



# Pendugaan Struktur Geologi Bawah Permukaan Perairan Utara Laut Bali Dengan Metoda Geomagnet

Oleh

HUSNUL MASIRUN  
H221 99 044

PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS HASANUDDIN	
Tgl. Terima	3-5-05
Asal Dari	Fak - MIPA
Banyaknya	1 (satu) jilid
Harga	Hadiah
No. Inventaris	254/3-5-05
No. Klas	



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2005**

Pendugaan Struktur Geologi Bawah Permukaan  
Perairan Utara Laut Bali Dengan  
Metoda Geomagnet

Oleh

HUSNUL MASIRUN  
H221 99 044

Skripsi

Disusun sebagai tugas dan suatu syarat untuk memperoleh gelar  
**Sarjana Sains**

Pada

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



# Pendugaan Struktur Geologi Bawah Permukaan Perairan Utara Laut Bali Dengan Metoda Geomagnet

Oleh

HUSNUL MASIRUN  
H221 99 044

Disetujui oleh

Pembimbing Utama

Drs. Lantu, M.Eng.Sc.Dess.  
NIP. 130 700 605

Pembimbing Pertama

Rachman Kurniawan, S.Si., M.Si.  
NIP. 132 240 178

Pembimbing Kedua

Beben Rachmat, S.Si.  
NIP. 100 012 668



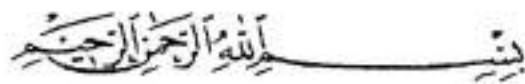
*"Bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu, yang menciptakan.  
Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah.  
Bacalah ! dan Tuhanmu-lah Yang Maha Pemurah.  
Yang telah mengajar (manusia) dengan perantaraan kalam.  
Dia telah mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya."  
(Q.S. 96 : 1-5)*

Kupersembahkan untuk :

***Ibunda Hj. Runga dan Ayahanda H. Massiongan***

***Serta kakak-kakakku***

## KATA PENGANTAR



Tidak ada ucapan yang dapat mewakili seluruh bentuk penghambaan dan ketundukan kepada Sang Pencipta Allah Subhanahu Wata'ala, kecuali ucapan rasa syukur dan terima kasih dari penulis yang tak terhingga pada-Nya, *yang tak ada kekuatan yang tidak tunduk kepada-Nya, yang ditasbihkan di semua tempat, yang disembah di setiap zaman, yang Maujud di seluruh waktu, yang Diseru oleh setiap lidah, yang Dibesarkan dalam setiap hari.* Dan tak lupa penulis haturkan salam dan salawat kepada Nabi Muhammad SAW beserta para Ahlul Bait dan sahabat, pengikut serta penolong beliau yang setia hingga akhir zaman.

Setelah melalui perjalanan panjang penuh liku di tengah romantisme dunia kemahasiswaan yang sarat dengan idealisme, penulis masih sempat menyisihkan waktu untuk menyelesaikan Tugas Akhir sebagai syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin, dengan judul *"Pendugaan Struktur Geologi Bawah Permukaan Perairan Utara Laut Bali Dengan Metoda Geomagnet"*.

Dengan segala keterbatasan kemampuan dan fasilitas, penulis menyadari bahwa karya kecil ini masih sangat jauh dari sempurna, dan hanya Allahlah Dzat yang memiliki kesempurnaan mutlak. Semoga dengan selesainya tulisan ini penulis mampu memberikan yang terbaik dan petunjuk yang bermanfaat bagi kita dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan.

Saya memohon kepada Allah SWT agar menjadikan karya ini sebagai karya yang berguna dan bermanfaat bagi orang banyak. Semoga juga dicatat sebagai amal perbuatan baik dan ditulis dalam catatan amal saya kelak di hari kiamat ketika berdiri menghadap-Nya. Dialah Dzat Yang Maha Mendengar lagi Maha Mengabulkan segala do'a.

*".....Katakanlah : "Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ? Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran." (Q.S. 39 : 9)*

*".....Allah meninggikan orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat....." (Q.S. 58 : 11)*

Wassalam.

Makassar, Maret 2005

**Husnul Masirun**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Rasanya tidaklah mungkin tulisan ini dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Selain kepada kedua orang tuaku Ayahanda **H. Massiongan** dan Ibunda **Hj. Runga** atas dukungan doa restu, kasih sayang dan pengorbanan buat Ananda tercinta, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada :

- Bapak **Drs. Lantu, M.Eng.Sc.,Dess.** dan Bapak **Rachman Kurniawan, S.Si., M.Si.** (Geofisika UNHAS) serta Bapak **Beben Rachmat, S.Si.** (PPPGL Bandung) sebagai pembimbing penulis dalam tugas akhir ini, yang dengan penuh perhatian telah memberikan motivasi, bimbingan, saran, tenaga dan pikiran dalam menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir.
- Bapak **Ir. Subaktian Lubis, M.Sc.** (Kepala PPPGL Bandung), terima kasih atas kesempatan yang diberikan dalam memberikan data dan segala fasilitasnya.
- Bapak **Drs. Alimin Bado, M.S.** sebagai Pembantu Dekan Bidang Akademik. Terima kasih atas kebijakan-kebijakan akademiknya yang sangat membantu mahasiswa, dan seluruh staf dan karyawan bagian akademik F.MIPA UNHAS atas kerjasamanya sehingga proses administrasi akademik berjalan lancar dan sesuai prosedural.
- Ibu **Dr. Sri Suryani, D.E.A.** sebagai Ketua Jurusan Fisika F.MIPA UNHAS dan seluruh staf dosen dan karyawannya.
- Bapak **Drs. Arsyad Sumah, Drs. H. Muh. Altin Massinai, M.T.Surv.** dan **Ir. Bambang Harime, M.Si.** sebagai tim penguji. Terima kasih atas saran-saran dan kritiknya.
- Bapak **Drs. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.** sebagai penasehat akademik. Terima kasih atas perhatian dan nasehat-nasehatnya.
- Kakak-kakakku yang saya banggakan : dr. Masrun, Ir. *Maryam*, Ir. Muh. Abduh, MM., *Asmiah*, S.E., Akhmad, S.T. dan *Afifah*, S.T. Terima kasih atas nasehat, perhatian, bantuan dan dorongan semangat yang diberikan selama ini.

- Keluarga Fisika '99 : Dirham, Ardi A., Mimin, *Anil*, Fandy, *Deasy*, Ake', Hadi, Teddy, Benyamin, *Ida*, Husnin, Adam, Hamrin, *Ayu*, *Ningsih*, Pamri, Eksis, Pison, Irfan, Chali, Imo, *Amma*, *Anti*, *Nania*, *Echa*, *Dewi*, *Yogi*, *Santy*, *Jumi*, *Andis*, Pepenk, Faris, Amin, Afif, *Uni*, *Itti*, *Eren*, *Sahara*, *Linda*, *Kiky*, *Hera*, Dedy, Gafur, Deni, Ivan, Sabhan, Eko, Suwa, *Merry*, *Nana*, *Syahrini*, *Chen*, *Ima*, *Fira*, *Marini*, *Chut*, *Supra*, *Mercy*, *Ena*, Gemmy, Lahing, Fahrul, Gugun, Iwan. Begitu banyak waktu dilewatkan bersama dengan kenangan-kenangan indah yang tak mungkin terulang kembali. Kalian telah membuat hidup ini menjadi lebih berarti.
- Keluarga Besar Korps Pencinta Alam (KORPALA) UNHAS : Viar, Syam, Udink, Cappo, *Ana*, LG, Edar, Juni, Tasbi, Halim, AccunkGeo, Inmank, Lumay, Yoes the Kid, *Shopia*, *Ilha*, *Nona*, *Chika*, *Popa*, *Sri*, *Piyu*, *Pitto*, *Ira*, Rimba, Roni, AccunkPeter, Anto, Aroel, Andy, Udin, Mula, Tenri, Ismed, Chuki, Guswan, Alan, Sardi, Isra, Wadi, Tono, Yuli, Bang Wahyu, Bang Hukman, Bang Ali (*Alm.*), Bang Ostaf, Kak Mumun. *Survive With KORPALA*.
- Keluarga Asrama Mahasiswa Sul-Sel 'Latimodjong' Bandung : Dendek, Ipul, Achoo, Yudim, Uzair, Ardi, Yamin, Yudi. Terima kasih tumpangannya ces, kapan-kapan saya mampir lagi!!!
- Senioraku : Iben, S.Si., Boy, S.Si., Acho, S.Si., Puddink, S.Si., Andre, S.Si., Yafid, S.Si., Nono, S.Si., Arman, S.Si., Patur, S.Si., Ikus, S.Si.
- Adik-adik HIMAFI '00, '01, '02 dan '03. Terima kasih atas 'pertanyaannya' : "*Kak, kapanki selesai ?*", dan canda tawanya.
- Teman-teman di Biologi '99, Kimia '99, Matematika '99 dan Statistika '99. Semoga sukses kawan!!!
- Sahabat-sahabatku di SMAPAT '99 : Rudi, Ramli, Ukka, Ardi, *Ichie*, *Arma*, Dhani, Ochel, Hasyim. Sahabat sejati akan selalu ada dihati.
- Teman-teman mahasiswa Fisika Indonesia, terutama : Iqbal, *R-ni*, Sampang (ITS), Imron (UNUD), Dayat (UNMUL), Bahar (UNM), *Pinky*, Akbar (UNTAD). Terkhusus Hanif (UNPAD), terima kasih telah menemani keliling Bandung.
- Dan semua pihak yang menyayangi penulis.



## SARI BACAAN

Telah dilakukan analisis dan interpretasi dari data geomagnet hasil penyelidikan Tim PPPGL Bandung di perairan utara laut Bali ( $115^{\circ}30'$  -  $117^{\circ}00'$  BT dan  $07^{\circ}00'$  -  $08^{\circ}00'$  LS) dan dari data tersebut memiliki nilai anomali total antara -100 nT sampai -700 nT. Sebaran anomali di bagian utara atau daerah tinggian secara umum adalah maksimum dan di bagian selatan khususnya daerah cekungan Bali adalah minimum, walaupun kedua wilayah tersebut terdapat anomali yang berbeda dengan nilai di sekitarnya. Pemisahan anomali total menjadi anomali regional dilakukan untuk tujuan penelitian. Pemodelan dilakukan pada lintasan 1, 8 dan 10 dengan menggunakan program pemodelan geomagnet MAG2DC. Hasil pemodelan yang dibuat memperlihatkan pola perlapisan mengikuti pola lapisan batuan dasar, dengan nilai suseptibilitas batuan 0,004 cgs emu/cc sampai 0,025 cgs emu/cc dan nilai densitas batuan  $1,95 \text{ gr/cm}^3$  sampai  $2,80 \text{ gr/cm}^3$ . Batuan yang mendasari daerah penelitian berupa batuan basalt dan struktur yang berkembang di daerah penelitian berupa sesar, lipatan dan *slump*.

*Kata kunci : anomali magnetik, pemodelan, densitas, suseptibilitas, struktur.*

## ABSTRACT

We have been analysis and interpretation from data of geomagnetic was investigated by PPPGL Bandung team in north territorial water of Bali Sea (115°30' - 117°00' E.Long. and 07°00' - 08°00' S.Lat.) and from the data have value of anomaly total between -100 nT until -700 nT. The spread of anomaly in the north side or high area are generally maximum, while minimum in the south including Bali basin area, although in both region there are anomaly differing from value in its surrounding area. Dissociation of total anomaly become regional anomaly was conducted for research purpose. The modeling has been done at track 1, 8 and 10 by using geomagnetic modeling program MAG2DC. From this modeling, it is obviously showed a lining pattern follows the bedrock pattern, with susceptibility value of 0,004 cgs emu/cc to 0,025 cgs emu/cc, and rock density between 1,95 gr/cm<sup>3</sup> until 2,80 gr/cm<sup>3</sup>. The rock based on the research area is likely basalt stone, and the structure raised in this study are fault, fold and slump.

*Key word : magnetic anomaly, modelling, density, susceptibility, structure*

## DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
SARI BACAAN.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Ruang Lingkup Penelitian.....	2
I.3. Tujuan Penelitian.....	3
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1. Medan Magnet Bumi.....	4
II.2. Prinsip Dasar Fisika.....	5
II.3. Persamaan Teori Potensial Magnetik.....	6
II.4. Persamaan Anomali Magnetik Dua Dimensi.....	11
II.5. Koreksi Pengukuran Data Geomagnet.....	12
II.5.1. Koreksi Variasi Harian.....	13
II.5.1. Koreksi IGRF.....	14
II.6. Anomali Magnetik.....	15
II.7. Perata-rataan Bergerak ( <i>Moving Average</i> ).....	17
II.8. Transformasi Fase.....	18
II.9. Anomali Geomagnet Benda Dua Dimensi Penampang Segi Banyak Talwani.....	20
II.10. Metoda Penafsiran.....	22

II.10.1. Penafsiran Kualitatif.....	22
II.10.2. Penafsiran Kuantitatif.....	23

### **BAB III METODOLOGI**

III.1. Lokasi Penelitian.....	26
III.2. Pengambilan Data.....	26
III.2.1. Pengukuran Kedalaman Laut.....	26
III.2.2. Pengukuran Intensitas Magnet.....	27
III.2.3. Penentuan Posisi dan Navigasi.....	28
III.3. Pengolahan Data.....	29
III.3.1. Penentuan Harga Anomali Magnet Total.....	29
III.3.2. Penentuan Harga Anomali Magnet Regional.....	29
III.3.3. Penafsiran dan Pemodelan Geomagnet.....	29
III.4. Bagan Alir Penelitian.....	31

### **BAB IV HASIL DAN BAHASAN**

IV.1. Geologi Umum Laut Bali.....	32
IV.1.1. Lokasi Penelitian.....	32
IV.1.2. Kerangka Tektonik Regional.....	32
IV.1.3. Geologi Regional.....	33
IV.1.3.1. Morfologi Dasar Laut.....	33
IV.1.3.2. Stratigrafi Daerah Penelitian.....	33
IV.1.3.3. Struktur Geologi.....	34
IV.2. Hasil Penelitian.....	35
IV.2.1. Hasil Pengolahan Data Geomagnet.....	35
IV.2.2. Pemodelan.....	36
IV.3. Penafsiran.....	36
IV.3.1. Penafsiran Kualitatif.....	37
IV.3.1.1. Kedalaman Laut.....	37

IV.3.1.2. Anomali Magnet Total.....	39
IV.3.1.3. Anomali Magnet Regional.....	42
IV.3.2. Penafsiran Kuantitatif.....	44
IV.3.2.1. Penampang Lintasan 1.....	45
IV.3.2.2. Penampang Lintasan 8.....	47
IV.3.2.3. Penampang Lintasan 10.....	49

## **BAB V PENUTUP**

V.1. Kesimpulan.....	52
V.2. Saran.....	53

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>54</b>
----------------------------	-----------

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Diagram yang Menunjukkan Notasi Unsur Magnet Sebagai Vektor Medan Magnet Bumi	4
Gambar II.2 Skema Dipol untuk Menghitung Potensial Magnetik	7
Gambar II.3 Medan Magnet Bumi yang Diaproksimasikan oleh Dipol Tunggal di Pusat Bumi	10
Gambar II.4 Sudut Inklinasi Medan Magnetik Bumi	10
Gambar II.5 Komponen Anomali Medan Total dalam Arah Timur-Barat Di Equator dengan Perbedaan Sudut $\phi_1$ dan $\phi_2$	11
Gambar II.6 Penentuan Harga Koreksi Harian	13
Gambar II.7 Model Benda Anomali Berbentuk Balok	15
Gambar II.8 Poligon Dua Dimensi dengan Penampang Segi Banyak	20
Gambar II.9 Anomali Magnet Identik untuk Benda Berbeda dan Kedalaman Berbeda	24
Gambar II.10 Hubungan Anomali Magnet dengan Struktur Batuan Homogen Secara Lateral	25
Gambar II.11 Hubungan Anomali Magnet dengan Struktur Batuan yang tidak Homogen Secara Lateral	25
Gambar IV.1 Peta Kontur Kedalaman Laut Perairan Utara Laut Bali	38
Gambar IV.2 Morfologi Dasar Laut Perairan Utara Laut Bali	39
Gambar IV.3 Peta Kontur Anomali Magnet Total Perairan Utara Laut Bali	40

