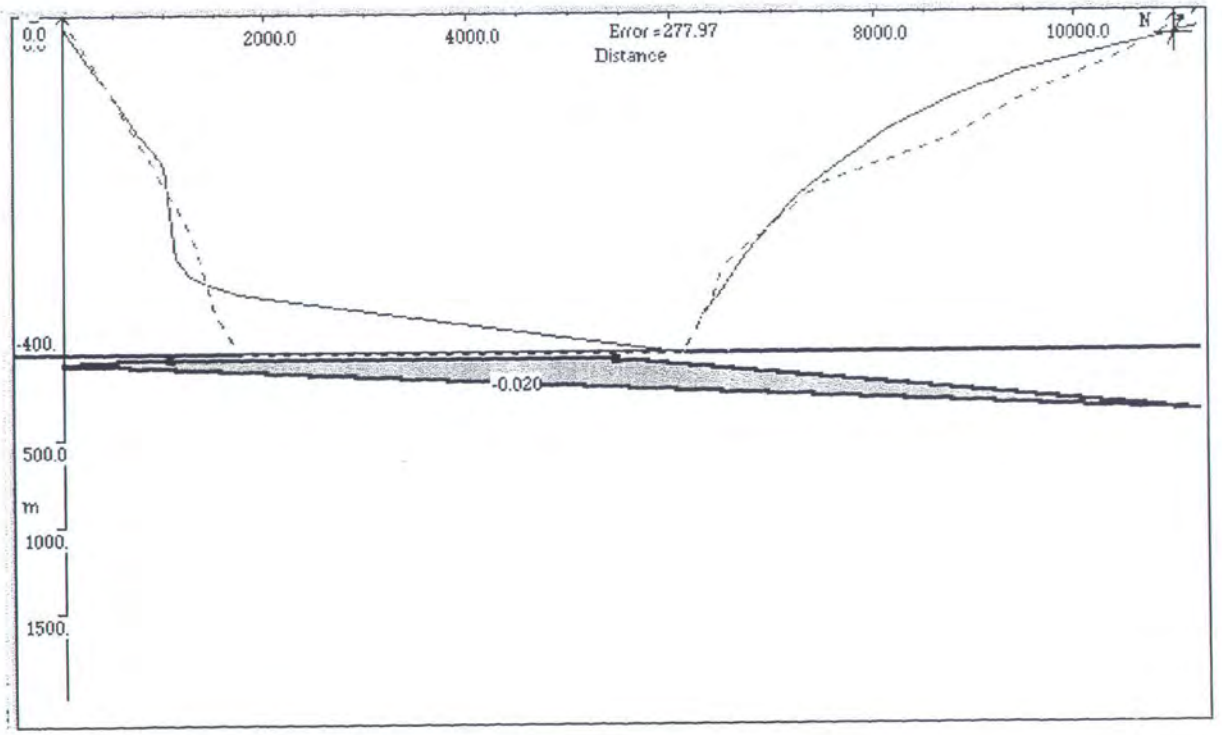


Gambar 17. Kurva Dan Body Garis Tarikan 1 Anomali Magnetik

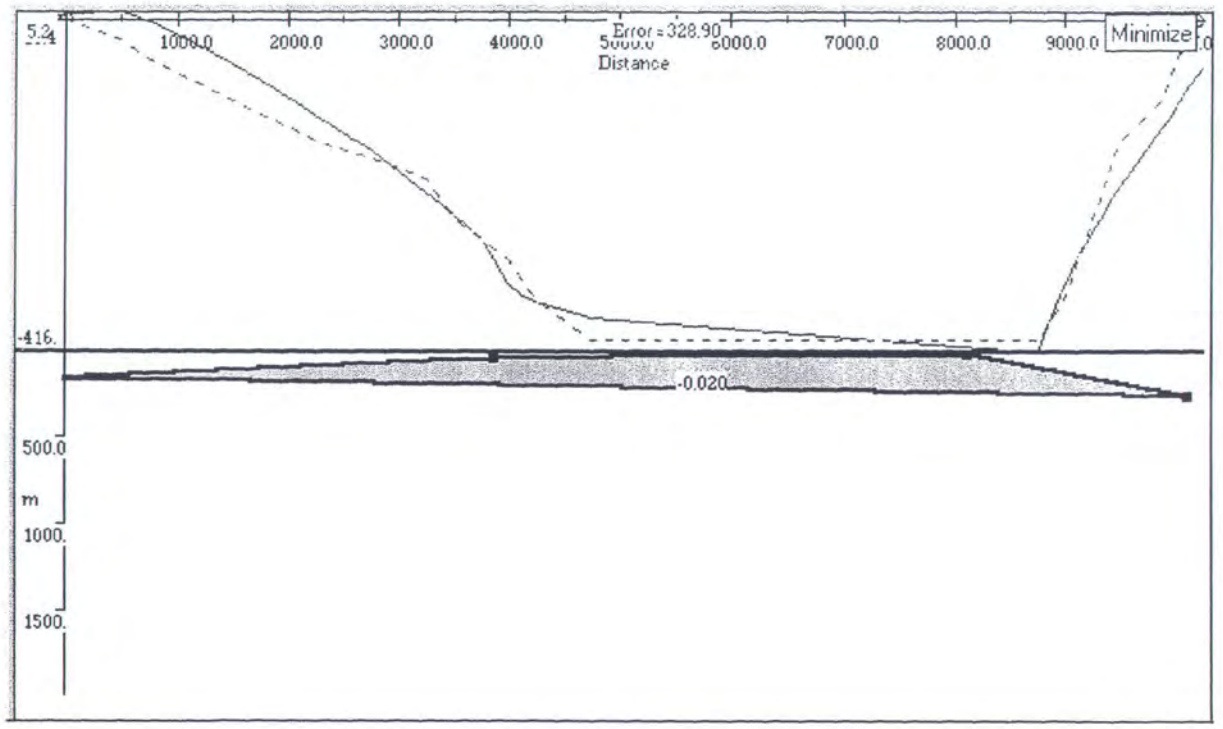
