

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN  
BERDASARKAN PEMODELAN DAN ANALISIS ANOMALI  
MAGNETIK PADA CEKUNGAN WAIPOGA, DAERAH  
PERAIRAN YAPEN, PAPUA**

(Skripsi)

Oleh

**Raihan Hendri Hakim**

**2015051059**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2026**

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN  
BERDASARKAN PEMODELAN DAN ANALISIS ANOMALI  
MAGNETIK PADA CEKUNGAN WAIPOGA, DAERAH  
PERAIRAN YAPEN, PAPUA**

**Oleh**

**Raihan Hendri Hakim**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2026**

## ABSTRAK

### IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN PEMODELAN DAN ANALISIS ANOMALI MAGNETIK PADA CEKUNGAN WAIPOGA, DAERAH PERAIRAN YAPEN, PAPUA

Oleh

**Raihan Hendri Hakim**

Penelitian ini mengidentifikasi distribusi anomali magnetik dan memodelkan struktur bawah permukaan Cekungan Waipoga (perairan Yapen, Papua) untuk menilai karakter geologi dan potensi cekungan sedimen. Data marine magnetic yang telah dikoreksi (diurnal, IGRF) diproses menggunakan Surfer dan Geosoft Oasis Montaj; pemodelan inversi 3-D dilakukan dengan ZondGM3D. Analisis mencakup peta medan total, *Reduction to the Pole* (RTP), *upward continuation*, pemisahan regional–residual, serta derivatif spasial (FHD & SVD) untuk menandai zonasi struktural. Hasil menunjukkan nilai AMT berkisar 42,0 nT sampai –234,5 nT; regional 16,6 nT sampai –222,2 nT; residual 16,4 nT sampai –24,6 nT. Pola anomali memanjang berarah SW–NE dengan pola bermagnetisasi tinggi dan rendah. Model 3-D menampilkan zona anomali rendah pada kedalaman 150–400 m (Model 1: UTM 600000–607000; Model 2: UTM 618000–622000) dengan kinematika patahan beragam (*normal*, *reverse*, *strike-slip*) dan pengaruh struktural hingga 400 m. Interpretasi menunjukkan sistem patahan termasuk patahan yang mengontrol pembentukan cekungan; terdapat indikasi perangkap berbasis sesar, dan seal berupa *marine shale*. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan integrasi data magnetik dengan metode geofisika lain serta kajian geologi regional guna memperkuat interpretasi dan meminimalkan ambiguitas model bawah permukaan.

Kata kunci: Anomali Magnetik; Inversi 3-D; Cekungan Waipoga; Data *marine magnetic*.

## ABSTRACT

### ***Identification of Subsurface Structures Based on Modeling and Analysis of Magnetic Anomalies in the Waipoga Basin, Yapen Waters, Papua***

By

**Raihan Hendri Hakim**

*This study identifies the distribution of magnetic anomalies and models the subsurface structure of the Waipoga Basin (Yapen waters, Papua) to assess geological character and the potential of a sedimentary basin. Corrected marine magnetic data (diurnal, IGRF) were processed using Surfer and Geosoft Oasis Montaj, and 3-D inversion modeling was performed with ZondGM3D. The analysis includes total field mapping, Reduction to the Pole (RTP), upward continuation, regional–residual separation, and spatial derivatives (FHD & SVD) to delineate structural zonation. Results show total magnetic anomaly (TMA) values ranging from +42.0 nT to –234.5 nT; regional component from +16.6 nT to –222.2 nT; and residual component from +16.4 nT to –24.6 nT. The anomaly pattern is elongated in a SW–NE direction with alternating high- and low-magnetization zones. The 3-D models reveal low-anomaly zones at depths of 150–400 m (Model 1: UTM 600000–607000; Model 2: UTM 618000–622000) with varied fault kinematics (normal, reverse, strike-slip) and structural influence down to 400 m. Interpretation suggests that a fault system, including the Waipoga Fault, controls basin formation; there are indications of fault-bound traps with seals consisting of marine shale. For further study, integration of the magnetic data with other geophysical methods and regional geological investigations is recommended to strengthen interpretations and minimize subsurface model ambiguity.*

*Keywords: Magnetic Anomaly; 3-D Inversion; Waipoga Basin; marine magnetic data.*

Judul Skripsi

**Identifikasi Struktur Bawah Permukaan  
Berdasarkan Pemodelan dan Analisis Anomali  
Magnetik Pada Cekungan Waipoga, Daerah  
Perairan Yapen, Papua**

Nama Mahasiswa

**Raihan Hendri Hakim**

Nomor Pokok Mahasiswa

**2015051059**

Program Studi

**Teknik Geofisika**

Fakultas

**Teknik**

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Dr. Ir. Syamsurrijal Rasimeng, S.Si.,  
M.Si., C.EIA, IPM.**

**NIP. 197307162000121002**

**I Gede Boy Darmawan, S.Si.,  
M.Eng.**

**NIP. 198805052019031019**

2. **Ketua Jurusan Teknik Geofisika**

**Dr. Ir. Syamsurrijal Rasimeng, S.Si., M.Si., CEIA, IPM.**

**NIP. 197307162000121002**



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., CEIA, IPM.**

**Sekretaris : I Gede Boy Darmawan, S.Si., M.Eng.**

**Anggota : Prof. Dr. Ir. Ahmad Zaenudin, M.T., CRP.**

**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Prof. Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.**

**NIP. 196910302000031001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 28 Januari 2026**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala hal yang tertulis di dalam skripsi dengan judul **“IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN PEMODELAN DAN ANALISIS ANOMALI MAGNETIK PADA CEKUNGAN WAIPOGA, DAERAH PERAIRAN YAPEN, PAPUA”** bukan merupakan hasil karya orang lain untuk mencapai gelar sarjana. Adapun kutipan yang tercantum dalam skripsi ini telah memenuhi norma, kaidah, serta kaidah penulisan.

Berdasarkan pernyataan yang penulis nyatakan apabila di lain waktu hal tersebut terbukti ketidakbenaran dalam hasil karya ini, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Februari 2026



**Raihan Hendri Hakim**  
NPM. 2015051059



## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Raihan Hendri Hakim lahir di Kota Medan, 25 September 2003. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, pasangan dari Bapak Hendri Hakim dan Ibu Wiwin Andriani. Pendidikan penulis pertama kali ditempuh di Sekolah Dasar Swasta Al -Ulum Kota Medan dan lulus pada 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Swasta Al – Ulum Kota Medan dan lulus tahun 2017. Selanjutnya penulis kembali menempuh pendidikan di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 2 Model Medan Kota Medan dan lulus tahun 2020. Setelah lulus pendidikan SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi S1-Teknik Geofisika Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Berbagai proses selama menempuh perkuliahan penulis dapatkan baik dalam hal akademik, non-akademik serta pengalaman hidup yang bermanfaat dalam pengembangan diri. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan organisasi internal seperti Himpunan Teknik Geofisika Bhuwana (HIMA TG Bhuwana) periode 2023-2024 sebagai anggota Biro Dana dan Usaha. Penulis pernah terpilih dalam Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB) dengan Program *AI For StartUp* di PT Mitra Semeru Indonesia by Power Academy periode Agustus-Desember 2022. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Muara Kesumadadi, Kab. Lampung Tengah pada bulan Januari-Februari 2023.



Penulis kemudian melaksanakan kegiatan Kerja Praktik di BMKG Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, D.I. Yogyakarta selama satu bulan, periode April-Mei 2024 dengan judul **“Identifikasi *Noise* Seismik Menggunakan Analisa *Power Spectral Density* (PSD) pada Sensor UGM Wilayah Wanagama, Gunung Kidul”**. Penulis selanjutnya melaksanakan kegiatan Tugas Akhir (TA) di Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika dengan judul **“Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Pemodelan dan Analisis Anomali Magnetik Pada Cekungan Waipoga, Daerah Perairan Yapen, Papua”** untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 (S1) Teknik Geofisika, Universitas Lampung.