Gambar IV.4	Peta Kontur Anomali Magnet Regional Perairan Utara Laut Bali	43
Gambar IV.5	Pendugaan Hasil Pemodelan Lintasan 1	46
Gambar IV.6	Pendugaan Hasil Pemodelan Lintasan 8	48
Gambar IV.7	Pendugaan Hasil Pemodelan Lintasan 10	51

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

- A.1 DATA KEDALAMAN LAUT
- A.2 DATA MEDAN MAGNET TOTAL
- A.3 DATA MEDAN MAGNET REGIONAL
- A.4 DATA HASIL POTONGAN PENAMPANG LINTASAN 1, 8 DAN 10
- A.5 DAFTAR NILAI DENSITAS DAN SUSEPTIBILITAS BATUAN

### LAMPIRAN B

- B.1 PETA LOKASI PENELITIAN
- B.2 PETA LINTASAN SURVEY GEOFISIKA
- B.3 PENAMPANG LINTASAN 1, 8 DAN 10 (BATIMETRI & REGIONAL)
- B.4 PETA STRUKTUR GEOLOGI
- B.5 REKAMAN PENAMPANG SEISMIK
- B.6 PETA DEKLINASI, INKLINASI & INTENSITAS MAGNET TOTAL INDONESIA
- B.7 FOTO PERALATAN SURVEY METODA MAGNETIK



## BAB I PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Metoda geomagnet merupakan cabang geofisika didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnet dipermukaan bumi. Variasi ini disebabkan adanya distribusi batuan termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Kemampuan termagnetisasinya suatu benda tergantung dari suseptibilitas magnetik yang dimiliki oleh benda tersebut. Selain itu, variasi medan magnetik bisa disebabkan oleh adanya perubahan struktur geologi di bawah permukaan bumi. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur (medan anomali) kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik di bawah permukaan, yang kemudian dijadikan dasar bagi pendugaan keadaan geologi yang mungkin.

Prinsip dasar metoda magnetik adalah mengukur perubahan medan magnetik bumi akibat variasi mineral magnetik yang terkandung dalam batuan dekat permukaan bumi. Penyelidikan dan pengukuran geomagnet yang dilakukan untuk mendeteksi dan mengetahui struktur batuan dasar laut yang mengandung kemagnetan. Dalam prakteknya, metoda geomagnet ini mempelajari perbedaan medan magnetik dari satu titik terhadap titik observasi lainnya. Adanya suatu sumber yang merupakan suatu zona massa di bawah permukaan bumi, akan

menyebabkan suatu gangguan dalam medan magnet yang sering disebut sebagai anomali magnetik.

Metoda magnetik digunakan karena kemampuannya dalam membedakan densitas dari suatu sumber anomali terhadap densitas lingkungan sekitarnya. Dengan demikian dari variasi densitas batuan dapat diketahui bentuk struktur bawah permukaan suatu daerah. Hal ini sering diperlukan pada tahapan penelitian pendahuluan dalam suatu eksplorasi, baik dalam usaha pencarian minyak maupun kandungan mineral-mineral bumi.

## **1.2. Ruang Lingkup Penelitian**

Dalam penelitian ini dilakukan penghitungan harga anomali medan magnetik yang dikoreksi atau direduksi terhadap variasi harian dan *IGRF (International Geomagnetic Reference Field)*, yang nantinya difokuskan pada pemodelan 2-D yang akan memberikan gambaran struktur geologi bawah permukaan bumi yang berkembang di daerah penelitian. Data olahan yang digunakan adalah data magnetik di laut, data variasi harian, data batimetri dan koordinat posisi titik pengamatan magnetik.

### **I.3. Tujuan Penelitian**

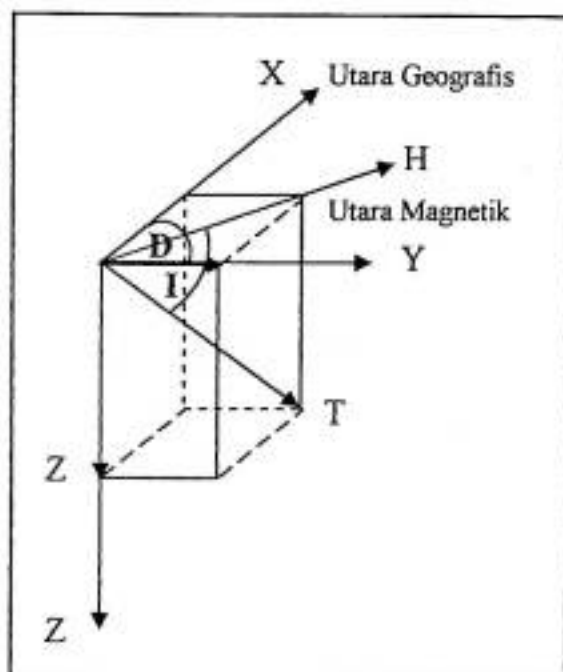
1. Pengukuran dan analisis besar anomali magnetik di daerah penelitian.
2. Pendugaan bentuk dan struktur geologi benda anomali magnetik di daerah penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1. Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi secara sederhana dapat digambarkan sebagai medan magnet yang ditimbulkan oleh batang magnet raksasa yang terletak di dalam inti bumi, namun tidak berimpit dengan pusat bumi. Medan magnet ini dinyatakan dalam besar dan arah (vektor) dimana arahnya dinyatakan dalam *inklinasi* (sudut antara arah medan dengan medan horisontal) ( $I$ ), *deklinsi* (penyimpangan terhadap arah utara-selatan geografis) ( $D$ ), medan magnet tegak (*vertical magnetic field*) ( $Z$ ), medan magnet datar (*horizontal magnetic field*) ( $H$ ) dan medan magnet total (*total magnetic field*) ( $T$ ). Medan magnet tersebut disebut unsur magnet (*magnetic elements*). (gambar II.1)



Gambar II.1. Diagram yang menunjukkan notasi unsur magnet sebagai vektor medan magnet bumi

Hubungan antara unsur magnet ialah sebagai berikut :

$$H = T \cos I \qquad Z = T \sin I = H \tan I \qquad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$X = H \cos D \qquad Y = H \sin D$$

$$X^2 + Y^2 = H^2 \qquad X^2 + Y^2 + Z^2 = H^2 + Z^2 = T^2$$

## II.2. Prinsip Dasar Fisika

Gaya magnet yang ditimbulkan oleh dua buah kutub yang terpisah pada jarak  $r$  dan muatannya masing-masing  $m_1$  dan  $m_2$ , diberikan oleh :

$$\vec{F} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \qquad \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :

$\mu$  = permeabilitas magnetik yang menunjukkan sifat suatu medium

$\vec{F}$  = gaya magnetik pada  $m_2$

$\hat{r}$  = vektor satuan berarah dari  $m_1$  ke  $m_2$

Sehingga kuat medan magnetik ( $\vec{H}$ ) pada suatu titik dengan jarak  $r$  dari muatannya dapat dinyatakan sebagai :

$$\vec{H} = \frac{m}{\mu r^2} \hat{r} \qquad \dots\dots\dots(2.3)$$

Apabila suatu benda berada dalam medan magnetik dengan kuat medan ( $\vec{H}$ ) maka akan terjadi polarisasi magnetik pada benda tersebut yang besarnya :

$$\vec{M} = k\vec{H} \dots\dots\dots(2.4)$$

Medan magnet yang terukur oleh magnetometer adalah medan magnet induksi, termasuk efek magnetisasinya, yang diberikan oleh persamaan :

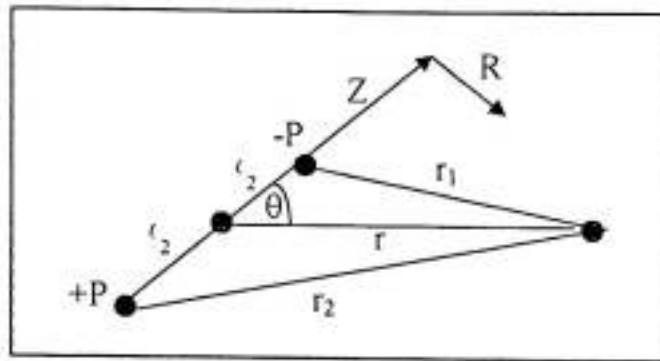
$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0(1 + k)\vec{H} = \mu\mu_0\vec{H} \dots\dots\dots(2.5)$$

### II.3. Persamaan Teori Potensial Magnetik

Hukum gaya coulumb merupakan dasar dalam metoda magnetik, dinyatakan dalam persamaan (2.2) dan medan magnetik dapat diketahui melalui persamaan (2.3) dimana  $m$  sebagai sumber magnetik dengan garis-garis medan ke segala arah yang bersifat simetri bola. Dengan pernyataan ini dapat diketahui adanya potensial magnetik pada suatu titik dengan kedudukan  $\hat{r}$  dari sumber tersebut.

Hubungan antara  $B$  dan  $H$  untuk ruang vakum adalah  $H = B/\mu_0$ , sehingga :

$$\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \frac{m}{r^2} \hat{r} \dots\dots\dots(2.6)$$



Gambar II.2. Skema dipol untuk menghitung potensial magnetik

Potensial  $U$  untuk kutub tunggal dapat diperoleh melalui persamaan :

$$U = \int_r^{\infty} \vec{H} dr = \frac{1}{4\pi} \frac{m}{r} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan demikian untuk dua kutub, potensial magnetik dapat ditentukan dengan melihat gambar II.2., yaitu :

$$U = \frac{1}{4\pi} \left( \frac{m}{r_1} - \frac{m}{r_2} \right) \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan :  $r_1 = r - \frac{(l \cos \theta)}{2}$  dan  $r_2 = r + \frac{(l \cos \theta)}{2}$

Dalam hal ini  $r$  merupakan jarak dari pengamatan ke pusat dipol,  $l$  adalah panjang dipol dan  $\theta$  adalah sudut antara dipol dengan line ke pengamatan. Apabila  $r \gg l$ , maka diperoleh kuantitas  $l/r_1$  dari hubungan  $1/(1-\epsilon) \approx 1 + \epsilon$ .

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r} \left( 1 + \frac{l \cos(\theta)}{2r} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan demikian diperoleh potensial dipol sebagai berikut :

$$U = \frac{1}{4\pi} \left( \frac{m}{r_1} - \frac{m}{r_2} \right) = \frac{ml \cos \theta}{4\pi r^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :  $ml =$  momen dipol

Apabila suatu benda magnetik bervolume  $v$  dapat dipandang sebagai dipol magnet, maka potensial yang ditimbulkan pada jarak  $r$  dari benda tersebut adalah :

$$\vec{U}(r) = \frac{M}{4\pi} \int \frac{dv}{|r - r_0|^2} \hat{r} \dots\dots\dots(2.11)$$

Medan utama bumi merupakan medan magnetik dengan notasi vektor potensial. Untuk mendapatkan komponen horizontal dan vertikal dari medan magnet yang relatif terhadap permukaan bumi, potensial dapat diekspresikan dari koordinat lintang  $\theta$  dan radius  $r$  dari pusat bumi. Titik di permukaan bumi dipresentasikan oleh koordinat lintang  $\theta$  dan jarak dari pusat bumi  $r$ . Medan magnet disesuaikan dengan vektor satuan radial (vertikal)  $a_r$  dari pusat bumi dan vektor satuan  $a_\theta$  potensial pada posisi  $r$  dan  $\theta$  adalah :



$$U_{(r,\theta)} = \frac{-m_e \cos \theta}{4\pi r^2} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana  $m_e$  adalah momen dipol bumi, sehingga medan magnetnya adalah gradien dari potensial, yaitu :

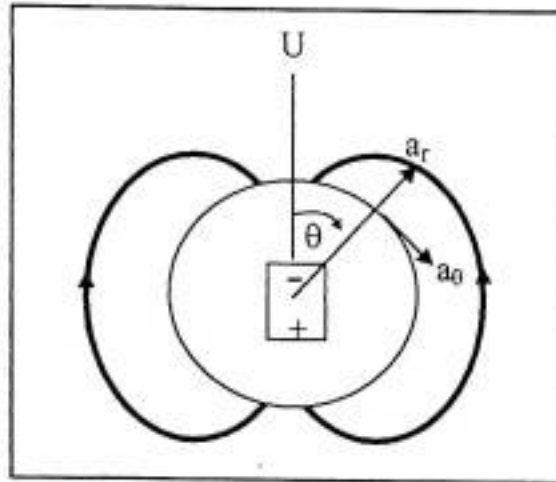
$$\begin{aligned} H &= -\nabla U = -\hat{a}_r \frac{\partial U}{\partial r} - \hat{a}_\theta \frac{\partial U}{r \partial \theta} \\ &= -\hat{a}_r \left( 2 \frac{m_e \cos(\theta)}{4\pi r^3} \right) - \hat{a}_\theta \left( \frac{m_e \sin(\theta)}{4\pi r^3} \right) \dots\dots\dots(2.13) \end{aligned}$$

dimana vektor  $\hat{a}_r$  jari-jari pusat bumi dan vektor  $\hat{a}_\theta$  titik selatan. Pada daerah kutub  $\sin(\theta) = 0$  dan medannya hanya vertikal. Di equator  $\cos(\theta) = 0$  dan medannya hanya horizontal. Sehingga besarnya kuat medan magnetik adalah :

$$|H| = \frac{m_e}{4\pi r^3} (4 \cos^2(\theta) + \sin^2(\theta))^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.14)$$

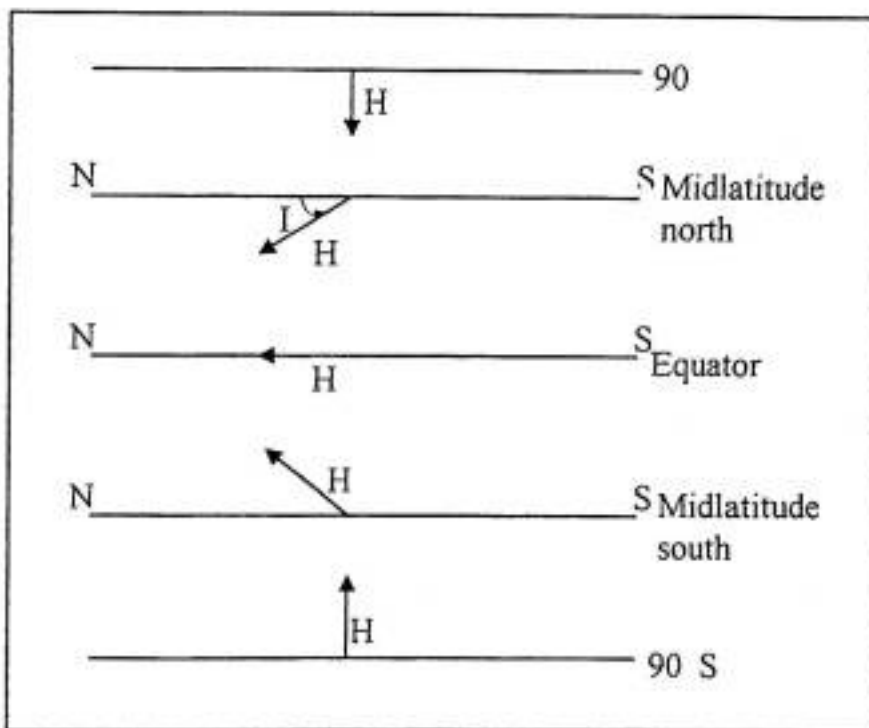
dimana vektor medan magnetik disebut inklinasi, tangen inklinasi adalah rasio perbandingan komponen vertikal terhadap horizontal medan magnetik. Dengan demikian :

$$2 \cot(\theta) = \tan I \dots\dots\dots(2.15)$$



Gambar II.3. Medan magnet bumi yang diaprokmasikan oleh dipol tunggal di pusat bumi