MILIK PERPUSTAKAAN ITS



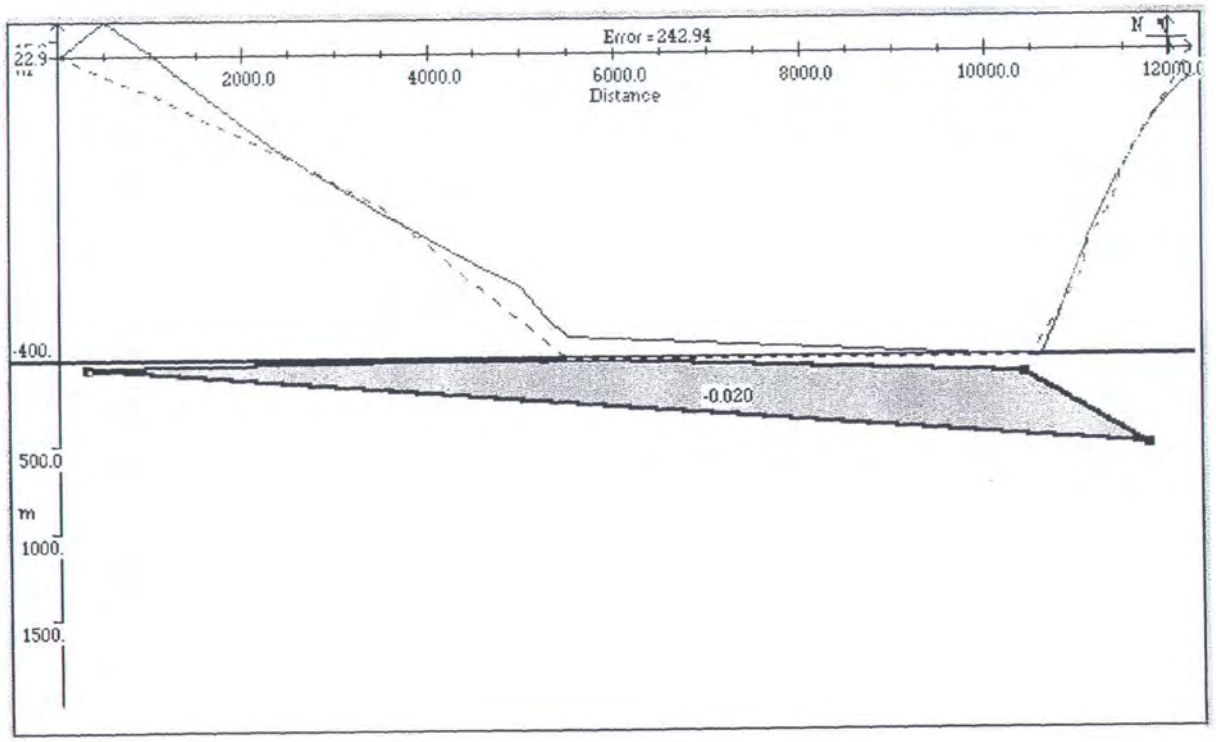
Gambar 18. Kurva Dan Body Garis Tarikan 2 Anomali Magnetik