## **PERSEMBAHAN**

Segala puji, dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, hidayah, dan kekuatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

### **PAPA DAN MAMA**

#### **HENDRI HAKIM & WIWIN ANDRIANI**

Yang telah melahirkan, menanamkan iman, kerja keras, dan kasih tanpa syarat serta lingkup keluarga yang berkecukupan dalam berbagai aspek (kasih sayang, peran, do'a, motivasi, serta saran/kritik). Semoga langkah ini menjadi awal proses yang dilewati kedepannya.

### **DIRI SENDIRI**

#### **RAIHAN HENDRI HAKIM**

Terima kasih dengan perjalanan yang sangat penuh arti dan gokil dengan lika-liku yang beragam. Segala takdir penulis selama perjalanan ini layak disyukuri sebagai proses pendewasaan diri.

### **ANGKATAN TG 20 PATAKIS**

#### **“APA AJA KITA TAKIS”**

Waktu yang cukup untuk saling megenal satu sama lain, keluarga yang tidak sedarah dan selalu ada di saat senang maupun susah. Sukses Terus Semuanya!

**KELUARGA BESAR TEKNIK GEOFISIKA UNIVERSITAS LAMPUNG**

Terima kasih telah menerima dan mengabulkan penulis untuk berkuliah di teknik kebumian. Meskipun bukan universitas yang terbaik untuk berlabuh, tetapi kualitas kalian berhasil menepis semua keraguan tersebut!

**KELUARGA LAB PPDG TEKNIK GEOFISIKA**

Terima kasih untuk segalanya walaupun tidak dalam fase waktu yang lama. Layaknya roda kehidupan melihat manusia silih berganti, hasrat penulis seperti hidup kembali.

**Semua yang terlibat dalam proses pembuatan, dan penyusunan skripsi ini, penulis ucapkan terima kasih banyak.**

## **MOTTO**

***“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”***

(QS. Al-Baqarah :2-286)

***“Tatau manjauh tatapung, urang basarah handak tabangkit”***

(Filosofi Banjarmasin)

***“Succes is not final, Failure is not fatal ; it is courage to continue that counts.”***

(Winston Churchill)

***“Your time is limited, Don’t waste it living someone else life”***

(Steve Jobs)

***“Growth hurts because comfort kills”***

(Anonim)



## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Pemodelan dan Analisis Anomali Magnetik pada Cekungan Waipoga, Daerah Perairan Yapen, Papua”**. Maksud, dan tujuan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam pembuatan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik, dan saran yang dapat membangun demi kebermanfaatan skripsi ini. Diharapkan skripsi ini dapat berguna, dan bermanfaat bagi penulis, pembaca, serta bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 20 Februari 2026

**Raihan Hendri Hakim**  
NPM. 2015051059

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada suri tauladan Rasullullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wassalam beserta sahabat sahabatnya, dan semoga kita selaku umatnya mendapatkan syafaatnya di hari akhirat kelak.

Adapun dalam penyelesaian skripsi terdapat banyak pihak yang terlibat, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si., C.EIA. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung, dan juga menjadi sosok yang sangat penting dalam perjalann saat saya berkuliah, menjadi sosok ayah saya yang selalu perhatian kepada saya.
4. Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., C.EIA., IPM dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan banyak waktunya untuk memberikan berbagai kesempatan, masukan, dukungan, kritik, dan saran. Banyak doa, semangat dan perhatian lebih yang beliau berikan terhadap para Mahasiswa khususnya Keluarga Besar Lab PPDG termasuk penulis, sekaligus menjadi sosok role model bagi saya.
5. Bapak I Gede Boy Darmawan, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan banyak waktu, terimakasih telah membimbing

saya dan selalu bertukar pikiran mengenai padangan dalam beberapa hal dalam penulisan skripsi maupun hal yang lain dari itu

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.Si.,CRP. selaku Dosen Penguji saya serta menjadi Dosen Penguji saya saat melakukan Kerja Praktik berperan besar pada penulis menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Karyanto, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah peduli terhadap penulis selama berkuliah di Universitas Lampung.
8. Dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang penulis hormati, dan banggakan, terimakasih atas banyak ilmu, dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis ketika melakukan perkuliahan.
9. Kedua orang tua penulis yang dibanggakan terimakasih telah memberikan perhatian yang membantu penulis tetap kuat disini.
10. Keluarga Besar TG 20 Patakis yang selama ini memberi warna dalam perkuliahan dan menemani suka dan duka selama berada di perkuliahan.
11. Sahabat– Angkatan Surya / Angkatan Marlong, Komti mas Jawa, Rifan Bawasi, Awil Korlap mulet, Fiko notpenyu embul, Asep, Nasik, Bos Ramadan, Pandu, Vito, riiks, Saldy, Adit kupai, Dhoni , Fahmi Ireng, Ramot, Dwi jawa, Mas Atek, Ahya Nguyen, Badung Ganteng, Bima Izridho, Iyan, Fadel Demong, Rezky kuda, Rayya cool, Saipul, dan Teguh Bowo. Semoga dari apa yang dijalankan mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang kita mau dan tetap menjadi keluarga dimanapun dan kapanpun kita bertemu.
12. Keluarga Besar Lab PPDG, Razan, Intan, Nadya, Ratu, Rezky Shofiko, Komti, Finna, Erik, Gilang, Irsal, Cindi, Mba Jasmine, Bima, Iyan, Paul, Ika, Uteng, Edu Hokop, Sabra, Nadia, Paris, Tegar, Dini, Harsya, Zaid, Sabruy, Zeno. Yang sudah meramaikan Lab PPDG tempat dimana penulis berjuang menyelesaikan skripsi ini.
13. Terimkash kepada sahabat saya yang telah memberikan dukunga sebesar besarnya dibalik strugglanya diri saya sehingga menjadi pribadi yang mau berjuang buat kedepanya.
14. Kepada seseorang wanita (my 1801) yang tak kalah penting kehadirannya, Terimakasih tetap menjadi orang yang bertahan dan tetap percaya serta

menjadi rumah maupun bagian dalam perjalanan hidup penulis, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan tenaga, maupun saran kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih telah mendengarkan keluhan kesah penulis sedari awal kuliah dan senantiasa sabar, harapan saya semoga kita bisa sukses sesuai harapan kita.

15. Hima TG Bhuwana yang telah mengkader, dan memberikan banyak pemahaman tentang arti bersosialisasi maupun organisasi pada penulis, sehingga menjadi pribadi penulis yang seperti sekarang ini.
16. Semua pihak yang terlibat dalam hidup selama mengerjakan skripsi ini, yang tak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih banyak telah menjadi bagian dari penulis dalam menyelesaikan kuliah ini, semoga kebaikan yang kita bagikan akan berbiak pada suatu hari nanti.