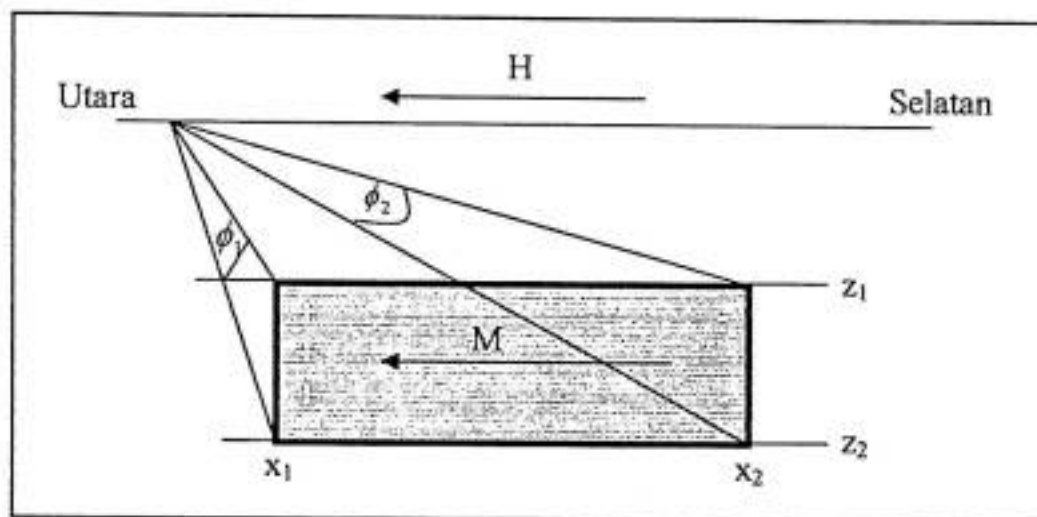
Garis lintang magnetik dapat menentukan langsung dari inklinasi medan magnetik.



Gambar II.4. Sudut inklinasi medan magnetik bumi

#### II.4. Persamaan Anomali Magnetik Dua Dimensi

Lineasi magnetik dengan arah timur-barat di sekitar equator dapat dimodelkan dengan muatan magnetik. Misalkan arah magnetisasinya horizontal pada utara-selatan yang tegak lurus terhadap arah blok (objek).



Gambar II.5. Komponen anomali medan total dalam arah timur-barat di equator dengan perbedaan sudut  $\phi_1$  dan  $\phi_2$

Komponen anomali total dihasilkan oleh muatan positif pada sisi utara blok dan muatan negatif pada sisi selatan. Pertukaran koordinat horizontal dan vertikal, formula sudut  $\phi_1$  dan  $\phi_2$  dapat digunakan untuk menghitung komponen horizontal yang merupakan komponen anomali medan total yang disebabkan oleh muatan pada sisi-sisi blok,

$$H_x = H_r = \frac{M(\phi_2 - \phi_1)}{\pi} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana  $\phi_1$  dibentuk pada sisi utara dan  $\phi_2$  terbentuk pada sisi selatan blok. Sudut-sudut  $\phi_1$  dan  $\phi_2$  akan positif jika *observer* berada pada sisi selatan blok dan negatif jika disebelah utara. Komponen anomali total dalam arah timur-barat di equator berbeda tanda tetapi prosesnya sama dengan komponen vertikal di daerah kutub. Arah komponen anomali total di atas sumbu blok adalah negatif. Anomali yang timbul diakibatkan oleh sudut yang terbentuk pada sisi-sisi blok, yaitu :

$$\left. \begin{aligned} \phi_1 &= \arctan\left(\frac{x_1}{z_2}\right) - \arctan\left(\frac{x_1}{x_2}\right) \\ \phi_2 &= \arctan\left(\frac{x_2}{z_1}\right) - \arctan\left(\frac{x_2}{x_1}\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2.17)$$

Jika  $x$  positif terhadap utara dari pengamatan, maka anomali magnetik pada pusat blok adalah :

$$H_x = H_T = \frac{M}{\pi} \left\{ \left[ \arctan\left(\frac{x_2}{z_1}\right) - \arctan\left(\frac{x_2}{z_2}\right) \right] - \left[ \arctan\left(\frac{x_2}{z_1}\right) - \arctan\left(\frac{x_2}{z_2}\right) \right] \right\} \dots\dots\dots(2.18)$$

**II.5. Koreksi Pengukuran Data Geomagnet**

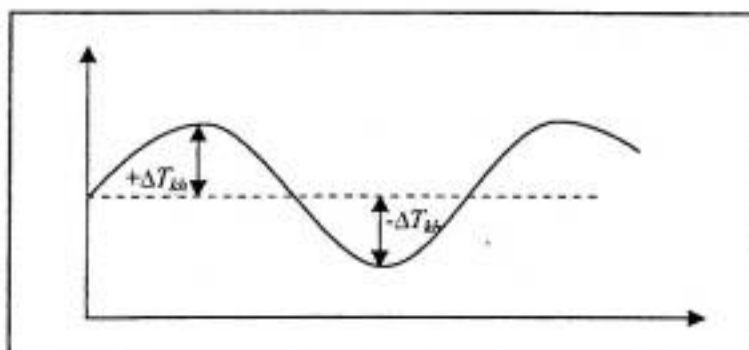
Tujuan dari penyelidikan geomagnet adalah mengukur perubahan medan magnetik bumi akibat variasi mineral magnetik yang terkandung dalam batuan dekat permukaan bumi. Adanya suatu sumber yang merupakan suatu zona massa

di bawah permukaan bumi, akan menyebabkan suatu gangguan dalam medan magnet yang sering disebut sebagai anomali magnetik. Hasil pembacaan di lapangan harus dihitung kembali sehingga menghasilkan nilai-nilai perubahan magnetik bumi yang terkoreksi. Faktor-faktor koreksi ini adalah variasi harian dan *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF).

### II.5.1. Koreksi Variasi Harian

Terdapat osilasi cepat dengan magnitudo kecil dalam medan magnet bumi yang disebut variasi harian. Variasi ini adalah kejadian secara periodik setiap harinya (24 jam) yang mencapai magnitudo rata-rata sebesar 25 gamma. Variasi ini berhubungan erat dengan rotasi bumi terhadap matahari. Oleh karena itu variasi ini disebut variasi karena matahari.

Koreksi terhadap variasi harian medan magnetik harus dilakukan untuk menghilangkan gangguan medan magnet luar yang mempengaruhi pengukuran. Hasil pengukuran data variasi harian pada *base stasion* digunakan untuk mengoreksi data pengukuran pada setiap titik pengamatan



Gambar II.6. Penentuan harga koreksi harian

## II.5.2. Koreksi IGRF

*International Geomagnetic Reference Field (IGRF)* merupakan bagian model matematika dari medan bumi, dimana nilainya akan berubah dalam siklus tahunan (variasi sekular). IGRF menggabungkan data dari observasi umum, dari daratan, udara, laut dan survey satelit.

Pada kondisi bebas di permukaan dan di atas bumi, medan utama ke pusat bumi adalah gradien negatif dari potensial skalar  $V$  yang dapat dituliskan dengan ringkas sebagai :

$$V(r, \theta, \lambda, t) = R \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{R}{r} \right)^{n+1} \sum_{m=0}^n (g_n^m(t) \cos m\lambda + h_n^m(t) \sin m\lambda) P_n^m(\theta) \quad (2.19)$$

dimana  $r, \theta, \lambda$  adalah koordinat geosentris ( $r$  adalah jarak dari pusat bumi,  $\theta$  adalah latitude dan  $\lambda$  adalah longitude),  $R$  adalah radius acuan (6371.2 km),  $g_n^m(t)$  dan  $h_n^m(t)$  adalah koefisien waktu  $t$ , dan  $P_n^m(\theta)$  adalah bilangan semi-normal Schmidt yang berkaitan dengan fungsi Legendre untuk derajat orde  $n$  dan  $m$ . Koefisien-koefisien tersebut merupakan fungsi waktu untuk IGRF dengan asumsi bervariasi pada nilai konstan untuk interval lima tahunan.

Program IGRF membutuhkan sejumlah parameter input. Diantaranya posisi koordinat *latitude* dan *longitude* dan nilai magnetik yang didapatkan hasil

pengukuran lapangan. Selanjutnya program akan menghitung besaran nilai magnet, serta perubahan nilainya (variasi sekular). Parameter-parameter yang diinput kemudian ditampilkan, adapun elemen-elemen umum yang ditampilkan antara lain : deklinasi, inklinasi, intensitas medan magnet normal dan besaran nilai hasil koreksi IGRF.

## II.6. Anomali Magnetik

Suatu benda magnetik dapat dianggap sebagai sistem suatu dipol dan mempunyai sifat sangat tergantung pada peristiwa magnetisasi yang dialaminya. Besarnya intensitas magnet total di sekitar batuan yang termagnetisasi adalah :

$$\Delta T = T_{obs} - T_{IGRF} \pm T_{vh} \dots\dots\dots(2.20)$$

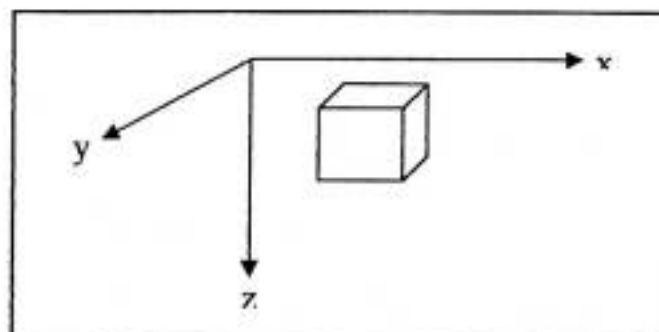
dengan :

$\Delta T$  = anomali magnet total

$T_{obs}$  = medan magnet komponen total yang terukur

$T_{IGRF}$  = medan magnet teoritis berdasarkan IGRF pada stasiun  $T_{obs}$

$T_{vh}$  = koreksi medan magnet akibat variasi harian



Gambar II.7. Model benda anomali berbentuk balok

Untuk benda magnetik 3-D (gambar II.7) dapat diaproksimasi sebagai kumpulan elemen-elemen kecil yang sederhana. Sumbu X mengarah ke utara, sumbu Y ke timur dan sumbu Z berarah vertikal dengan nilai positifnya ke bawah. Benda diletakkan sejajar dengan sumbu  $x, y, z$ . Posisi benda berada pada  $x_1 \leq x \leq x_2$ ,  $y_1 \leq y \leq y_2$  dan  $z_1 \leq z$ . Arah magnetisasi yang dimiliki oleh benda tersebut yakni  $\hat{m} = (m_x, m_y, m_z)$ , sedangkan arah medan regionalnya adalah  $\hat{f} = (f'_x, f'_y, f'_z)$ .

Anomali total yang di ukur disuatu titik untuk model seperti diatas, yakni :

$$\begin{aligned} \Delta T = C_m M & \left[ \frac{\alpha_{23}}{2} \log \left( \frac{r-x'}{r+x'} \right) + \frac{\alpha_{13}}{r+y'} \log \left( \frac{r-y'}{r+y'} \right) - \alpha_{12} \log(r+z_1) \right. \\ & - \hat{m}_x \hat{f}_y + \hat{m}_y \hat{f}_x \arctan \left( \frac{x' y'}{x'^2 + r z_1 + z_1^2} \right) - \hat{m}_y \hat{f}_y \arctan \left( \frac{x' y'}{r^2 + r z_1 + x'^2} \right) \\ & \left. + \hat{m}_z \hat{f}_x \arctan \left( \frac{x' y'}{r z_1} \right) \right] \Bigg|_{\substack{x'=x_2 \\ x'=x_1}}^{\substack{y'=y_2 \\ y'=y_1}} \dots\dots\dots(2.21) \end{aligned}$$

dengan :

$$\begin{aligned} \alpha_{12} &= \hat{m}_x \hat{f}_y + \hat{m}_y \hat{f}_x & \alpha_{23} &= \hat{m}_y \hat{f}_z + \hat{m}_z \hat{f}_y \\ \alpha_{13} &= \hat{m}_x \hat{f}_z + \hat{m}_z \hat{f}_x & r^2 &= x'^2 + y'^2 + z_1^2 \end{aligned}$$

Persamaan (2.21) ini memberikan nilai anomali total dari suatu prisma dengan *topnya* berada pada  $z_1$  dan *bottomnya* pada  $\infty$ . Dengan melakukan penghitungan dua kali untuk  $z_1 = z_1$  dan  $z_1 = z_b$ , berdasarkan prinsip superposisi penjumlahan (pengurangan) akan dihasilkan anomali total dengan tebal benda dari  $z_1 - z_b$ .



## II.7. Perata-rataan Bergerak (*Moving Average*)

Suatu anomali magnetik yang terukur dipermukaan merupakan penjumlahan dari semua kemungkinan sumber anomali yang ada di bawah permukaan. Untuk kepentingan pemisahan Regional-Residual, metoda analitik yang bisa digunakan diantaranya yaitu Perata-rataan Bergerak (*moving average*).

Penurunan anomali residual dengan metoda ini adalah proses secara tidak langsung dimana luaran dari perata-rataan bergerak adalah regionalnya. Sehingga residual didapat dengan mengurangkan regionalnya terhadap data hasil pengukuran.

Dalam kasus data 2D, secara matematis regional dari perata-rataan bergerak adalah :

$$\Delta T_{(i,j)} = \frac{\Delta T(i-n, j-n) + \dots + \Delta T(i, j) + \dots + (\Delta T(i+n, j+n))}{N} \quad ..(2.22)$$

dengan :

$$N = p \times p$$

$$n = (p - 1) / 2$$

$P$  = lebar jendela

Lebar jendela  $p$  harus bilangan ganjil. Persamaan (2.22) memperlihatkan bahwa  $n$  stasiun awal dan akhir tidak dapat dihitung anomali regionalnya kecuali jika data diperlebar dengan ekstrapolasi.

## II.8. Transformasi Fase

Transformasi Fourier dari anomali medan total yang disebabkan oleh distribusi magnetisasi  $(x,y,z)$  yang terletak seluruhnya di bawah bidang pengamatan  $z_0$  menurut Blakely (1995) diberikan sebagai :

$$F[\Delta T] = 2\pi C_m \theta_m \theta_f |k| e^{|k|z_0} \int_{z_0}^{\infty} e^{-|k|z} F[M(z')] dz' \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan  $F[M(z')]$  merupakan transformasi Fourier dari magnetisasi pada sayatan horizontal benda pada kedalaman  $z'$ . Parameter-parameter  $\theta_f$  dan  $\theta_m$  dalam persamaan (2.23) diberikan sebagai :

$$\theta_f = \hat{f}_z + i \frac{\hat{f}_x \hat{k}_x + \hat{f}_y \hat{k}_y}{|k|} \qquad \theta_m = \hat{m}_z + i \frac{\hat{m}_x \hat{k}_x + \hat{m}_y \hat{k}_y}{|k|}$$

dengan :

$\hat{m} = (m_x, m_y, m_z)$  vektor-vektor satuan dalam arah magnetisasi

$\hat{f} = (f_x, f_y, f_z)$  vektor-vektor satuan dalam arah medan geomagnet

Suku integral pada persamaan (2.23) membawa semua informasi menyangkut distribusi magnetisasi  $M(x,y,z)$ , termasuk bentuk benda anomali. Suku ini berkontribusi pada fase anomali dan bergantung terhadap distribusi magnetisasinya. Untuk suatu komponen medan magnetik yang berbeda atau

pengaruh dari suatu arah magnetisasi yang berbeda, hanya  $\hat{f}$  dan  $\hat{m}$  yang berubah pada persamaan (2.23), sedangkan  $M(x,y,z)$  tetap tidak berubah.