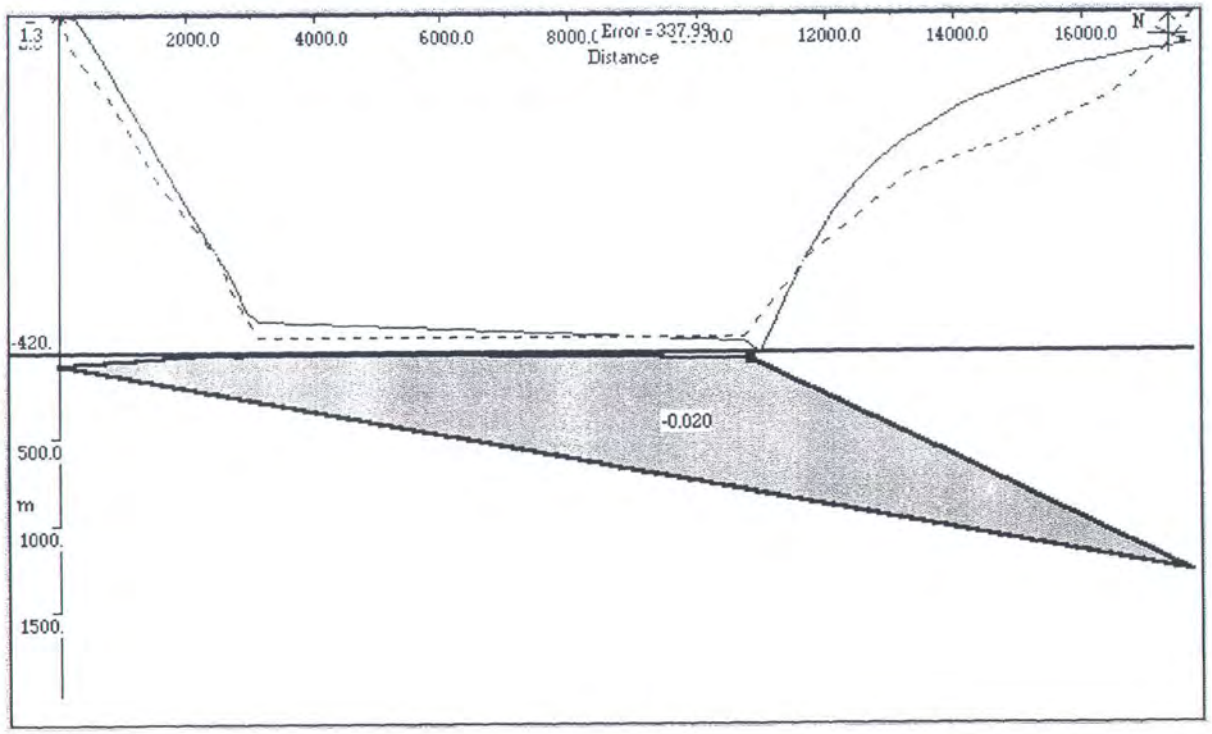
Gambar 19. Kurva Dan Body Garis Tarikan 3 Anomali Magnetik



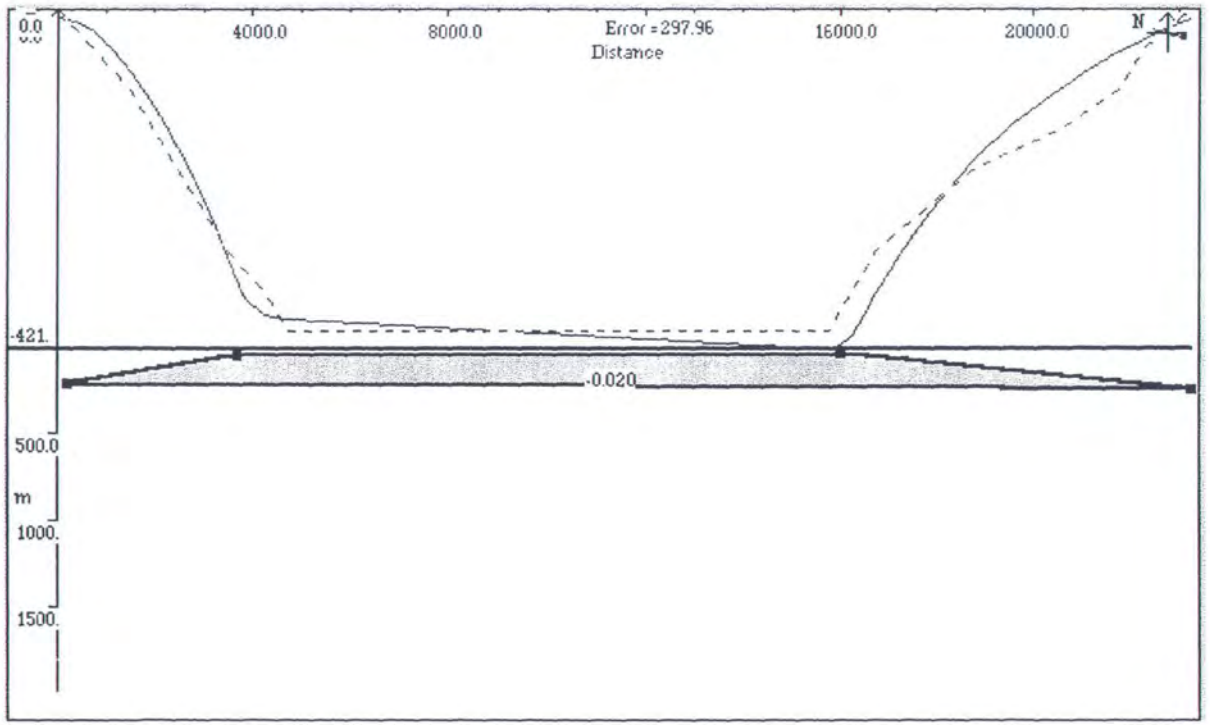
Gambar 20. Kurva Dan Body Garis Tarikan 4 Anomali Magnetik