Bandar Lampung, 20 Februari 2026  
Penulis

**Raihan Hendri Hakim**  
NPM. 2015051059

## DAFTAR ISI

|                                                   | Halaman     |
|---------------------------------------------------|-------------|
| <b>ABSTRAK .....</b>                              | <b>ii</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                             | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN.....</b>                            | <b>vi</b>   |
| <b>RIWAYAT HIDUP.....</b>                         | <b>vii</b>  |
| <b>PERSEMBAHAN.....</b>                           | <b>ix</b>   |
| <b>MOTTO .....</b>                                | <b>xi</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                        | <b>xii</b>  |
| <b>SANWACANA.....</b>                             | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                            | <b>xvi</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                        | <b>xix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                         | <b>xxi</b>  |
| <b>I. PENDAHULUAN .....</b>                       | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang .....                         | 1           |
| 1.2. Tujuan.....                                  | 2           |
| 1.3. Batasan Masalah.....                         | 2           |
| 1.4. Manfaat .....                                | 3           |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                  | <b>4</b>    |
| 2.1. Lokasi Daerah Penelitian .....               | 4           |
| 2.2. Struktur Geologi dan Morfologi.....          | 5           |
| 2.3. Struktur Regional Cekungan Papua Utara ..... | 8           |
| 2.4. Stratigrafi Regional .....                   | 11          |
| 2.5. Penelitian Terdahulu.....                    | 15          |
| <b>III. TEORI DASAR.....</b>                      | <b>17</b>   |
| 3.1. Metode Magnetik .....                        | 17          |
| 3.2. Gaya Magnetik.....                           | 18          |
| 3.3. Kuat Medan Magnetik.....                     | 19          |

|            |                                                          |           |
|------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.       | Momen Magnetik .....                                     | 19        |
| 3.5.       | Intensitas Magnetik .....                                | 20        |
| 3.6.       | Induksi Magnetik .....                                   | 20        |
| 3.7.       | Sifat Kemagnetan Batuan.....                             | 22        |
| 3.8.       | Medan Magnet Bumi.....                                   | 24        |
| 3.8.1.     | Komponen – Komponen Medan Magnet Bumi .....              | 24        |
| 3.8.2.     | Medan Magnet Utama .....                                 | 26        |
| 3.8.3.     | Medan Magnet Luar .....                                  | 27        |
| 3.8.4.     | Anomali Medan Magnet .....                               | 27        |
| 3.9.       | <i>Marine Magnetic</i> .....                             | 28        |
| 3.10.      | Pengolahan Data Anomali Magnetik .....                   | 29        |
| <b>IV.</b> | <b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                        | <b>32</b> |
| 4.1.       | Tempat dan Waktu Penelitian.....                         | 32        |
| 4.2.       | Alat dan Bahan.....                                      | 32        |
| 4.3.       | Jadwal Kegiatan .....                                    | 34        |
| 4.4.       | Prosedur Penelitian.....                                 | 35        |
| 4.4.1.     | Studi Literatur .....                                    | 35        |
| 4.4.2.     | Persiapan dan Pengumpulan Data .....                     | 35        |
| 4.4.3.     | Pengolahan Data.....                                     | 35        |
| 4.4.4.     | Pemodelan Data 3D.....                                   | 36        |
| 4.4.5.     | Interpretasi Hasil .....                                 | 36        |
| 4.5.       | Diagram Alir.....                                        | 37        |
| <b>V.</b>  | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                        | <b>39</b> |
| 5.1.       | Anomali Medan Magnet Total .....                         | 40        |
| 5.2.       | <i>Reduce to The Pole</i> (RTP).....                     | 41        |
| 5.3.       | Kontinuitas ke Atas ( <i>Upward Continuation</i> ) ..... | 43        |
| 5.4.       | Peta Anomali Medan Magnet Regional dan Residual.....     | 45        |
| 5.5.       | Analisis Derivatif .....                                 | 50        |
| 5.5.1.     | Metode <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD).....     | 50        |
| 5.5.2.     | Metode <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD) .....     | 52        |
| 5.6.       | Identifikasi Patahan Berdasarkan Analisis Derivatif..... | 54        |
| 5.7.       | Pemodelan Inversi 3D .....                               | 60        |



|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b> | <b>67</b> |
| 6.1. Kesimpulan .....                | 67        |
| 6.2. Saran.....                      | 68        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>           | <b>69</b> |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                                  | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Peta lokasi penelitian.....                                                                                          | 4       |
| 2. Peta tektonik wilayah Nugini .....                                                                                   | 6       |
| 3. Penampang 2D tiga tektonomorfik utama Papua.....                                                                     | 7       |
| 4. Peta batimetri perairan Waipoga .....                                                                                | 7       |
| 5. Segmentasi sesar Papua.....                                                                                          | 8       |
| 6. Kolom stratigrafi cekungan Waipoga.....                                                                              | 11      |
| 7. Peta geologi regional daerah penelitian .....                                                                        | 13      |
| 8. Skema induksi magnetik pada batuan .....                                                                             | 21      |
| 9. Respon momen magnetik internal pada material diamagnetik ketika medan magnet luar diberikan dan dihilangkan .....    | 22      |
| 10. Respon momen magnetik internal pada material paramagnetik ketika medan magnet luar diberikan dan dihilangkan .....  | 23      |
| 11. Respon momen magnetik internal pada material ferromagnetik ketika medan magnet luar diberikan dan dihilangkan ..... | 23      |
| 12. Peta deklinasi medan magnet bumi.....                                                                               | 25      |
| 13. Peta inklinasi medan magnet bumi .....                                                                              | 25      |
| 14. Peta intensitas medan magnet total .....                                                                            | 26      |
| 15. Komponen-komponen medan magnet bumi .....                                                                           | 26      |
| 16. Diagram Alir.....                                                                                                   | 38      |
| 17. Peta anomali medan magnet total .....                                                                               | 40      |
| 18. Peta anomali <i>reduce to pole</i> .....                                                                            | 42      |
| 19. Peta <i>upward continuation</i> dengan ketinggian (a) 250 m, (b) 500 m, (c) 750 m, (d) 1000 m, (e) 1500 m .....     | 44      |
| 20. Peta anomali magnetik regional .....                                                                                | 46      |
| 21. Peta anomali magnetik residual .....                                                                                | 47      |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 22. <i>Slicing</i> peta anomali magnetik residual.....                                    | 49 |
| 23. Peta <i>first horizontal derivative</i> (FHD) .....                                   | 51 |
| 24. Peta <i>second vertical derivative</i> (SVD).....                                     | 53 |
| 25. Peta anomali FHD dan SVD yang dilakukan <i>slicing</i> untuk analisis derivatif ..... | 55 |
| 26. Grafik korelasi analisis derivatif lintasan A-A' .....                                | 57 |
| 27. Grafik korelasi analisis derivatif lintasan B-B' .....                                | 59 |
| 28. Pemodelan inversi 3D pada ZondGM3D.....                                               | 60 |
| 29. Pemodelan inversi 3D dan Penampang 2D.....                                            | 61 |
| 30. Pemodelan inversi 3D model 1 dan penampang model 1 .....                              | 62 |
| 31. Pemodelan inversi 3D model 2 dan penampang model 2.....                               | 64 |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                       | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Alat dan bahan.....                                                      | 32      |
| 2. Jadwal kegiatan penelitian .....                                         | 34      |
| 3. Identifikasi patahan berdasarkan respon anomali pada lintasan A-A' ..... | 57      |
| 4. Identifikasi patahan berdasarkan respon anomali pada lintasan B-B' ..... | 59      |

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Papua merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki kompleksitas geologi tinggi akibat interaksi antara Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia. Wilayah ini terdiri dari berbagai cekungan sedimen, batuan beku, dan batuan metamorf yang terbentuk akibat proses tektonik yang intensif selama jutaan tahun. Akibat dari aktivitas tektonik ini, Papua memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, baik dalam bentuk hidrokarbon, mineral logam, maupun material geologi lainnya. Papua memiliki beberapa cekungan sedimen, terutama dalam eksplorasi sumber daya energi. Cekungan-cekungan ini berperan sebagai area potensial dalam akumulasi hidrokarbon, seperti minyak dan gas bumi. Salah satu cekungan yang memiliki potensi geologi di Papua adalah Cekungan Waipoga, yang terletak di perairan Yapen. Cekungan ini terdiri dari batuan sedimen yang terbentuk akibat proses sedimentasi laut, serta dipengaruhi oleh aktivitas tektonik yang membentuk berbagai struktur seperti sesar dan lipatan. Keberadaan struktur geologi ini sangat penting dalam menentukan potensi sumber daya alam yang ada di dalamnya (Setyowidodo & Santosa, 2011).