Dengan menyatakan arah baru magnetisasi dan medan geomagnetik berturut-turut sebagai  $\hat{m} = (m_x, m_y, m_z)$  dan  $\hat{f} = (f_x, f_y, f_z)$ , anomali transformasi menjadi :

$$F[\Delta T_i] = 2\pi C_m \theta'_m \theta'_f |k| e^{k|z_0|} \int_{z_0}^{\infty} e^{-k|z|} F[M(z')] dz' \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

dengan :

$$\theta'_f = \hat{f}'_z + i \frac{\hat{f}'_x \hat{k}_x + \hat{f}'_y \hat{k}_y}{|k|} \qquad \theta'_m = \hat{m}'_z + i \frac{\hat{m}'_x \hat{k}_x + \hat{m}'_y \hat{k}_y}{|k|}$$

dari persamaan (2.23) dan (2.24) diperoleh :

$$F[\Delta T_i] = F[\Delta T] F[\psi_i] \quad \dots\dots\dots(2.25)$$

dengan :

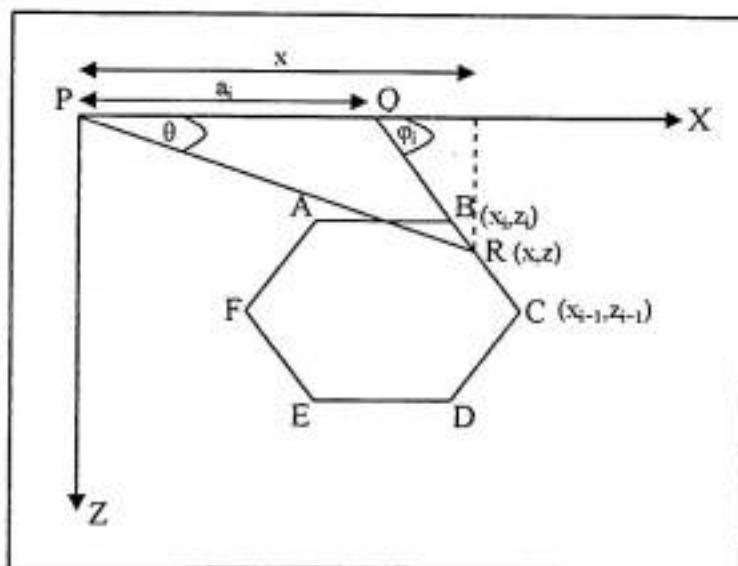
$$F[\psi_i] = \frac{\theta'_m \theta'_f}{\theta_m \theta_f} \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

Persamaan (2.25) dan (2.26) menggambarkan suatu operasi penyaringan yang mentransformasi suatu anomali medan total dengan arah magnetisasi dan medan geomagnetik tertentu menjadi suatu anomali baru yang disebabkan oleh distribusi magnetisasi yang sama tetapi dengan arah vektor yang baru.

## II.9. Anomali Geomagnet Benda Dua Dimensi Penampang Segi Banyak Talwani

Pada model ini, benda sembarang dua dimensi akan didekati oleh bentuk poligon. Bentuk poligon ini dapat dibuat persamaan komponen vertikal dan horizontal dari gaya magnetnya.

Persamaan gaya magnet model ini dapat diasumsikan sebagai benda sembarang didekati dengan poligon-poligon seperti pada gambar II.8 dengan  $n$  buah poligon. Titik  $P$  dipandang sebagai titik amat geomagnet dari efek poligon tersebut dan merupakan pusat sumbu sistem koordinat  $XZ$ , dengan poligon terletak pada bidang ini.



Gambar II.8. Poligon dua dimensi dengan penampang segi banyak

Perhitungan efek magnet model dua dimensi dapat dinyatakan integral garis sepanjang sisi poligon :

$$\Delta g = 2G\rho \int Z d\theta \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

dari gambar 11.8 dapat dilihat bahwa :

$$Z = x \tan \theta$$

Kedalaman titik  $R$  yang berada di salah satu sisi heksagon tersebut adalah :

$$Z = (x - a_i) \tan \varphi_i$$

dari kedua persamaan di atas didapat :

$$Z = \frac{a_i \tan \theta \tan \varphi_i}{\tan \varphi_i - \tan \theta} \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

sehingga jika diintegrasikan salah satu sisi ( $BC$ ) maka diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\int_{BC} Z d\theta = \int_B^C \frac{a_i \tan \theta \tan \varphi_i}{\tan \varphi_i - \tan \theta} d\theta = Z_i \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

Komponen vertikal dari gaya magnet untuk seluruh poligon adalah :

$$g(z) = 2G\rho \sum_{i=1}^n Z_i \quad \dots\dots\dots(2.30)$$

Apabila koordinat  $B(x_b, z_b)$ ;  $R(x, z)$ ; dan  $C(x_{i+1}, z_{i+1})$ , maka dengan menyelesaikan persamaan integral  $Z_i$  dapat diperoleh hubungan :

$$Z_i = a_i \sin \varphi_i \cos \varphi_i \left[ \theta_i - \theta_{i+1} + \tan \varphi_i \ln \frac{\cos \theta_i (\tan \theta_i - \tan \varphi_i)}{\cos \theta_{i+1} (\tan \theta_{i+1} - \tan \varphi_{i+1})} \right] \quad (2.31)$$

dengan :

$$\theta_i = \tan^{-1} \frac{z_i}{x_i} ; \quad \varphi_i = \tan^{-1} \frac{z_{i+1} - z_i}{x_{i+1} - x_i}$$

$$\theta_{i+1} = \tan^{-1} \frac{z_{i+1}}{x_{i+1}} ; \quad a_i = x_{i+1} + z_{i+1} \left( \frac{x_i - x_{i+1}}{z_i - z_{i+1}} \right)$$

## II.10. Metoda Penafsiran

Penafsiran data geomagnet ditujukan untuk mencari geometris dan kedalaman benda-benda penyebab anomali, sehingga model perhitungan dan data pengamatan mempunyai perbedaan yang sangat minimum. Penafsiran geomagnet ini dibagi atas dua, yaitu penafsiran kualitatif dan penafsiran kuantitatif.

### II.10.1. Penafsiran Kualitatif

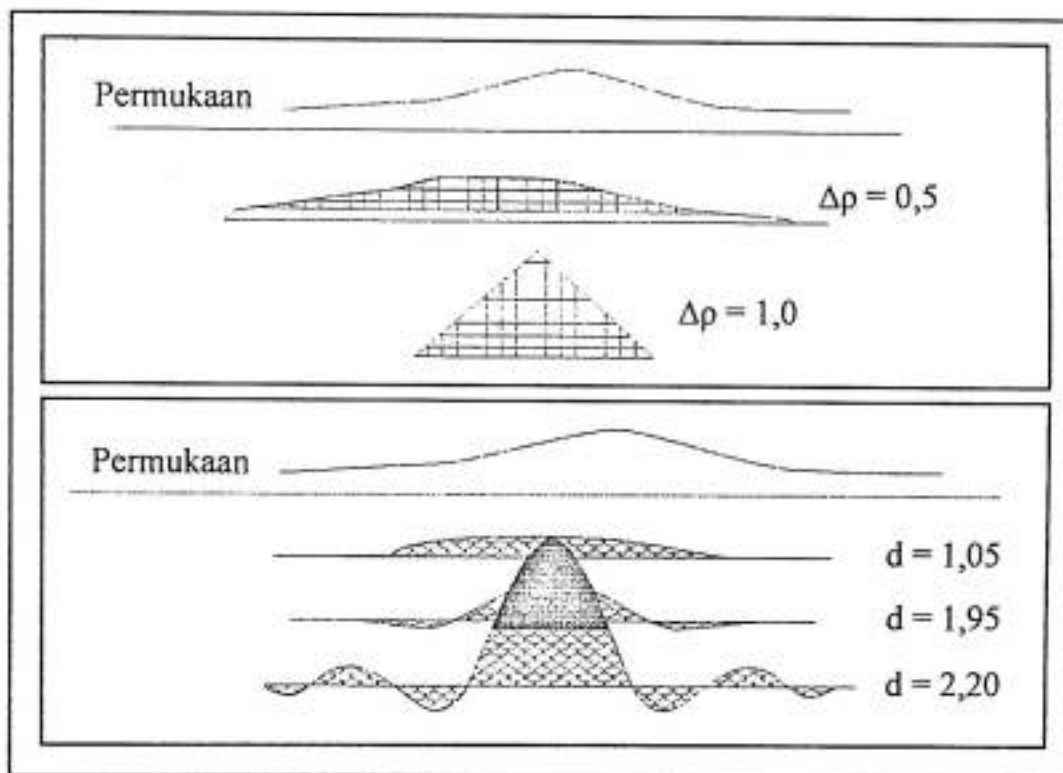
Penafsiran kualitatif dilakukan dengan mengamati data geomagnet berupa anomali magnet total dan anomali magnet regional. Pada anomali magnet total akan memberikan hasil secara global yang masih mempunyai efek benda-benda yang berasal dari batuan sedimen atau *basement*, sedangkan benda penyebab anomali dekat permukaan didapatkan dari anomali regional.

Hasil penafsiran ini dapat diperkirakan mengenai bentuk benda penyebab anomali, tetapi tidak sampai mendapatkan besaran matematisnya. Misalnya pada peta kontur anomali total terdapat kontur tertutup dengan nilai tinggi yang dikelilingi oleh anomali rendah dapat ditafsirkan adanya benda berupa bola atau bulatan dengan kerentanan magnet lebih tinggi dari sekitarnya. Demikian pula sebaliknya yaitu anomali bulatan dengan nilai rendah dapat diduga adanya batuan sedimen dalam suatu cekungan dengan kerentanan magnet lebih rendah dari sekitarnya. Landaian anomali dapat diduga adanya perubahan litologi atau hadirnya suatu sesar, sedangkan anomali memanjang yang rapat dan sempit dapat ditafsirkan adanya suatu lorong (*dike*). Penafsiran kualitatif dilakukan untuk melihat arah penyebaran anomali atau nilai anomali tersebut.

### II.10.2. Penafsiran Kuantitatif

Penafsiran kuantitatif dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang bentuk geometris, kontras densitas dan suseptibilitas batuan serta kedalaman suatu benda anomali bawah permukaan yang sesuai dengan anomali magnet yang teramati. Pada penafsiran kuantitatif dengan metoda geomagnet penentuan dimensi, kontras densitas dan suseptibilitas batuan, serta kedalaman suatu benda anomali dapat menghasilkan bermacam-macam solusi untuk disesuaikan dengan anomali magnet yang teramati (gambar II.9). Terlihat Pada gambar bahwa benda pada kedalaman berbeda dan densitas maupun suseptibilitas yang berbeda dapat menghasilkan nilai anomali yang identik.

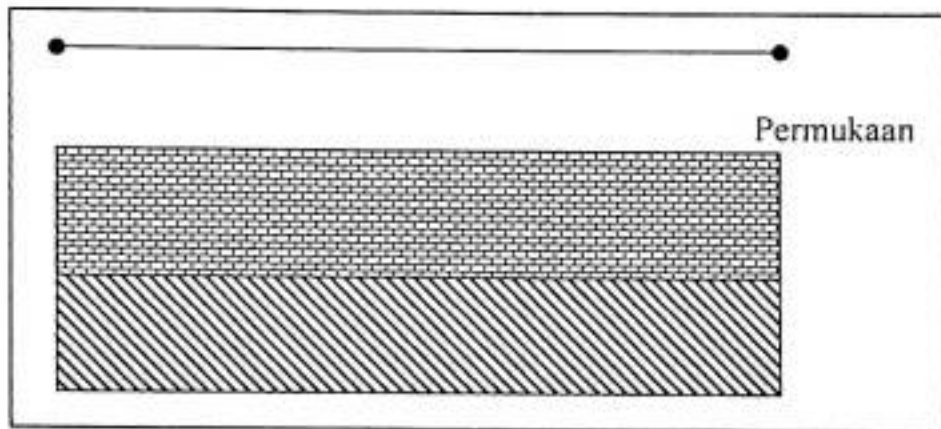
Metoda magnetik digunakan karena kemampuannya dalam membedakan densitas dari suatu sumber anomali terhadap densitas lingkungan sekitarnya. Penyimpangan harga densitas pada posisi horizontal menyebabkan perbedaan harga intensitas magnet pada suatu titik pengukuran.



Gambar II.9. Anomali magnet identik untuk benda berbeda dan kedalaman berbeda

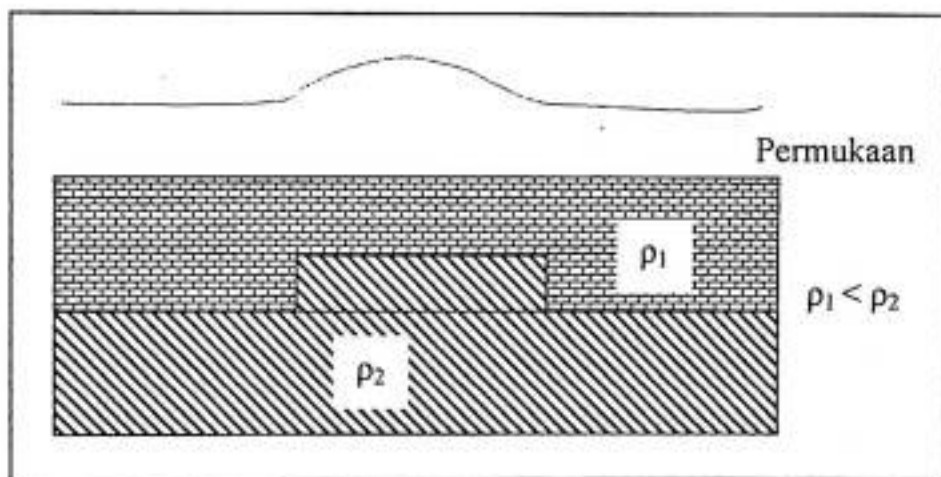
Suatu batuan sedimen berlapis horizontal menghasilkan bentuk penampang anomali datar. Hal tersebut bisa dikatakan bahwa tidak terdapat anomali magnet (gambar II.10).





Gambar II.10. Hubungan anomali magnet dengan struktur batuan homogen secara lateral

Keadaan berbeda dapat dilihat pada gambar II.11, yaitu terdapat suatu benda yang berbeda densitas membentuk topografi yang tidak teratur dan menghasilkan perbedaan harga intensitas magnet untuk setiap titik. Keadaan seperti ini mencerminkan bentuk topografi yang dapat menyebabkan timbulnya anomali.



Gambar II.11. Hubungan anomali magnet dengan struktur batuan yang tidak homogen secara lateral

## BAB III

### METODOLOGI

#### III.1. Lokasi Penelitian

Daerah penelitian mencakup perairan utara Laut Bali dengan batas koordinat  $07^{\circ}$  -  $08^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $115^{\circ}30'$  -  $117^{\circ}$  Bujur Timur dengan cakupan luas  $\pm 15.000 \text{ Km}^2$  (Lampiran B.1.).

#### III.2. Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian yang dilakukan pada survey lapangan terdiri dari pengukuran kedalaman laut, metoda magnetik dan penentuan posisi.