Gambar 21. Kurva Dan Body Garis Tarikan 5 Anomali Magnetik

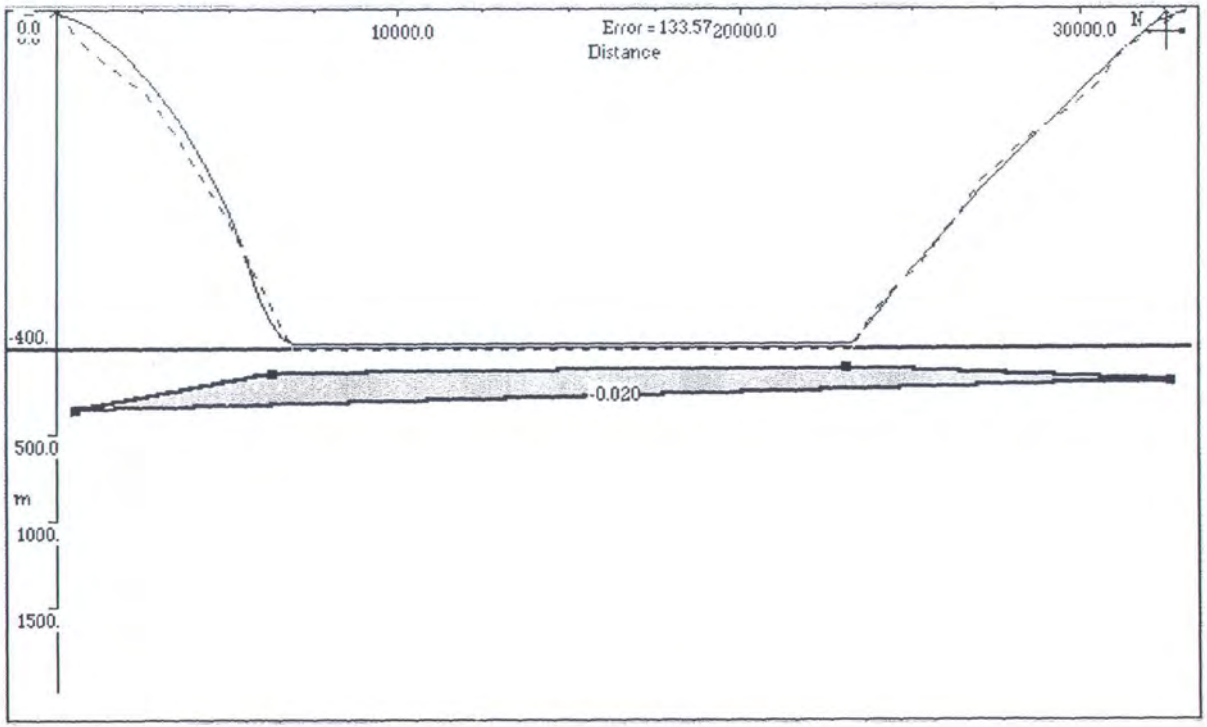


Gambar 22. Kurva Dan Body Garis Tarikan 6 Anomali Magnetik



Gambar 23. Kurva Dan Body Garis Tarikan 7 Anomali Magnetik

MILIK PERPUSTAKAAN ITS



Gambar 24. Kurva Dan Body Garis Tarikan 8 Anomali Magnetik