Salah satu metode yang efektif untuk mengungkap struktur bawah permukaan adalah metode magnetik. Metode ini memanfaatkan variasi medan magnet bumi yang dipengaruhi oleh perbedaan sifat magnetik batuan di bawah permukaan. Analisis data magnetik biasanya melibatkan pemrosesan anomali magnetik menjadi model 2D guna memahami distribusi dan kedalaman struktur geologi yang ada. Pemodelan 2D anomali magnetik memberikan gambaran mengenai variasi lateral dan vertikal dari struktur bawah permukaan, yang sangat berguna dalam eksplorasi hidrokarbon maupun mineral. Metode magnetik dapat

digunakan untuk menentukan struktur geologi besar bawah permukaan seperti sesar, lipatan, intrusi batuan beku atau kubah garam dan reservoir geothermal. Metode magnetik dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman dan struktur permukaan, pengukuran dapat diperoleh dengan mudah untuk studi lokal dan regional. Metode magnetik bekerja didasarkan pada pengukuran variasi kecil intensitas medan magnetik di permukaan bumi. Variasi ini disebabkan oleh kontras sifat kemagnetan antar batuan di dalam kerak bumi, sehingga menimbulkan medan magnet bumi yang tidak homogen, bisa disebut juga sebagai suatu anomali magnetik (Santosa dkk., 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, lokasi penelitian ini merupakan salah satu cekungan di Papua Utara yang memiliki potensi yang dapat dikaji. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan penelitian dengan menggunakan metode magnetik untuk mengidentifikasi serta memetakan struktur geologi yang ada di bawah permukaan daerah cekungan Waipoga dengan data *marine magnetic*.

## **1.2. Tujuan**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi distribusi anomali magnetik di Cekungan Waipoga untuk memahami pola variasi medan magnet di wilayah tersebut
2. Melakukan pemodelan data magnetik untuk mendapatkan gambaran struktur bawah permukaan yang mencerminkan karakteristik geologi cekungan
3. Menganalisis struktur dan potensi cekungan Waipoga berdasarkan anomali medan magnet yang didapatkan

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada cekungan Waipoga yang terletak di perairan Yapen, Papua dengan menggunakan data pengukuran *marine magnetic*.

2. Pengolahan pada penelitian ini dilakukan hingga mendapatkan gambaran bawah permukaan cekungan Waipoga dengan menggunakan Surfer dan Oasis Montaj.

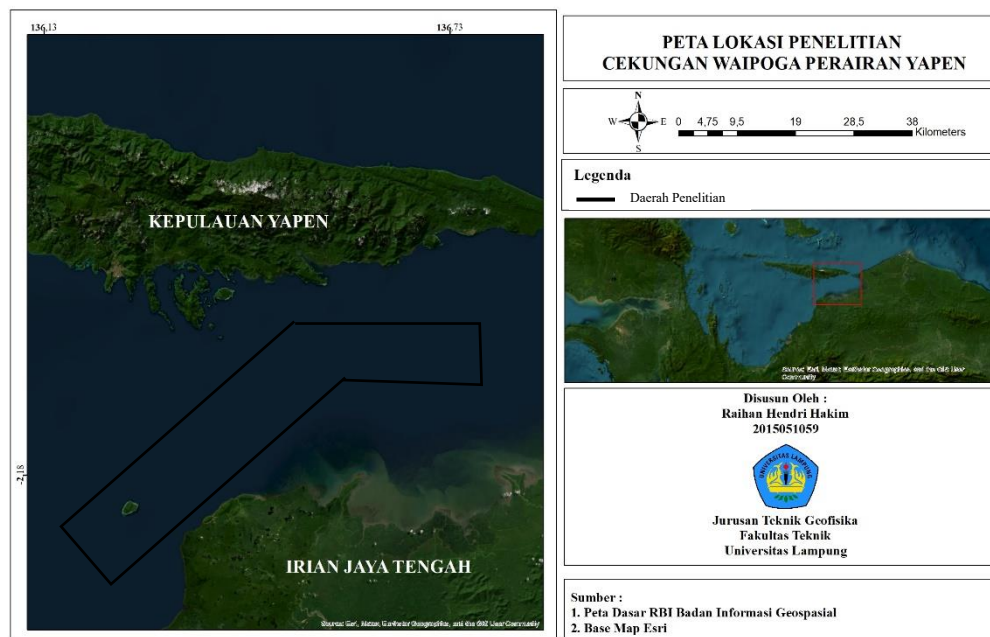
#### **1.4. Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui adanya struktur geologi dan Cekungan Waipoga yang berpotensi hidrokarbon atau mineral yang dapat dijadikan acuan dan referensi penelitian selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Lokasi Daerah Penelitian

Cekungan Waipoga merupakan cekungan yang termasuk dalam daerah Cekungan Papua Utara. Cekungan ini termasuk kedalam cekungan tersier yang memiliki dimensi 14.410 km<sup>2</sup>. Secara geografis daerah penelitian ini terletak pada koordinat 136°29'5.37"–136°44'19.68" BT dan 1°58'7.42"–2°7'18.12" LS. Batas utara dari Cekungan Waipoga merupakan daerah lepas pantai dengan ketebalan sedimen makin menipis dan menumpang paparan batu dasar Niengo.



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian

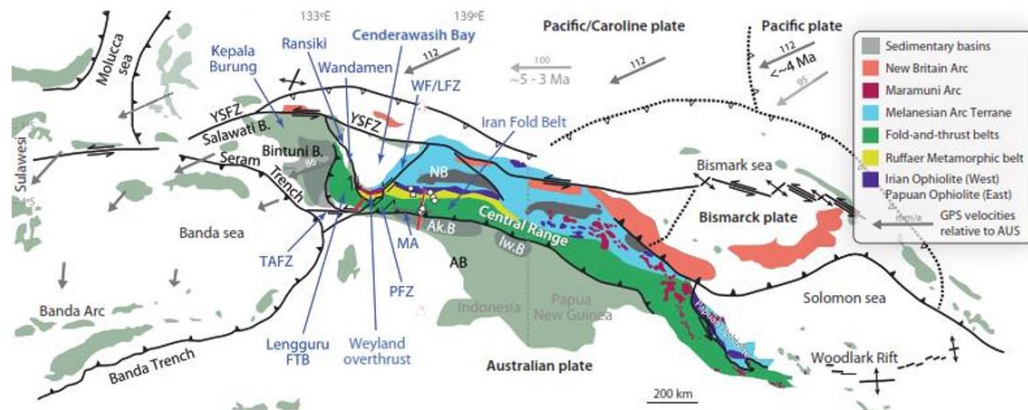


## 2.2. Struktur Geologi dan Morfologi

Papua adalah salah satu pulau terbesar di Indonesia yang memiliki kondisi geologi yang sangat kompleks karena kawasan ini terbentuk dari dua interaksi lempeng yaitu Lempeng Australia dan Lempeng Pasifik sehingga menghasilkan bentukan yang khas. Secara keseluruhan unsur ini diakibatkan oleh gaya pemampatan berarah Barat Daya Timur Laut, searah dengan tumbukan. Selain itu juga diakibatkan benturan dengan sudut miring antara lempeng Samudera Pasifik Lempeng Caroline yang bergerak ke selatan dengan kecepatan antara 110 mm – 125 mm/tahun terhadap tepian lempeng Benua Australia. Benturan miring lempeng-lempeng tersebut menghasilkan gerak patahan. Kombinasi *thrusting* dan geser di seluruh pulau Papua meliputi jalur sesar naik Membramo di utara Papua, jalur patahan perdataran tinggi (*the highland thrust belt*) Papua Tengah, Sesar Sorong, Ransiki, Yapen, dan Zone Sesar Tarera–Aiduna yang terkonsentrasi di sekitar Papua Barat, kepala dan leher burung Papua. Dengan kata lain, Papua Nugini merupakan fitur tektonik utama yang dapat menggambarkan batas antara Lempeng Pasifik dan Lempeng Australia (Löffler & Woodward, 1977).