##### III.2.1. Pengukuran Kedalaman Laut

Pengambilan data kedalaman laut dilakukan dengan menggunakan alat perumgema (*echosounder*) sepanjang lintasan kapal. Metoda ini bertujuan untuk menentukan kedalaman laut pada setiap lintasan survey dan dicatat secara numerik dan analisa rekaman (analog) dengan frekuensi 200 KHz. Alat bantu *transduser* yang berfungsi sebagai sensor dipasang di lambung kiri kapal pada posisi tenggelam (*draft*) 1,5 meter. Pengukuran kedalaman laut dilakukan di

sepanjang lintasan pengamatan magnetik yang terdiri dari 15 lintasan dengan selang waktu 5 menit dan ketelitian pembacaan sampai dengan kedalaman 10 cm.

### III.2.2. Pengukuran Intensitas Magnet

Penelitian dan pengukuran geomagnet dengan magnetometer laut adalah untuk mendeteksi dan mengetahui sebaran batuan dasar laut yang mengandung kemagnetan. Pada survey geomagnet daerah ini digunakan dua metoda yaitu pengukuran magnet laut dan pengukuran magnet darat untuk koreksi harian hasil pembacaan intensitas magnet total di laut.

#### III.2.2.1. Pengukuran Intensitas Magnet di Laut

Dalam pengambilan data geomagnet laut dilakukan dengan menggunakan sistem *Geometrics* model **G-811**. Sistem ini menggunakan sensor magnetometer laut dengan ketelitian 0,1 gamma. Pengambilan data dilakukan dengan sistem perekaman secara kontinu dan pencatatan setiap 5 menit, dibaca sebanyak 3 kali dengan sensitifitas pembacaan 1 kali. Jarak sensor magnetometer terhadap kapal 90 meter dan kedalaman sensor dari muka air laut 1 – 5 meter. Pengukuran intensitas magnet total di laut meliputi daerah seluas (124 x 167) km persegi, maka dari itu itu penyelidikan geomagnet ini bersifat regional.

### III.2.2.2. Pengukuran Intensitas Magnet Darat

Secara umum telah diketahui bahwa harga intensitas magnet selalu berubah terhadap waktu, maka dari itu pengukuran di darat tujuannya untuk mengetahui besarnya koreksi harian dan mengetahui ada tidaknya badai magnetik selama survey geomagnet dilakukan. Pengukuran magnet darat menggunakan satu unit model G-856, pengambilan data diadakan di pelabuhan Celukan Bawang dan dilakukan setiap 5 menit secara kontinu dan otomatis, dilakukan/dipasang selama survey di laut dilangsungkan. Dikorelasikan serta kalibrasi dengan data magnet yang dilakukan secara rutin oleh *Tangerang Geomagnetic Observatory* di Tangerang.

### III.2.3. Penentuan Posisi dan Navigasi

Dalam penyelidikan ini posisi kapal ditentukan dengan menggunakan Sistem Satelit Navigasi Terpadu dari data pengindera Satelit GPS (Garmin 100 dan Magellan Nav 5000 Pro), MAGNAVOX MX1157 dan CA3086M. Data ini diterima setiap 2 detik diproses secara digital menggunakan fasilitas program *Hypack Software*. Perekaman data posisi dilakukan setiap 5 menit sedangkan pencatatan data posisi pada printer setiap 1 menit. Agar lintasan kapal dapat diplot dalam peta kerja (skala 1 : 250000) maka lintasan direkam terlebih dahulu ke dalam komputer *seatrak*. Kontrol posisi kapal pada layar monitor dilaksanakan setiap 2 detik pada lintasan yang telah direncanakan.

### III.3. Pengolahan Data

#### III.3.1. Penentuan Harga Anomali Magnet Total

Dari data pengukuran yang diperoleh yakni data keoreksi harian dan data observasi yang selanjutnya akan dikoreksi terhadap datum kemagnetan global (IGRF), tiap titik dapat dilakukan perhitungannya dengan menggunakan persamaan (2.20). Data yang diperoleh hasil pengukuran ini ialah data anomali magnet total

#### III.3.2. Penentuan Harga Anomali Magnet Regional

Pada peta kontur anomali magnet total selanjutnya kita *moving average* lebar jendela  $5 \times 5$  (22,75 km x 22,75 km) dengan menggunakan persamaan (2.22). Hasil *moving average* tersebut merupakan harga anomali magnet regional.

#### III.3.3. Penafsiran dan Pemodelan Geomagnet

Dua macam penafsiran dalam geofisika yaitu penafsiran kualitatif dan penafsiran kuantitatif. Penafsiran kualitatif lebih terarah karena lebih mempersempit masalah. Dari peta anomali magnet regional dapat dilihat daerah-daerah yang memiliki harga maksimum dan harga minimum. Secara umum harga-harga tersebut memperlihatkan daerah-daerah yang diperkirakan sebagai *high* dan *low*

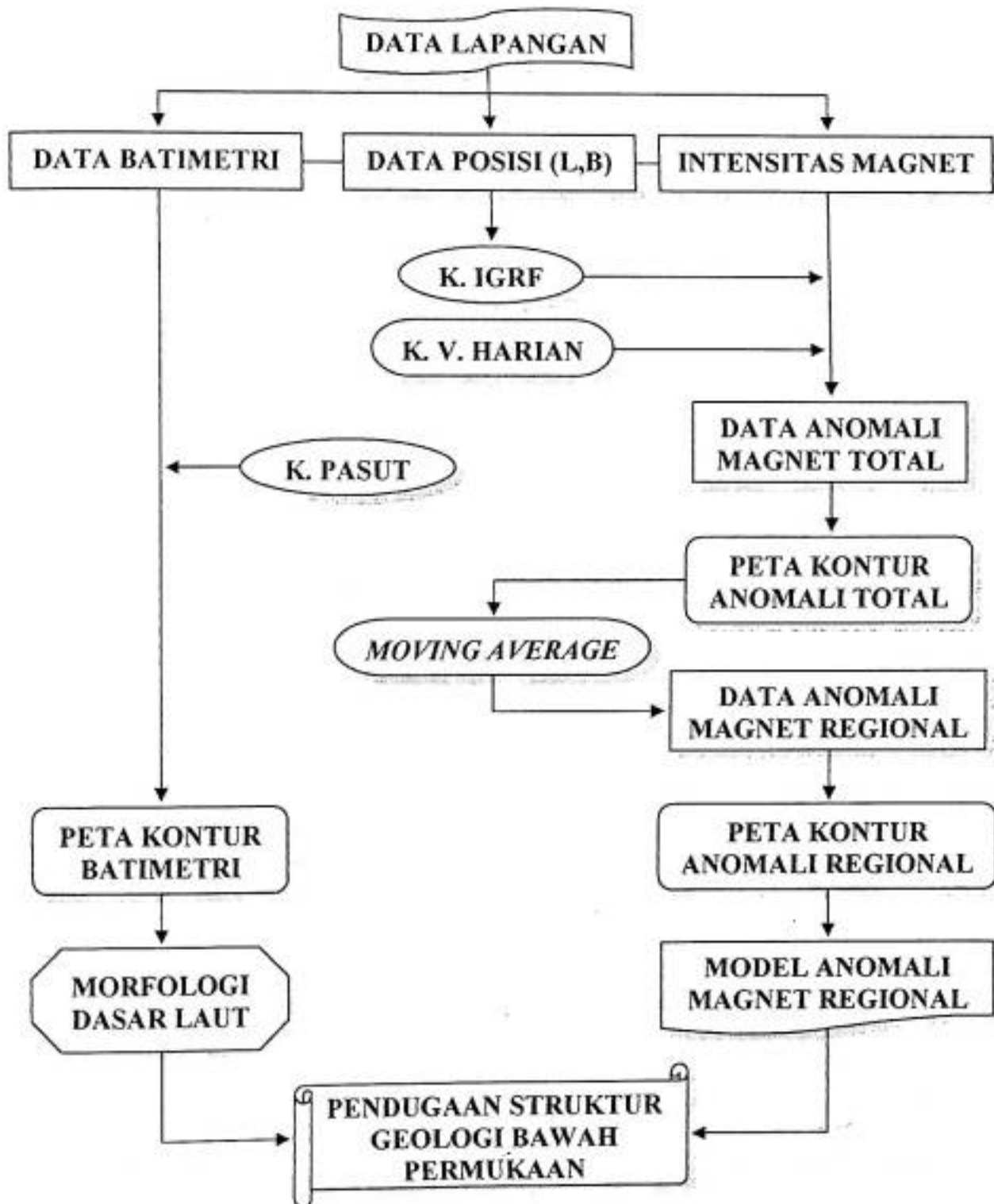
*basement*. Sedangkan penafsiran kuantitatif lebih ditekankan untuk memahami lebih dalam hasil penafsiran kualitatif dengan mengambil penampang-penampang magnet regional dari peta anomali.

Penafsiran kuantitatif dilakukan dengan cara pemodelan langsung (*forward modelling*). Pemodelan ini dilakukan dengan cara mencoba-coba parameter model awal benda anomali sehingga diperoleh anomali perhitungan yang sesuai/mendekati dengan anomali pengamatan. Penampang didapat dengan menggunakan perintah *slice* dari program *Surfer*. Dari proses *slice* dilanjutkan dengan pemodelan.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan program aplikasi *GRAVMAG 2D ver.1.5*. Model dibuat dengan cara coba-coba yang mengacu pada rekaman penampang seismik (**Lampiran B.5**) untuk memperoleh hasil yang memungkinkan. Densitas dan suseptibilitas batuan yang diperlukan dalam pemodelan berasal dari data yang sudah tertentu dan dapat dilihat pada **Lampiran A.5**.

III.4. Bagan Alir Penelitian

BAGAN ALIR PENELITIAN



## BAB IV

### HASIL DAN BAHASAN

#### IV.1 Geologi Umum Laut Bali

##### IV.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yakni daerah laut Bali merupakan sistem cekungan busur belakang (*back arc basin*) yang dicirikan oleh adanya perubahan dari sistem paparan Sunda menjadi sistem cekungan laut dalam. Letak geografisnya berada pada koordinat  $07^{\circ}$  -  $08^{\circ}$  LS dan  $115^{\circ}30'$  -  $117^{\circ}$  BT dengan cakupan luas  $\pm 15.000 \text{ Km}^2$ . Disebelah selatan daerah ini berbatasan dengan busur vulkanik Bali-Flores, disebelah utara dengan tinggian Madura-Kangean, disebelah barat merupakan kelanjutan cekungan sedimen Jawa Utara dan zona depresi Madura (selat Madura) dan disebelah timur berbatasan dengan palung Lombok.

##### IV.1.2 Kerangka Tektonik Regional

Daerah sekitar cekungan Bali terletak pada zona transisi busur belakang dari sistem busur Sunda menjadi sistem busur Banda. Pembentukan sistem busur Sunda diawali oleh tumbukan (subduksi) berupa penunjaman lempeng Hindia-Australia ke utara di bawah lempeng benua Eurasia selama Kenozoikum. Sedangkan sistem busur Banda dicirikan dengan tumbukan (*collision*) pada kala



Mio-Pleistosen dengan pembentukan rangkaian pulau Akresi Sawo dan Timor sepanjang palung Timor (Sobari, 1993).

### **IV.1.3 Geologi Regional**

#### **IV.1.3.1. Morfologi Dasar Laut**

Morfologi daerah penelitian berdasarkan peta batimetri dibagi menjadi dua satuan. Satuan yang pertama adalah satuan morfologi dataran dasar laut yang dangkal, dengan kedalaman berkisar 50 – 200 meter. Satuan kedua adalah satuan morfologi cekungan laut dalam yang dicirikan dengan kemiringan yang curam dengan kedalaman 200 – 1500 meter.

#### **IV.1.3.2. Stratigrafi Daerah Penelitian**

Dari rekaman seismik pantul resolusi tinggi, daerah penelitian dapat dibagi menjadi tiga sekuen, yaitu sekuen A, B dan C.

Litologi sekuen A terdiri dari terdiri dari klastik kasar dan halus, diperkirakan merupakan hasil rombakan dari sekuen B dan C yang tererosi ke lembah-lembah sinklin dan hasil transport dari daratan. Pada sekuen A ini tidak terlihat adanya struktur lipatan atau sesar, diperkirakan berumur kuarter. Sekuen B terdiri dari selang seling antara lempung dan lanau dimana lempung lebih dominan. Pada sekuen ini terdapat struktur seperti lipatan dan sesar. Sedangkan sekuen C terdiri

dari klastik halus, juga terdapat struktur seperti antiklin, sinklin, sesar, dsb. Sekuen B dan C diperkirakan berumur tersier. (Lampiran B.5)

#### **IV.1.3.3. Struktur Geologi**

Struktur yang berkembang di daerah paparan Sunda bagian Timur merupakan produk dari tiga fase tektonik dan telah mengalami penurunan (subsiden) yang berlangsung selama Kenozoikum. Fase pertama dicirikan oleh reaktivasi struktur sesar naik Pra-Tersier. Fase kedua ditandai dengan berhentinya struktur normal Paleogen dan penurunan permukaan pada Miosen Tengah. Akibatnya terjadi penurunan lokal pada sesar normal. Fase ketiga dicirikan dengan berkembangnya struktur sesar naik busur belakang pada bagian atas Pliosen (Prasetyo, 1994). Dari rekaman seismik resolusi tinggi ditafsirkan adanya struktur geologi seperti lipatan antiklin, sinklin dan sesar. Berdasarkan pola struktur yang berkembang, gaya pembentuk struktur ini diperkirakan relatif berarah utara-selatan. (Lampiran B.4).

Pasangan antiklin-sinklin membentuk suatu antiklinorium, dengan arah sumbu rata-rata barat-timur. Sesar berupa sesar geser dan sesar turun, umumnya berjurus timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara. Pola lipatan yang sumbunya rata-rata berarah barat-timur dan sesar geser berjurus baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya memberikan dugaan bahwa gaya utama yang bekerja di daerah ini mempunyai arah utara-selatan. Sangat mungkin gaya ini berasal dari gerakan

lempeng Indo-Australia ke utara yang kemudian bertubrukan dengan lempeng Eurasia pada kala Miosen. Gerakan ini mungkin lebih giat pada Plio-Plistosen, sehingga seluruh daerah pada kepulauan Kangean terangkat menjadi daratan. Pengangkatan setempat membentuk beberapa cekungan dangkal. Pengangkatan yang terus berlanjut hingga sekarang, menyebabkan sebagian terumbu berada di atas permukaan laut dengan membentuk undak batugamping dan beberapa atol (Sutisna dkk., 1993).

## **IV.2 Hasil Penelitian**

Setelah melakukan tahapan-tahapan seperti yang diuraikan dalam Bab III, selanjutnya dalam bab ini akan dikemukakan hasil pengolahan data geomagnet dan pemodelan.

### **IV.2.1 Hasil Pengolahan Data Geomagnet**

#### **IV.2.1.1 Anomali Magnet Total**

Proses pengolahan data geomagnet berupa koreksi-koreksi menghasilkan data anomali magnet total (**Lampiran A.2**). Dari data anomali magnet total lalu dibuat peta kontur anomali magnet total.

#### **IV.2.1.2 Anomali Magnet Regional**

Dari peta kontur anomali magnet total selanjutnya di *moving average* sehingga nantinya menghasilkan data anomali magnet regional (**Lampiran A.3**). Dari data anomali magnet regional selanjutnya dibuat peta kontur anomali magnet regional.

#### **IV.2.2 Pemodelan**

Pada pemodelan ini digunakan peta anomali magnet regional dengan mengambil penampang lintasan 1, 8 dan 10. Hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar IV.5, IV.6 dan IV.7.

#### **IV.3 Penafsiran**

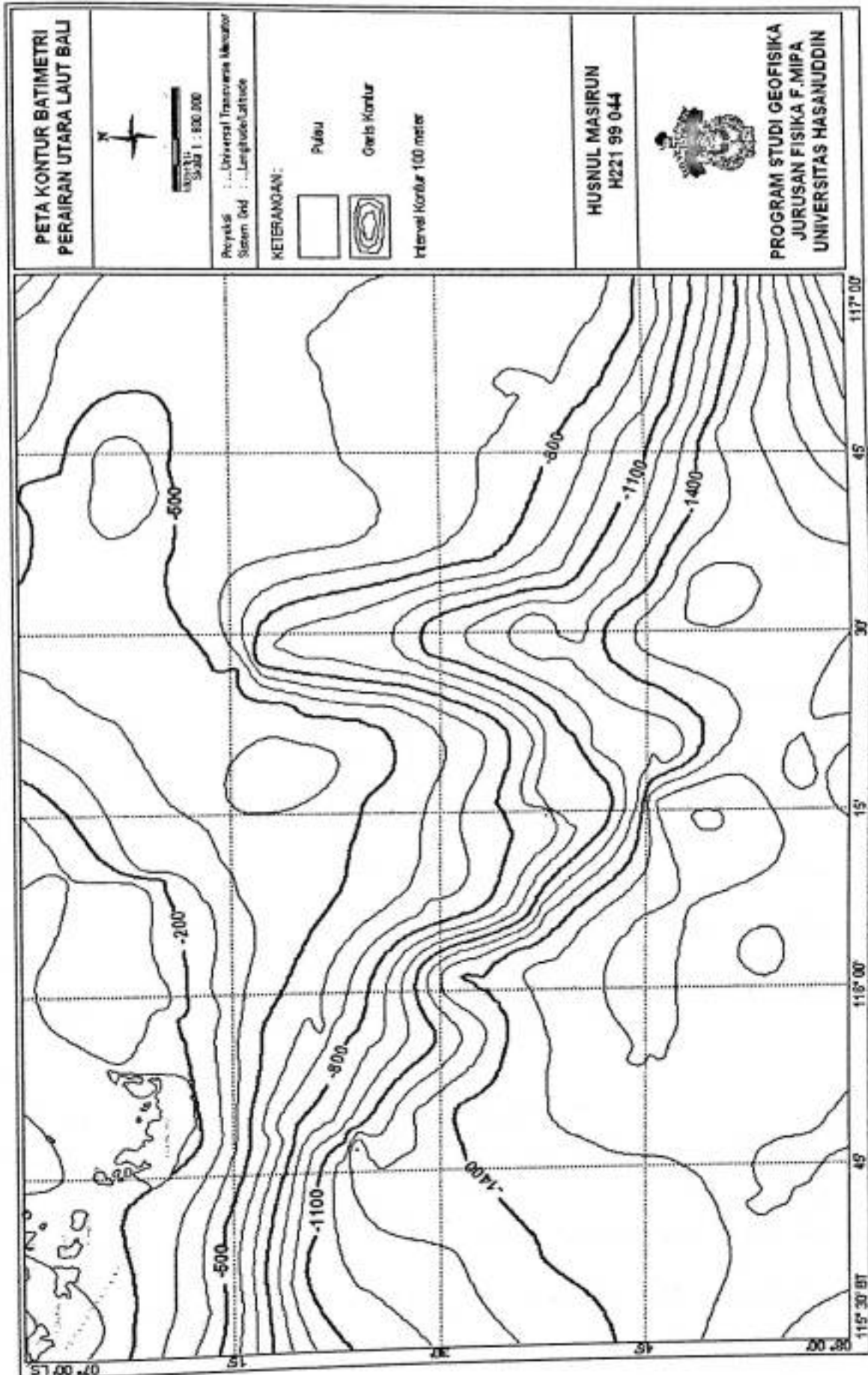
Penafsiran geomagnet daerah perairan utara laut Bali dilakukan dengan dua cara yaitu secara kualitatif dan kuantitatif. Penafsiran kualitatif dilakukan pada kedalaman laut, anomali total dan anomali regional, dimana kedua bentuk anomali tersebut secara lateral mencerminkan kenampakan struktur yang berbeda. Sedangkan penafsiran kuantitatif mencerminkan suatu bentuk model yang dikorelasikan terhadap struktur geologi bawah permukaan yang nampak secara vertikal

### **IV.3.1 Penafsiran Kualitatif**

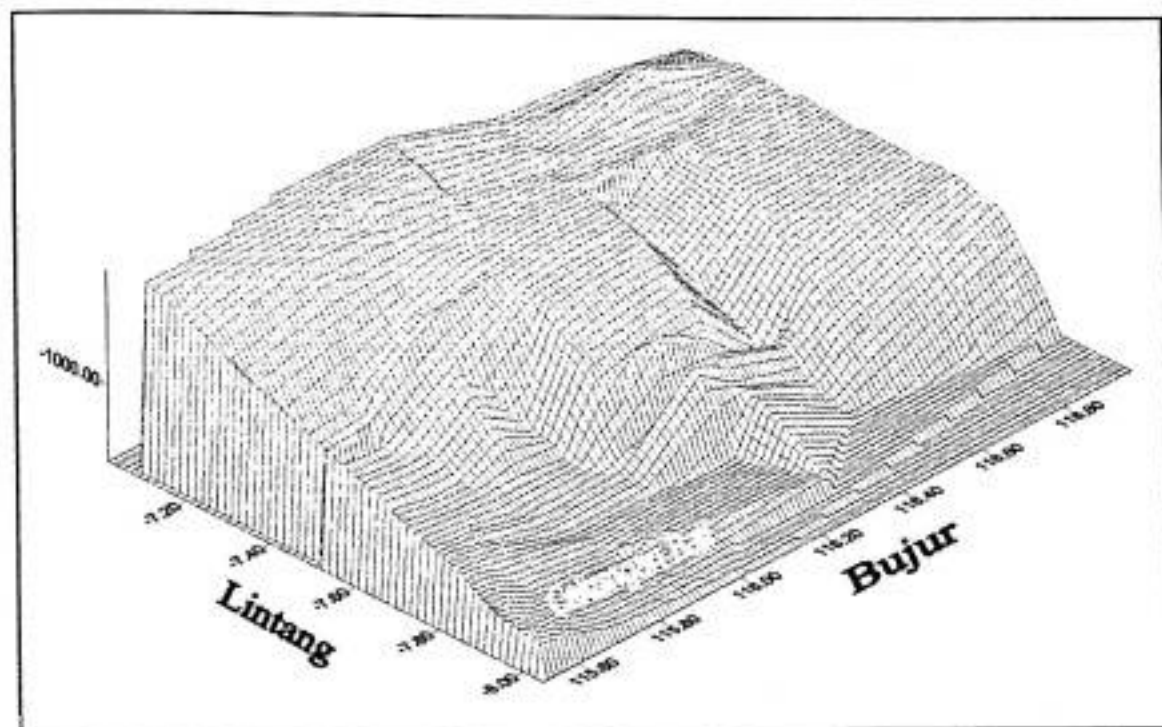
#### **IV.3.1.1 Kedalaman Laut**

Hasil pengukuran kedalaman dasar laut dengan alat perumgema JMC 8001 menghasilkan peta kontur kedalaman laut daerah penelitian antara 100 meter sampai 1600 meter (gambar IV.1). Kedalaman laut 1600 meter terdapat di bagian timur dan kedalaman 100 meter disekitar perairan Pulau Kangean. Kedalaman laut semakin dalam ke arah selatan dan timur dengan pola garis kontur agak tidak teratur. Bagian utara dengan kedalaman 200 meter sampai 500 meter termasuk pada tinggian Kangean-Sapanjang dan bagian selatan dengan kedalaman 1500 adalah bagian dari cekungan Bali sedangkan bagian timur dengan kedalaman 1600 meter diduga termasuk cekungan Flores.

Morfologi dasar laut tidak teratur dan menggelombang ditunjukkan oleh pola garis kontur agak tidak teratur (gambar IV.2). Ketidak teraturan morfologi dasar laut ini disebabkan adanya gejala tektonik yang masih terus berlangsung terjadi sampai sekarang. Di bagian utara morfologi dasar laut membentuk tinggian yaitu tinggian Kangean-Sapanjang. Morfologi tinggian ini diduga akan semakin mendangkal akibat dari gejala tektonik yang berlangsung. Ke arah selatan terdapat cekungan yaitu cekungan Bali dan ke arah timur diduga termasuk cekungan Flores.



Gambar IV.1.1. Peta Kontur Batimetri Perairan Utara Laut Bali

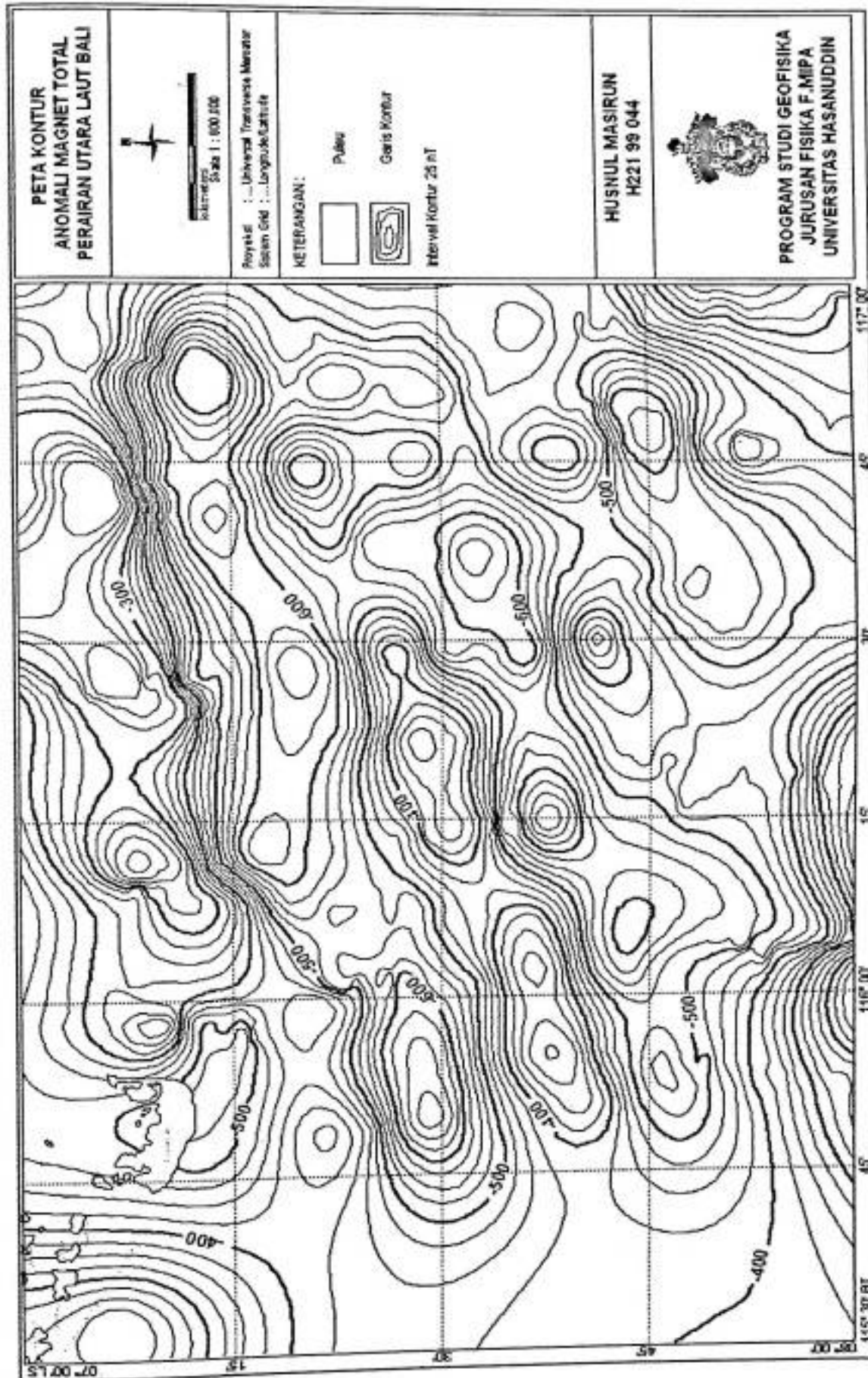


Gambar IV.2. Morfologi Dasar Laut Perairan Utara Laut Bali

Pola kedalaman laut daerah selidikan, dapat diduga berupa tinggian bawah laut sekaligus merupakan batas bagian timur cekungan Bali dengan cekungan Flores. Kelurusan batimetri ini diperkirakan juga adalah kelanjutan dari depresi teluk Saleh di Pulau Sumbawa (Zen, 1992), atau merupakan kelanjutan dari zona sesar transform Wilson utara yang menerus hingga ke kepulauan Kangean (Sobari, 1993).

#### IV.3.1.2 Hasil Interpretasi Anomali Magnet Total

Hasil pengukuran intensitas magnet total menghasilkan peta kontur anomali magnet total. Harga anomali magnet total diperoleh dari perhitungan hasil pengukuran yang dikoreksi terhadap variasi harian dan datum kemagnetan global.



Gambar IV.3. Peta Kontur Anomali Magnet Total Perairan Utara Laut Bali



Nilai anomali normal adalah harga magnet hasil pengamatan dikurangi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Nilai anomali intensitas di daerah penelitian berkisar antara -100 gamma sampai -700 gamma (gambar IV.3).

Harga anomali terendah yakni -700 gamma menempati bagian tengah daerah selidikan dan tenggara, sedang harga anomali tertinggi yakni -250 gamma menempati bagian utara daerah penyelidikan. Anomali intensitas magnet total di bagian tengah (cekungan Bali) umumnya rendah yaitu antara -450 gamma sampai dengan -650 gamma. Di bagian tinggian Sapanjang anomali intensitas magnet meninggi dengan harga intensitas magnet total antara -250 gamma sampai dengan -450 gamma.

Pola garis kontur di bagian tengah umumnya memperlihatkan garis kontur menutup dan berpasangan dengan harga terendah -650 gamma. Di bagian barat pola garis kontur agak memanjang dan disekitar kepulauan Kangean harga anomali intensitas magnet total tertinggi yaitu -200 gamma. Dari peta anomali intensitas magnet total terlihat bahwa harga tertinggi umumnya menempati daerah tinggian kepulauan Kangean dan tinggian Sapanjang, sehingga dapat ditafsirkan bahwa kedudukan struktur batuan dasar (*magnetic basement*) di daerah tinggian ini lebih dangkal. Dan di bagian cekungan dengan harga anomali magnet total rendah diduga kedudukan struktur batuan dasar magnet lebih dalam.