Ada dua bagian lempeng utama yang terlibat di Papua yaitu Lempeng Australia dan Lempeng Pasifik. Kerak Australia adalah dasar bagian selatan, sedangkan Lempeng Pasifik merupakan alas pantai utara termasuk Teluk Cenderawasih. Daerah badan burung dari pulau papua merupakan jalur memanjang dari Timur ke Barat yang telah mengalami pelipatan. Pada masa itu, proses tektonik di daerah ini mulai terpacu sehingga menghasilkan kedudukan tumbukan kearah Barat Daya yang lebih intensif. Pertumbukan di kedua kerak tersebut mengakibatkan lipatan membengkok dan berhenti di daerah leher burung (jalur lipatan lengguru). Bagian yang sangat menonjol dari tektonik ini adalah sistem sesar mendatar (*transform fault*) Mengiri yaitu sesar Sorong-Yapen (Setyowidodo & Santosa, 2011).

Teluk Cenderawasih dibatasi di selatan oleh Weyland *Overthrust* di mana, dari Utara ke Selatan, irisan ofiolit, diorit magmatik Miosen Tengah tipe busur dan batuan metamorf tingkat tinggi telah terdorong di atas sabuk lipatan dataran tinggi. *Overthrust Weyland* telah dianggap setara dengan Sabuk Metamorfik Ruffaer.

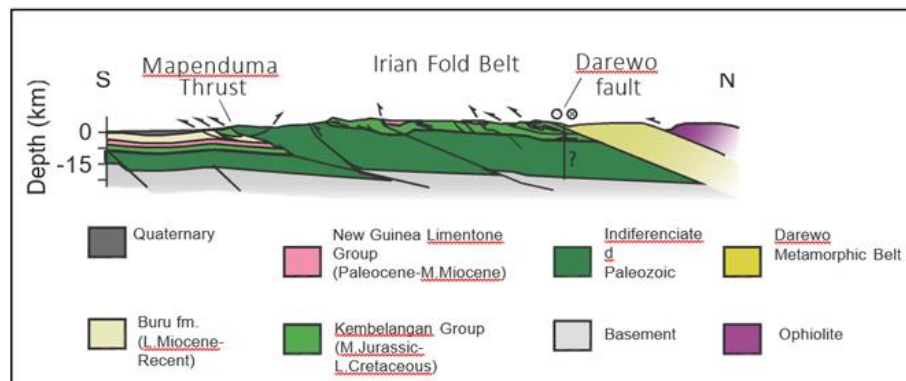


**Gambar 2.** Peta tektonik wilayah Nugini (Babault dkk., 2018)

AB merupakan Cekungan Arafura, Ak.B Cekungan Akimeugah, Iw.B, Cekungan Iwur, MA antiklin Mapenduma, NB Cekungan Papua/Irian Utara, PFZ zona patahan Paniai, YSFZ zona patahan Sorong-Yapen, TAFZ zona patahan Tarera-Aiduna dan WF/LFZ zona patahan Waipoga/zona rekahan Dataran Rendah.

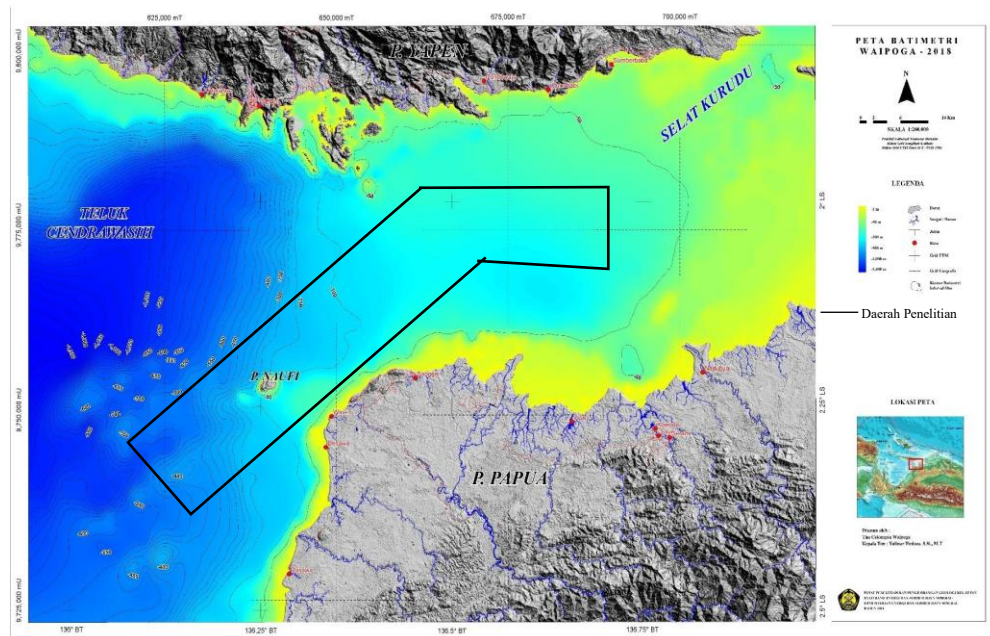
Teluk Cenderawasih dibatasi di sebelah Utara oleh zona sesar Yapen-Sorong berarah Barat Daya, berarah kiri-lateral dan di Selatan oleh zona sesar Aiduna Tarera berarah Barat Laut-kiri. Zona sesar Yapen-Sorong telah menjadi batas utama antara lempeng Pasifik dan Australia selama Oligosen hingga pertengahan Pliosen. Wilayah antara Weyland Overthrust dan Dataran Tinggi Barat dipengaruhi oleh tektonik transtensional baru-baru ini yang melibatkan sesar normal dan sesar mendatar lateral-kiri di wilayah Paniai (PFZ) dan Dataran Rendah (LFZ) (Saputra dkk., 2023).

Sebelah Barat, sabuk *strike-slip* Lengguru, terletak di pantai Barat Teluk Cenderawasih (Leher Burung), terbuat dari lipatan linier berarah Barat Daya dan patahan dorong yang menunjukkan jarak 10 hingga 20 km. Sabuk Lipatan dan patahan dorong ini yang mempengaruhi kelompok Kambelangan dan Kelompok Batugamping New Guinea (Babault dkk., 2018).



**Gambar 3.** Penampang 2D tiga tektonomorfik utama Papua (Babault dkk., 2018)

Pada Gambar 3 menunjukkan Teluk Cenderawasih dibatasi di Tenggara oleh daerah rawa Waipoga, sejajar dengan pantai. Ini sesuai dengan cekungan sedimen yang memanjang dan sangat dalam yang disebut sebagai *Waipoga Trough*. Ketebalan minimum sedimen di palung adalah 8000 m. Di tengah Palung Waipoga, fitur melingkar di rawa dan area vertikal terdapat patahan utama berarah NE-SW, yang tidak memiliki bentuk di permukaan pada daerah rawa Waipoga. Di Selatan, *Weyland Overthrust* dibatasi di Timur oleh sesar mendatar kiri-lateral NS Siriwo yang mengimbangi Ophiolit Irian dan Sabuk Metamorfik Ruffaer (Babault dkk., 2018).