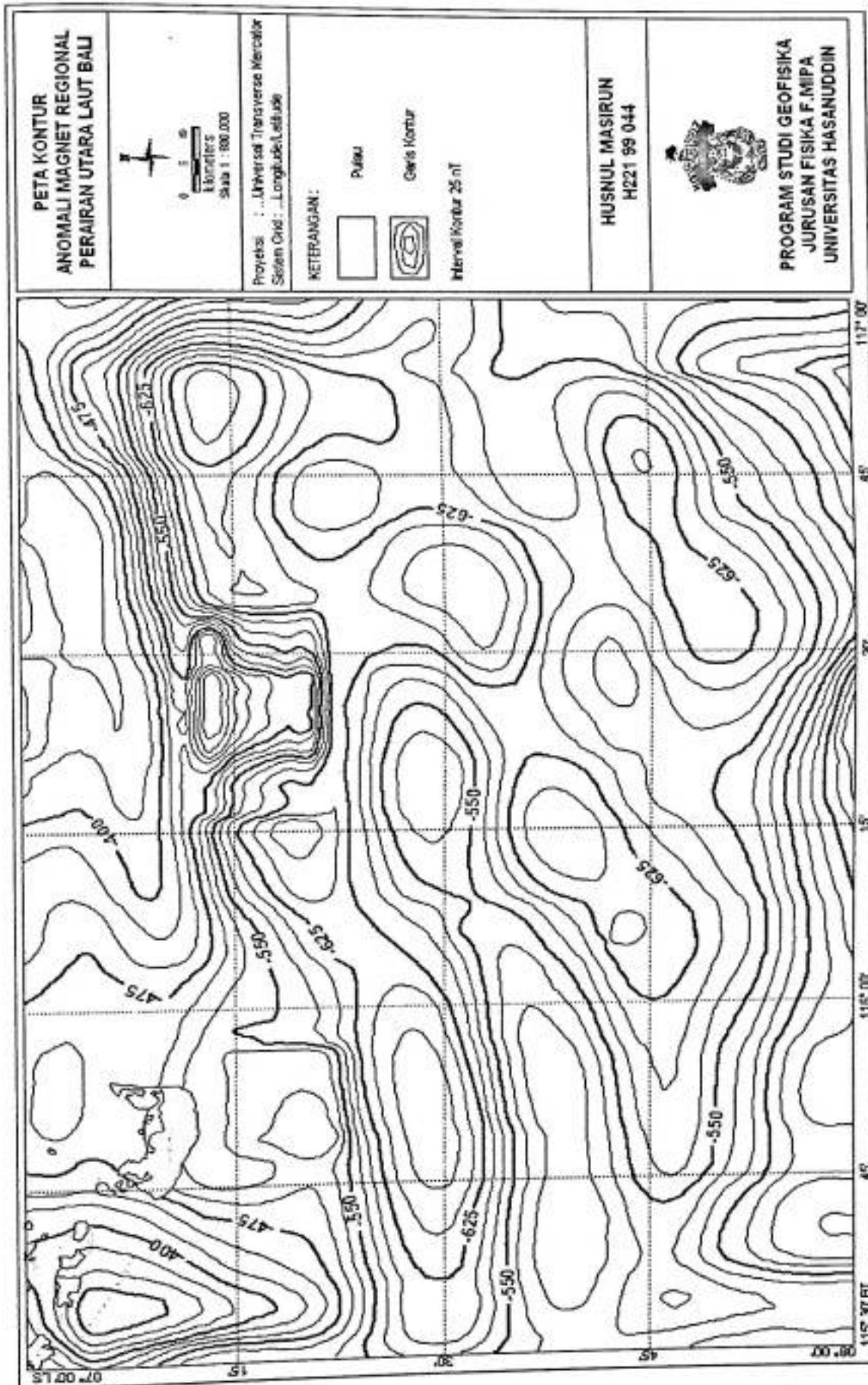
#### IV.3.1.3 Hasil Interpretasi Anomali Magnet Regional

Anomali magnet regional daerah penelitian menggambarkan bentuk struktur geologi bawah permukaan secara regional maupun lokal. Anomali magnet regional membentuk lajur-lajur (lekukan) cenderung hampir utara-selatan atau tepatnya barat daya-timur laut.

Sebaran anomali regional daerah penelitian berkisar antara -320 gamma sampai -680 gamma membentuk cekungan anomali dan tinggian anomali, dengan anomali terendah di bagian tengah yaitu -680 gamma. Sedangkan anomali tertinggi berada di sekitar tinggian kepulauan Kangean yaitu -325 gamma dan di sekitar tinggian Sapanjang yaitu -400 gamma (gambar IV.4).

Berdasarkan besar nilai anomali regional hasil *moving average* dari titik-titik pengukuran maka daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi tiga lajur, semua lajur mempunyai arah umum baratdaya-timurlaut. Bahasan dari tiap lajur tersebut berturut-turut dari lajur pertama yang terletak di bagian ujung baratlaut sampai lajur tiga di bagian ujung tenggara adalah sebagai berikut.

Pada lajur pertama didapatkan sekumpulan hasil pengukuran anomali regional tinggi berkisar antara -300 gamma sampai -400 gamma. Nilai yang tinggi ini ditafsirkan sebagai batuan dasar cekungan yang menerobos hampir ke dekat permukaan.



Gambar IV.4. Peta Kontur Anomali Magnet Regional Perairan Utara Laut Bali

Pada lajur kedua sebagian ditempati oleh titik ukur yang mempunyai nilai anomali rendah berkisar antara -425 gamma hingga -500 gamma. Nilai anomali yang rendah ini kemungkinan disebabkan oleh pengaruh batuan dasar yang berada jauh di bawah permukaan dan di atasnya ditutupi oleh batuan sedimen.

Pada lajur ketiga kembali menunjukkan pengumpulan nilai anomali rendah, sebagian besar mempunyai nilai rata-rata -600 gamma, bahkan di sebagian tempat tercatat nilai anomali sebesar -550 gamma. Sedangkan nilai anomali tertinggi mencapai -500 gamma. Kelompok titik-titik ukur yang mempunyai nilai anomali rendah ini umumnya diakibatkan oleh efek batuan dasar yang letaknya jauh dari permukaan pada sebuah cekungan yang dalam.

#### IV.3.2 Penafsiran Kuantitatif

Untuk menentukan posisi dan dimensi benda anomali perlu dilakukan pemodelan secara kuantitatif. Dalam hal ini dipilih tiga penampang lintasan yang dianggap dapat mewakili daerah survey. Pemodelan dengan *software Grafmag 2-D* pada ketiga penampang tersebut dilakukan secara coba-coba (*trial and error*) sehingga diperoleh selisih yang sangat kecil antara anomali pengamatan dan anomali perhitungan. Ada beberapa lapisan yang dipilih untuk pemodelan. Ketebalan masing-masing lapisan dan kedalaman *top* batuan dasar serta geometrinya diperkirakan secara semi kuantitatif yang menggambarkan struktur bawah permukaan perairan utara laut Bali. Pemodelan yang dilakukan menggunakan

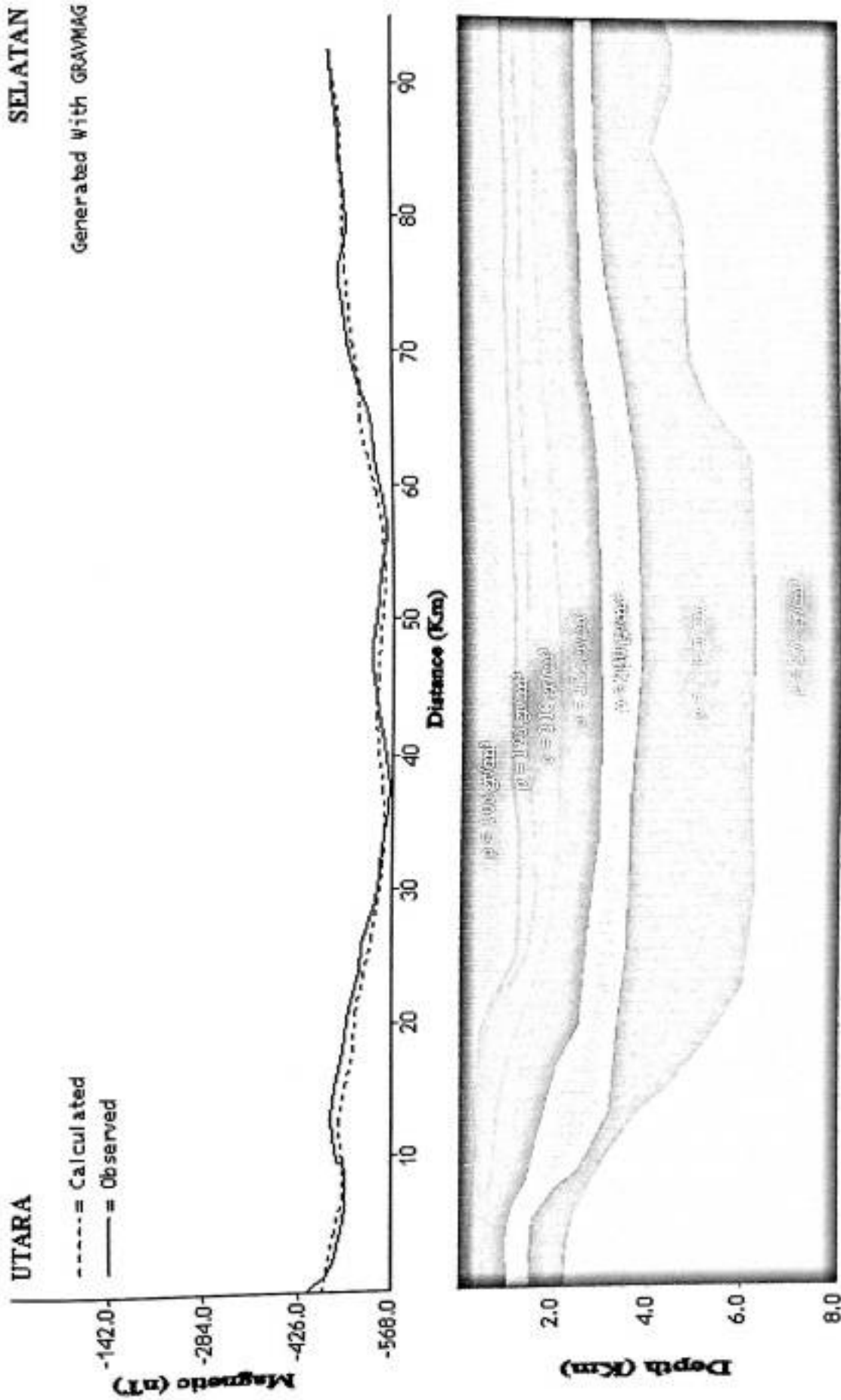
densitas  $2,68 \text{ gr/cm}^3$  sebagai dasar, yaitu densitas rata-rata kerak bumi. Dari harga densitas dan suseptibilitas yang dimasukkan untuk tiap pemodelan dapat ditafsirkan kandungan mineral yang terdapat pada tiap lapisan.

Posisi penyelidikan terletak pada intensitas medan magnetik bumi sebesar 45200, inklinasi magnetik bumi  $-34^\circ$  dan deklinasi magnetik bumi  $+1^\circ$ , yang diperoleh dari Peta IGRF Indonesia (**Lampiran B.6**).

#### **IV.3.2.1 Penampang Lintasan 1**

Penampang lintasan 1 berarah utara-selatan yang terletak pada posisi  $115^\circ 32' 00''$  BT sampai  $115^\circ 41' 00''$  BT dan  $07^\circ 04' 00''$  LS sampai  $07^\circ 59' 00''$  LS, dengan panjang lintasan 93,70770 km dan kedalaman laut maksimal 1350 m. Hasil pemodelan dari profil kurva anomali menunjukkan nilai suseptibilitas 0,005 cgs emu/cc sampai 0,023 cgs emu/cc dengan densitas  $1,05 \text{ gr/cm}^3$  hingga  $2,75 \text{ gr/cm}^3$  (gambar IV.5).

Pada lapisan pertama dengan densitas  $1,05 \text{ gr/cm}^3$  merupakan air laut dengan kedalaman 1300 m. Lapisan permukaan secara umum dianggap mempunyai densitas  $1,95 \text{ gr/cm}^3$  diduga sebagai batuan sedimen fluvial bertekstur kasar seperti kerakal dan pasir dengan ketebalan mencapai 200 meter dan suseptibilitas 0,005 cgs emu/cc.



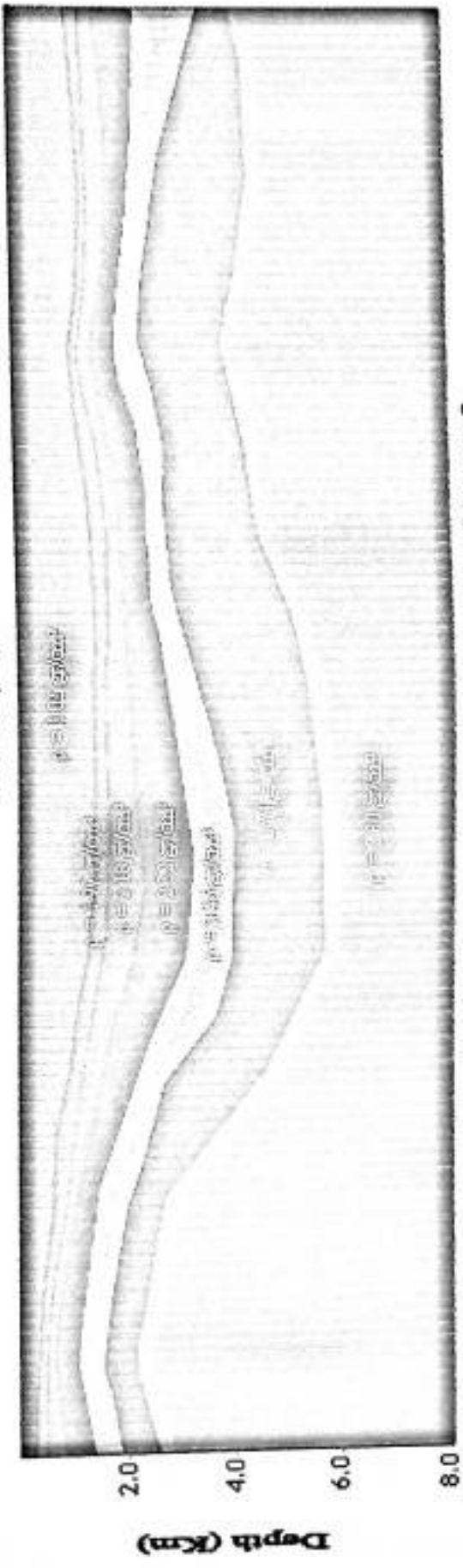
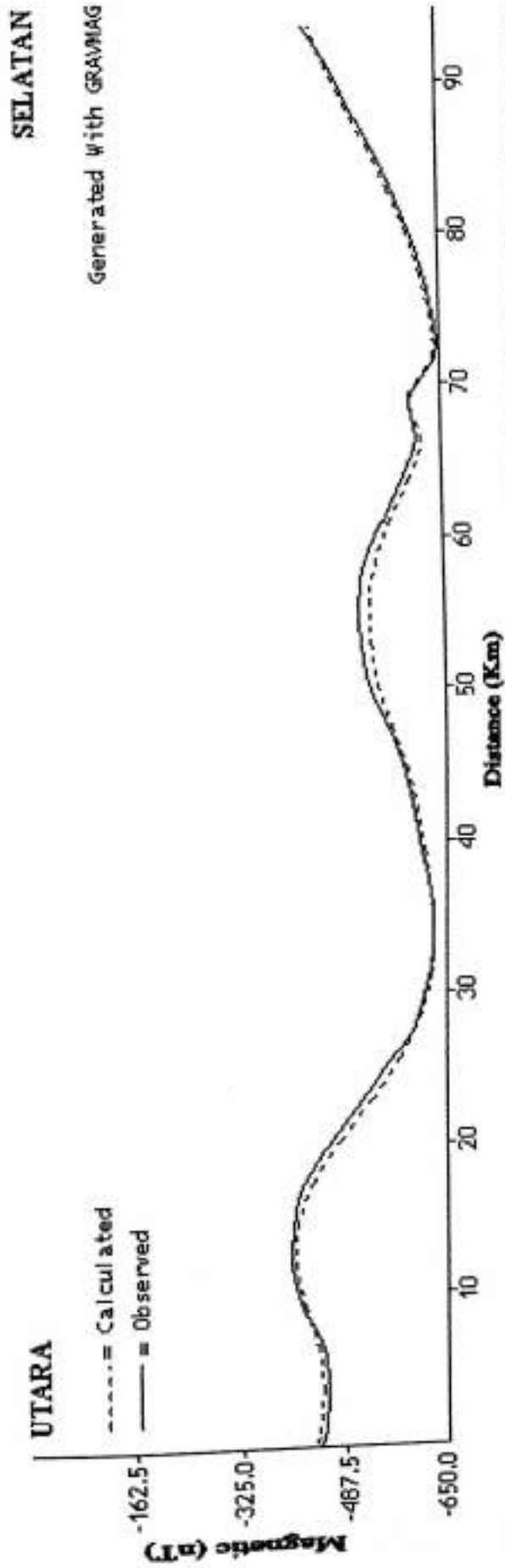
Gambar IV.5. Penduguan Hasil Pemodelan Lintasan 1

Pada posisi utara terdapat terobosan batuan permukaan yang diduga batuan intrusif hingga kedalaman 2100 meter, hal ini diduga adanya batuan dengan densitas yang tinggi mendekati permukaan. Sedangkan pada bagian selatan hingga kedalaman 4000 meter.