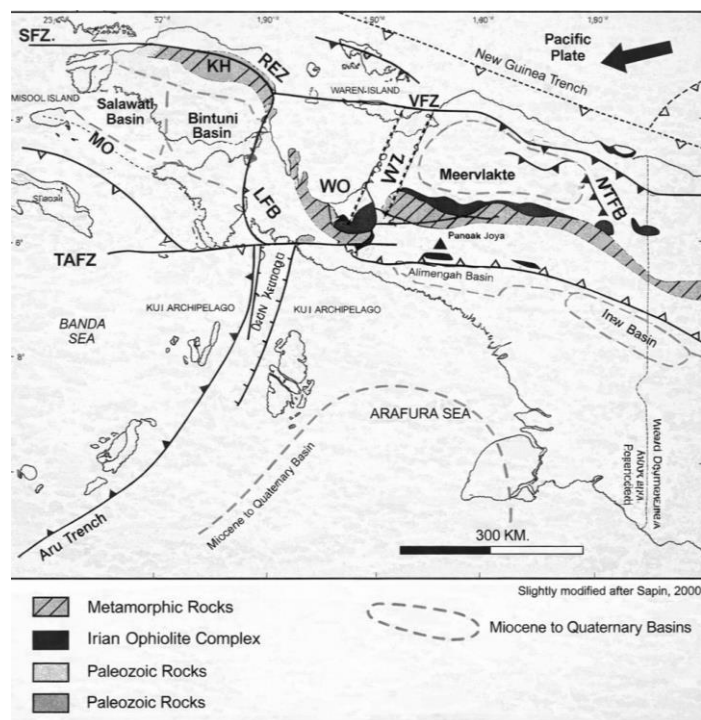


**Gambar 4.** Peta batimetri perairan Waipoga (P3GL dalam Lestari, 2019)

Berdasarkan peta batimetri yang didapatkan dari data P3GL (gambar 4), terlihat bahwa pada perairan Waipoga memiliki kedalaman berkisar antara 50 hingga 100 meter yang ditunjukkan dengan warna hijau muda hingga warna biru muda. Cekungan Waipoga merupakan salah satu dari 10 cekungan di Indonesia yang memiliki potensi sumberdaya gas biogenik terbentuk karena evolusi tektonik Papua (Putri dkk., 2023). Unit stratigrafi pada cekungan Waipoga merupakan pertemuan antara lempeng benua Australia dan lempeng samudera Pasifik, sehingga memiliki peluang bagi hidrokarbon untuk muncul. Ketebalan sedimen pada perairan Waipoga yaitu termasuk dalam sedimen Pliosen sampai Pleistosen yang mencapai 6.500-7.000 m di laut dan 8.000 m di darat dan memiliki sedimen berbutir halus (Kusnida dkk., 2023).

### 2.3. Struktur Regional Cekungan Papua Utara

Bagian utara dari Papua merupakan suatu kompleks geologi yang pembentukan dan pengembangannya dipengaruhi secara langsung oleh satu seri aktifitas tektonik lempeng yang melibatkan interaksi tepian benua Australia dan Lempeng Samudra Pasifik sejak Mesozoikum hingga saat ini.



**Gambar 5.** Segmentasi sesar Papua (Setyowidodo & Santosa, 2011)

Pada Cekungan Waipoga, penunjaman kerak benua Australia ke bawah busur kepulauan memunculkan batuan beku dan batuan malihan Pre-Tersier sebagai batuan dasar, yang menempati area pegunungan. Daerah rendahan ditempati oleh sedimen berumur Miosen Atas Formasi Makats dan Anggota B Formasi Memberamo yang berumur Pliosen. Sedimen ini tersesarkan dan terlipat kuat ditandai dengan sembulan lumpur. Rendahan lainnya ditempati Anggota E Formasi Memberamo dan Formasi Koenkoe dari Cekungan Waipoga (Setyowidodo & Santosa, 2011).

Sementara itu, sebuah zona Sesar Yapen, selebar 12 km, berumur Miosen-Resen merupakan sesar transform mendatar mengiri yang merupakan batas tektonik utama. Gerak kompresif Sesar Yapen ini menghasilkan *negative flower structure* pada bagian utara daerah Waipoga dan penyesaran mendatar sintetik, perlipatan dan pemunculan batuan dasar melalui sesar anjak (*thrust faults*) di Waipoga (Ikhwanudin & Abdullah, 2015).

#### **a. Zona Sesar Yapen**

Zona Sesar Yapen (YFZ) merupakan tektonik umum yang bekerja pada Cekungan Waipoga. yaitu adalah zona sesar sinistral *strike-slip* dengan lebar 15 km pada permukaan, merupakan pengaruh *compresional* dengan 50 km lebar wilayah. Zona Sesar Yapen dicirikan dengan sesar mendatar, perlipatan intensif dan diapir serpih yang bersama dengan kehadiran fasies turbidit, variasi fasies yang cepat dan pengendapan *syn-slumping*. Orientasi dari zona sesar ini berarah barat-timur atau barat - utara barat hingga timur-timur selatan. Orientasi sesar timurlaut-baratdaya merupakan arah pergerakan mendatar dari pola ini (Watkinson & Hall, 2017).

#### **b. Zona Sesar Waipoga**

Zona Sesar Waipoga merupakan sesar mendatar mengiri yang membentuk pinggir selatan - timur Pantai Cendrawasih. Jurus sesar yang berarah baratdaya-timurlaut terpisah akibat Zona Sesar Yapen dengan Zona Sesar Waipoga yang berada dekat dengan batas timur dari Pantai Waropen Sesar ini paralel dan *en-echelon* dengan *offset* Gauttier (Gultom dkk., 2024).

### c. **Waipoga Trough**

Waipoga *Trough* adalah depresi dalam yang terbentuk antara Zona Sesar Waipoga dan daratan Papua. Waipoga *Trough* berasal dan berhubungan dengan Cekungan Papua Utara dan kurang jelas terlihat, namun bagi eksplorasi petroleum dapat dikatakan sebagai deposenter pada Cekungan Papua Utara (Gultom dkk., 2024).