Pada jarak 20 – 65 km penampang anomali hampir datar-datar saja, hal ini menunjukkan batuan formasi yang terjadi stabil. Pada lapisan dengan densitas  $2,58 \text{ gr/cm}^3$  sangat tebal hingga mencapai 2000 meter merupakan batuan sedimen yang didominasi oleh batulempung dan suseptibilitas  $0,01 \text{ cgs emu/cc}$ . Hal ini diduga karena tidak adanya pengaruh tektonik pada saat terbentuknya. Lapisan terakhir diduga merupakan batuan landasan berupa batuan basalt dengan densitas  $2,75 \text{ gr/cm}^3$  dan suseptibilitas  $0,023 \text{ cgs emu/cc}$ .

#### **IV.3.2.2 Penampang Lintasan 8**

Lintasan 8 berarah utara-selatan terletak pada posisi  $116^{\circ} 06' 00'' \text{ BT}$  sampai  $116^{\circ} 16' 00'' \text{ BT}$  dan  $07^{\circ} 01' 00'' \text{ LS}$  sampai  $07^{\circ} 59' 00'' \text{ LS}$ , dengan panjang lintasan  $95,86200 \text{ km}$  dan kedalaman laut maksimal  $1570 \text{ m}$ . Hasil pemodelan dari profil kurva anomali lintasan 8 menunjukkan nilai suseptibilitas  $0,004 \text{ cgs emu/cc}$  sampai  $0,025 \text{ cgs emu/cc}$  dengan densitas  $1,05 \text{ gr/cm}^3$  hingga  $2,8 \text{ gr/cm}^3$  (gambar IV.6).



Gambar IV.6. Pendugaan Hasil Pemodelan Lintasan 8



Pada lapisan pertama dengan densitas  $1,05 \text{ gr/cm}^3$  merupakan air laut dengan kedalaman 1570 m. Lapisan kedua dengan densitas  $1,97 \text{ gr/cm}^3$  dan suseptibilitas  $0,0045 \text{ cgs emu/cc}$ , merupakan lapisan sedimen fluvial dengan kedalaman kurang dari 200 meter di bagian tengah dan menipis dibagian selatan. Bentuk formasi lapisan batuanya cenderung mengikuti formasi batuan dasar. Pada jarak 7 – 10 km diduga terdapat lipatan berupa antiklin dengan sumbu berada pada jarak 8,5 km dengan arah sumbu barat-timur.

Pada jarak 16 – 34 km penampang anomali mengalami penurunan dari  $-435 \text{ nT}$  sampai  $-637 \text{ nT}$ . Hal ini diduga adanya penurunan batuan dasar sampai kedalaman 5,7 km dari permukaan, dan juga dapat diduga pada jarak ini ditempati oleh batuan yang cukup beragam dengan perlapisan menurun ke arah tenggara. Pada lapisan terakhir dengan densitas  $2,8 \text{ gr/cm}^3$  merupakan batuan dasar yang digunakan sebagai rapat massa acuan dengan nilai suseptibilitas  $0,025 \text{ cgs emu/cc}$  berupa batuan basalt. Pada lapisan terakhir banyak ditemukan sesar lokal, formasi batuan bagian utara hingga ke selatan cenderung semakin tebal dan mengarah ke permukaan.

#### **IV.3.2.3 Penampang Lintasan 10**

Lintasan berarah utara-selatan ini terletak pada posisi  $116^\circ 19' 00'' \text{ BT}$  sampai  $116^\circ 26' 00'' \text{ BT}$  dan  $07^\circ 01' 00'' \text{ LS}$  sampai  $07^\circ 59' 00'' \text{ LS}$ , dengan panjang lintasan 96,19870 km dan kedalaman laut maksimal 1575 m. Hasil pemodelan



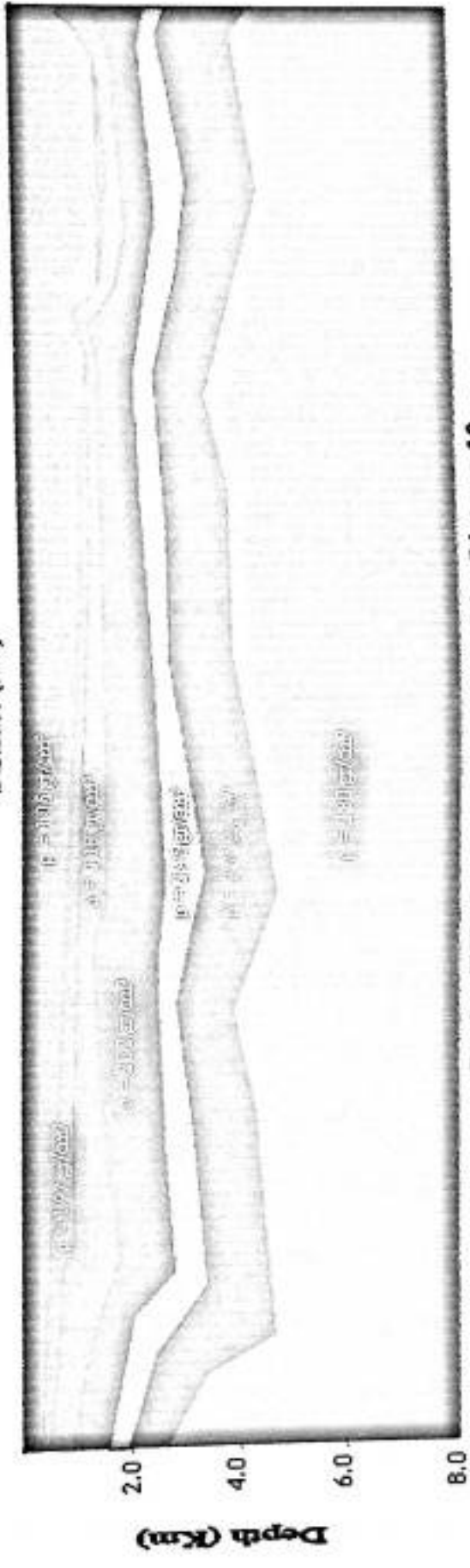
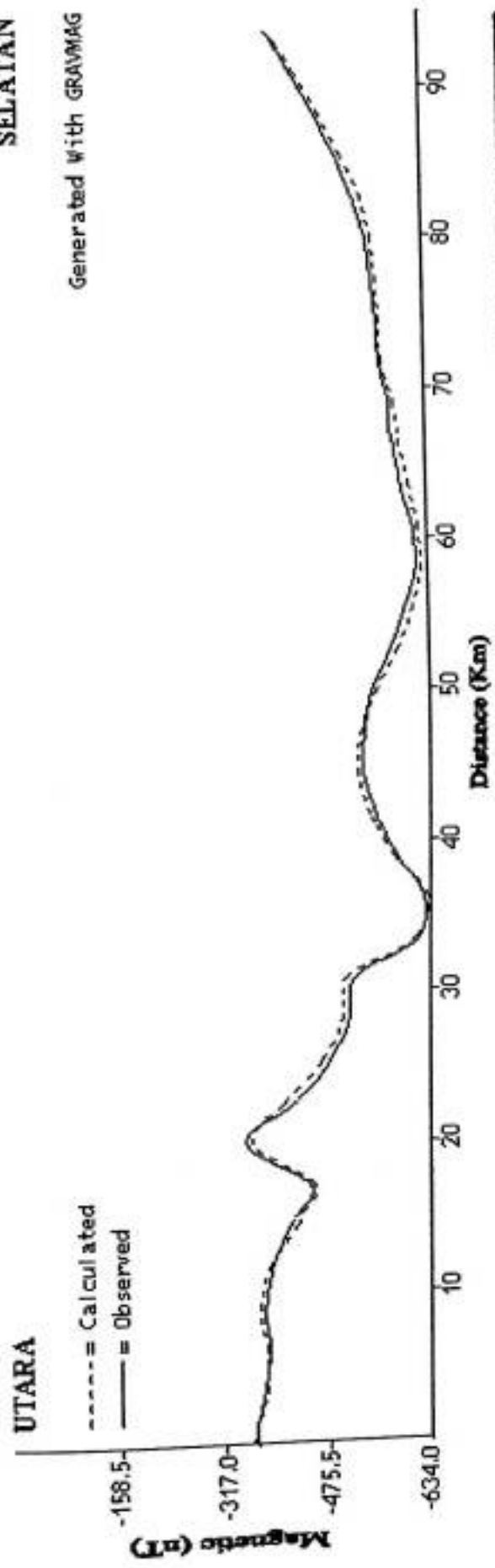
dari profil kurva anomali lintasan 10 menunjukkan nilai suseptibilitas 0,0035 cgs emu/cc sampai 0,025 cgs emu/cc dengan densitas 1,05 gr/cm<sup>3</sup> hingga 2,8 gr/cm<sup>3</sup> (gambar IV.7).

Pada lapisan pertama dengan densitas 1,05 gr/cm<sup>3</sup> merupakan air laut. Lapisan kedua dengan densitas 1,97 gr/cm<sup>3</sup> dan suseptibilitas 0,0035 cgs emu/cc merupakan batuan sedimen fluvial bertekstur kasar seperti kerakal atau pasir dengan ketebalan kurang dari 250 m yang ke arah selatan semakin menipis. Lapisan selanjutnya dengan densitas 2,32 gr/cm<sup>3</sup> dan suseptibilitas 0,0067 cgs emu/cc diduga sebagai batuan sedimen yang didominasi oleh batupasir. Lapisan kelima dengan densitas 2,45 gr/cm<sup>3</sup> dan suseptibilitas 0,008 cgs emu/cc didominasi oleh batugamping. Lapisan sedimen paling bawah dengan densitas 2,65 gr/cm<sup>3</sup> diduga sebagai batulempung. Lapisan terakhir diduga merupakan batuan landasan berupa batuan basalt yang mengalasi daerah penelitian. Dibagian tengah lapisan ini terdapat sesar.

Pada lapisan lintasan ini banyak dijumpai sesar disepanjang lintasan. Bentuk formasi lapisan cenderung mengikuti formasi batuan dasar. Di bagian utara masih termasuk tinggian Sapanjang dan di selatan terlihat adanya cekungan Bali yang dibatasi adanya tinggian yang diduga sebagai sesar naik. Panjang cekungan di lintasan ini sekitar 16 km.

SELATAN

Generated With GRAVMAG



Gambar IV.7. Perhitungan Hasil Pemodelan Lintasan 10

## BAB V

### P E N U T U P

#### V.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan sebaran nilai anomali regional hasil *moving average* pada anomali total maka daerah Perairan Utara Laut Bali dapat dipisahkan menjadi tiga lajur. Lajur pertama di bagian barat laut mempunyai anomali tinggi antara -300 nT sampai -400 nT yang diduga sebagai batuan dasar cekungan yang menerobos hampir ke dekat permukaan. Lajur kedua mempunyai nilai anomali rendah berkisar antara -425 nT hingga -500 nT kemungkinan disebabkan oleh pengaruh batuan dasar yang berada jauh di bawah permukaan dan di atasnya ditutupi oleh batuan sedimen. Lajur ketiga kembali menunjukkan pengumpulan nilai anomali rendah, sebagian besar mempunyai nilai rata-rata -600 nT, bahkan di sebagian tempat tercatat nilai anomali sebesar -550 nT yang diduga diakibatkan oleh efek batuan dasar yang letaknya jauh dari permukaan pada sebuah cekungan yang dalam.
2. Survey geofisika pada lokasi penelitian di Perairan Utara Laut Bali dengan metoda geomagnet, menunjukkan nilai suseptibilitas batuan 0,004 cgs emu/cc sampai 0,025 cgs emu/cc dan nilai densitas batuan 1,95 gr/cm<sup>3</sup> sampai 2,80 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas dan suseptibilitas yang semakin ke permukaan nilainya semakin kecil yang menunjukkan bahwa penyebaran mineral berat pada tiap lapisan lintasan agak berbeda kerapatannya di bagian

teratas agak renggang disebabkan telah terjadi proses pelapukan pada selang waktu tertentu. Lapisan pertama dengan densitas  $1,05 \text{ gr/cm}^3$  merupakan air laut. Lapisan dengan rapat massa  $1,95 \text{ gr/cm}^3$  hingga  $2,58 \text{ gr/cm}^3$  merupakan lapisan batuan sedimen. Lapisan dengan rapat massa  $2,74 \text{ gr/cm}^3$  hingga  $2,8 \text{ gr/cm}^3$  dapat diduga sebagai batuan yang mendasari daerah penelitian yakni batuan beku basalt dengan kedalaman 2200 m disebelah utara dan 3500 m di sebelah selatan. Struktur yang berkembang di daerah penelitian berupa sesar, lipatan dan *slump*, struktur ini utamanya berkembang pada lintasan 1, 8 dan 10.

## V.2. Saran

Informasi yang lebih jelas mengenai struktur geologi daerah Perairan Utara Laut Bali dapat diperoleh dengan melakukan penyelidikan lapangan dengan lintasan yang lebih rapat atau dengan menggunakan metoda geofisika yang lain, serta pengambilan sampel batuan yang langsung diuji di laboratorium untuk mengetahui nilai densitas dan suseptibilitas batuan yang lebih akurat, dalam hal ini penyesuaian data bor dengan data laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bhattacharyya. B.K, (1980), "*A Generalized Multibody Model for Inversion of Magnetic Anomalies*", Geophysics vol.45 No.2.
2. Blakely. R.J, (1995), "*Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*", first edition, Cambridge University Press, Cambridge.
3. Derek. F.J, (2000), "*Gravity and Magnetic Methods in Today's Oil Industry*", School of Earth Sciences, University of Leeds, Leeds U.K.
4. Lubis. S, (2000), "Teori dan Aplikasi Metoda Magnetik Laut", Bidang Geofisika Kelautan, PPGL Ditjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Deptamben, Bandung.
5. Prasetyo. H, Sarmili. L, (1994), "*Structural and Tectonic Development of West-East Indonesian Backarc Transition Zone : Implication for Hydrocarbon Prospect*", Bull. of. The Geol. Inst. of. Ind., vol. 9, no. 2, hal. 23-60.
6. Rao. D.B, Babu. R.N.A, (1991), "*A Rapid Method for Three Dimensional Modelling of Magnetic Anomaly*", Geophysics vol.56 no.11.
7. Sobari. I, Budiman, (1993), "Kenampakan Geofisika di Cekungan Busur Belakang Daerah Lepas Pantai Utara Pulau-pulau Bali, Lombok dan Sumbawa Sebagai Sasaran Alternatif Eksplorasi Minyak", Proc. Of The 18<sup>th</sup> Ann. Conv. Of HAGI.
8. Sutisna. K, Samodra, Koswara. A, (1993), "Geologi Lembar Kangean dan Sapudi - Jawa", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

9. Telford. W.M, Geldart. L.P, Sheriff. R.E, (1990), "*Applied Geophysics*", 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
10. Untung. M, (2001), "Seri Geofisika : Dasar-dasar Magnet dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya", Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI), Jakarta.
11. Zen. M.T, Soemarno. S, (1992), "*Structural Pattern and Tectonic Position of Sumbawa Island in East Indonesia*", in : Degens, E.T. et.al : *The Sea of Mount Tambora*, hal. 2-35.