### d. **Offset Gauttier**

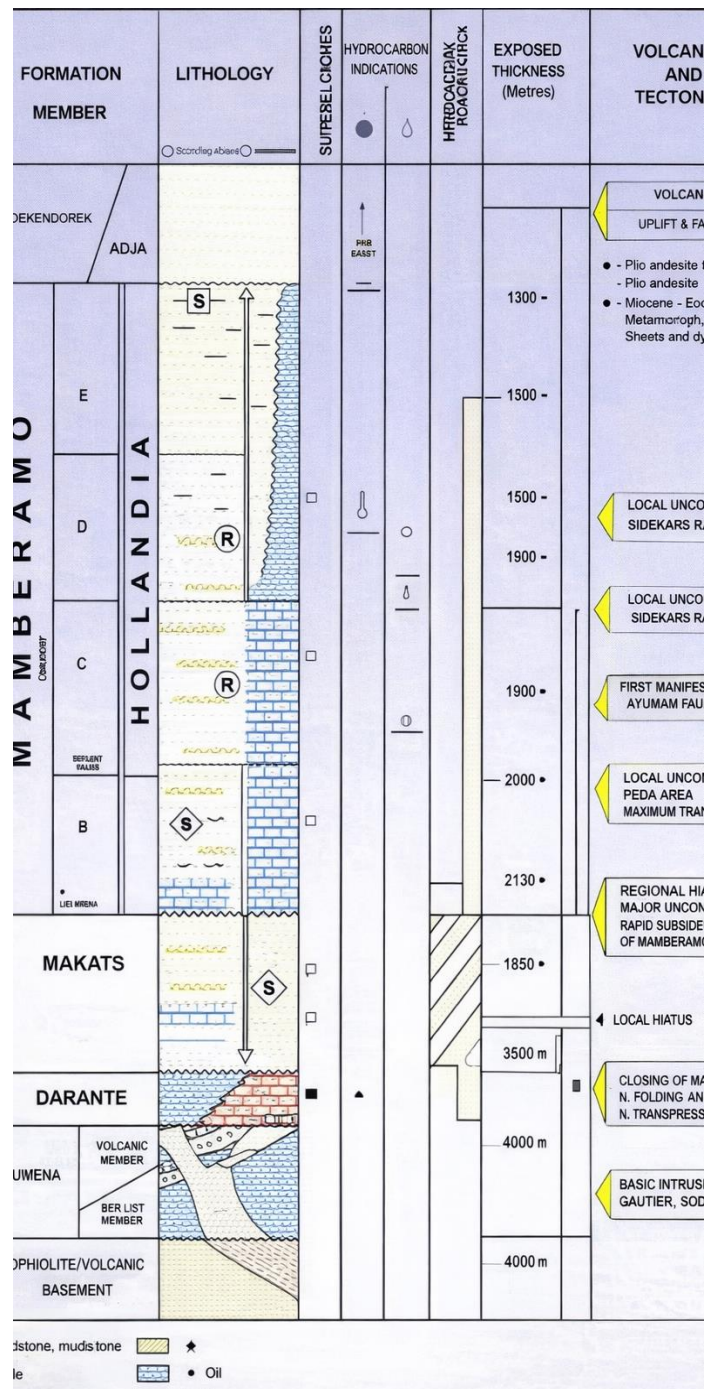
*Offset* Gauttier merupakan *offset* pada *trend* pegunungan Gauttier, kemungkinan diakibatkan oleh sesar mendatar mengiri berarah baratdaya-timurlaut. *Displacement* horizontal sepanjang sesar sekitar beberapa kilometer dan sesar mengakibatkan terjadinya *offset* dari sumbu Cekungan Papua Utara. Sesar ini dapat membentuk batas barat dari sub-cekungan sepanjang sumbu utama Cekungan Papua Utara. Kemungkinan sesar ini berhubungan dengan rezim *stress* yang sama dengan penyebab terbentuknya Zona Sesar Waipoga karena kedua sesar Gauttier dan Waipoga paralel dan en-echelon (Satyana, 2006).

### e. **Zona Sesar Apauwar**

Zona Sesar Apauwar terlihat dari gambaran radar pada pantai utara Papua. Zona Sesar Apauwar berarah utara timurlaut-selatan baratdaya menerus ke timur hingga *offset* Gauttier dan terkadang dinamakan Sesar Nawa. Anomali *strike* pada Zona Sesar Apauwar/Nawa adalah unik dan berlawanan dengan elemen struktur lain yang ada pada Cekungan Papua Utara. Pergerakan sepanjang Sesar Apauwar/Nawa lebih dominan berupa anjakan dibanding mendatar. Struktur pada Cekungan Papua Utara tidak begitu jelas. Sesar Apauwar, Nawa, dan Yapen membatasi sub-cekungan Teer River (Satyana, 2006).



## 2.4. Stratigrafi Regional



**Gambar 6.** Kolom stratigrafi cekungan Waipoga (Noble dkk., 2016)

Pada Gambar 6 batuan dasar yang melandasi Cekungan Waipoga berupa batuan beku ofiolit dan batuan malihan berumur Pre-Tersier. Secara tidak selaras di atas batuan Tersier tersebut diendapkan runtunan sedimen Tersier dari batuan

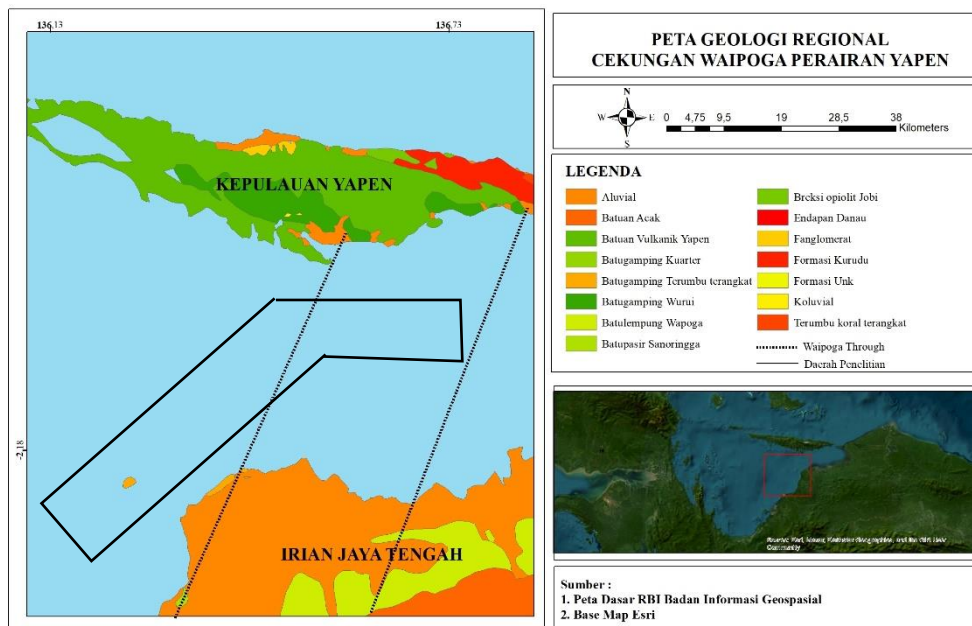
Paleosen-Oligosen Bawah dari Formasi Auwewa berupa batugamping koral, kastilutit, kalkarenit dan produk batuan gunungapi berupa lava, intrusi diorit, breksi, tuf kristal gampingan dengan sisipan greywacke (Noble dkk., 2016).

Di atas Formasi Auwewa secara berurutan diendapkan sedimen berumur Oligosen Akhir- Miosen Tengah dari Formasi Darante berupa batugamping terumbu, *greywacke*, breksi, tufa, serpih, dan perselingan batupasir dan batugamping. Selaras di atas Formasi Darante diendapkan runtunan sedimen dari Formasi Makats berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir yang tersusun atas konglomerat (komponen utama berupa batuan beku, kalsilutit dan batugamping malihan), *greywacke*, batulanau, serpih, batugamping, napal, dan batupasir berbutir sedang-halus, turbidit laut dalam. Pada umur yang relatif sama (Miosen Tengah-Pliosen) secara menjari diendapkan Formasi Memberamo (Noble dkk., 2016). Formasi Mamberamo meliputi empat anggota yaitu :

- Anggota B meliputi runtunan sedimentasi distal yang bersifat turbidit yaitu meliputi batulanau, napal, serpih dengan lingkungan pengendapan laut dalam.
- Anggota C meliputi runtunan tebal konglomerat, batupasir subgreywacke, batulanau dan serpih. Anggota ini terletak tidak selaras diatas batugamping berlapis "P"
- Anggota D meliputi serpih dan batupasir halus yang bersifat turbidit distal. di bagian utara anggota ini berhubungan tidak selaras dengan batugamping berlapis Anggota Waipoga.
- Anggota E meliputi konglomerat, batupasir, batulanau, serpih, dan lignit. Anggota ini berhubungan tidak selaras dengan batugamping berlapis dari Anggota Waipoga.

Kemudian secara tidak selaras di atas Formasi Memberamo diendapkan satuan batuan dari Formasi Holandia yang terdiri atas batugamping, perselingan batupasir dan batulanau, dan batupasir konglomeratan yang dapat dilihat pada tabel stratigrafi Cekungan Waipoga.





**Gambar 7.** Peta geologi regional daerah penelitian

Berdasarkan peta Geologi Regional, pada daerah penelitian Waipoga ini terdapat beberapa formasi, berikut antara lain formasi dan penjelasannya:

- Alluvium: Lempung, pasir dan kerikil; berupa endapan sungai, pantai dan rawa
- Fanglomerat : Konglomerat, pasir dan lempung pasiran, tidak mampat, tebal kurang dari 100 meter dan telah terangkat
- Endapan Lumpur: Leleran lumpur dan lempung lembek dengan kepingan bongkah batuan tua, dengan kepingan poton. Beberapa poton masih giat, sebagian mengandung gas (metan, nitrogen, CO<sub>2</sub>), garam dan hidrokarbon, Tinggi kerucut poton 110 m, garis tengah beberapa kilometer, umur diduga Holosen, satuan ini tersebar di bagian utara cekungan Waipoga
- Batuan Campur Aduk: Lempung tergerus, lumpur dengan bongkah/kepingan batuan yang lebih tua yang berasal dari formasi batuan yang lebih tua, hubungan stratigrafi dengan batuan lain tidak diketahui tetapi setara dengan satuan Endapan Lumpur. Satuan ini terbentuk akibat tektonika kompresi pada umur plistosen - Holosen. Satuan ini tersingkap di bagian barat laut Blok Waipoga. Papua merupakan suatu kompleks geologi yang pembentukan dan pengembangannya dipengaruhi secara langsung oleh satu seri aktifitas tektonik

lempeng yang melibatkan interaksi tepian benua Australia dan Lempeng Samudra Pasifik sejak Mesozoikum hingga saat ini.

- Formasi Unk: *greywacke*, batulanau, batulempung, konglomerat dan sisipan lignit. Berlapis, lunak, agak kompak mengandung kuarsa, mika, felspar, kepingan batuan, karbonan dan gampingan Struktur lapisan bersusun, silang-siur, sejajar dan liang bekas binatang, tebal mencapai 1500 m. Fosil foram kecil dan moluska. Umur N21 - N23 (Pliosen Akhir - Pleistosen); Menindih selaras formasi Aurumi diendapkan di lingkungan laut dangkal sampai laut agak dalam
- Formasi Diawawe: Konglomerat, batupasir, batulempung dan napal. Satuan ini berumur Pliosen menindih secara tidak selaras Formasi Auwewa, terendapkan di lingkungan fluvial Tebalnya sampai 1000 m. Tersingkap di bagian barat daya *Block Waipoga*
- Formasi Aurimi: Napal, kalkarenit, batupasir, batulanau dan batu lempung. Setempat batugamping napalan berlapis tipis-tebal, berstruktur nandetan, lapisan halus bergelombang, sejajar, konvolut dan silang-siur, Kompak, getas, terlipat tersesarkan dan setempat tergerus. Tebal 300-1200 m. Banyak foram kecil, cangkang moluska dan ganggang Umur N12-N20 (Miosen Akhir - Pliosen). Tertindih selaras oleh formasi Wapoga, menindih tak selaras Formasi Makats, diendapkan dalam lingkungan laut dangkal dan paralis
- Formasi Makats: Perselingan *greywacke*, batulanau, batulempung, serpih dan napal; setempat bersisipan dengan sisipan konglomerat dan batugamping, berlapis baik, padat dan keras, konglomerat berkomponen utama batuan beku mafik, kalsitit, dan batugamping malihan Terlipat kuat dan tersesarkan. Berupa sedimen tipe flysch dengan lapisan bersusun, lapisan halus sejajar dan konvolut. Tebal lebih dari 2000 m. Fosil foram kecil dan foram besar. Umumnya Tf1 sampai Tf2-3 (bagian bawah Miosen Tengah sampai bagian bawah Miosen Akhir), diendapkan di lingkungan neritik.
- Batuan Mafik/Ultramafik: Gabro, serpentinit dan batuan terserpentinitan, tergeruskan dan terbreksikan. Umur diperkirakan lebih tua dari kapur Akhir.

## 2.5. Penelitian Terdahulu

Safrilia & Perdhana (2024) telah melakukan penelitian di desa Buaran kabupaten Brebes berdasarkan anomali magnetik untuk mengamati struktur geologi bawah permukaan daerah manifestasi panas bumi Buaran dan sekitarnya. Kemudian dilakukan pemodelan 2D pada anomali magnetik residual yang diperoleh dari pengurangan anomali magnetik total hasil reduksi ke kutub dengan anomali magnetik regional hasil kontinuasi ke atas. Hasil pemodelan 2D menunjukkan struktur geologi bawah permukaan berupa struktur sesar, lipatan antiklin, dan lipatan sinklin. Manifestasi panas bumi daerah Buaran terbentuk dengan adanya intrusi batuan beku sebagai sumber panas, dan struktur sesar sebagai jalur fluida hidrotermal. Selain itu, pemodelan 2D juga menunjukkan bahwa formasi yang terdapat di daerah Buaran terdiri dari Endapan Aluvium, Endapan Lahar Slamet, Formasi Gintung, Formasi Kaliglagah, Formasi Mengger, Formasi Halang, Formasi Kalibiuk, Formasi Rambatan, Formasi Pemali, Formasi Jampang, Batuan Beku Tak Terurai, dan Batuan Gunung Api Slamet Tak Terurai.

Pane dkk. (2020) melakukan penelitian dengan data magnetik untuk mengidentifikasi struktur geologi yang ada di Laut Flores. Anomali residual di analisis menggunakan Second Vertical Derivative untuk menentukan struktur dengan pola kontur anomali bernilai 0 yang diidentifikasi sebagai sesar. Hasil SVD menunjukkan kecocokan dengan peta batimetri dimana terdapat tiga sesar yang terbukti antara lain sesar naik yang berarah Barat-Timur, Sesar normal yang berarah relatif Timurlaut-Baratdaya. Sesar geser mengiri berarah Baratlaut (Sesar Geser Bone). Selain ketiga sesar yang telah terbukti, jika di lihat dari kontras anomali dan kontur nol ada beberapa lokasi yang diperkirakan sebagai zona sesar. Hasil pemodelan lintasan A-A' dan lintasan B-B' terdapat 6 jenis batuan, batuan Vulkanik sebagai batuan dasar dengan nilai suseptibilitas 0.03 SI, batuan Sedimen Pelagik berumur Pliosen dengan tebal lapisan kira-kira 1.750 m dan nilai suseptibilitas 0.003 SI, batuan Sedimen Klastika berumur Plio-plistosen dengan tebal lapisan kira-kira 1.250 m dan nilai suseptibilitas 0.001 SI, batuan Sedimen Hemipelagik-Turbidit berumur Plitosen dengan tebal lapisan kira-kira 1.000 m dan nilai suseptibilitas 0.0009 SI, batuan Sedimen Turbidit berumur Plitosen-atas resen dengan tebal lapisan kira-kira 1.300 m dan nilai suseptibilitas 0.0006 SI, batuan

sedimen baru yang berumur resen dengan tebal lapisan kira-kira 1.200 m dan nilai suseptibilitas 0.0004 SI.

Lestari (2019) melakukan analisis pada data *multibeam echosounder* pada perairan Waipoga yang bertujuan untuk mengidentifikasi *pockmark* yaitu suatu depresi yang terbentuk oleh gas lokal yang keluar permukaan. Pada hasil penelitiannya menyebutkan bahwa dimensi *pockmark* terbesar pada perairan Waipoga memiliki diameter sebesar 92,4 meter dengan kedalaman 15,42 meter. *Pockmark* terbesar ini ditemukan pada *line survey* C-15 dengan tipe *eyed pockmark*. Sedangkan, dimensi *pockmark* terkecil memiliki diameter sebesar 5,1 meter dengan kedalaman 0,72 meter. *Pockmark* terkecil ini ditemukan pada *line survey* C- 16 dengan tipe *unit pockmark*. Selain itu, tipe *pockmark* yang ditemukan pada perairan Waipoga diklasifikasikan menjadi empat tipe yaitu *unit pockmark*, *normal pockmark*, *elongated pockmark*, dan *eyed pockmark*.

Azhar (2022) telah melakukan analisis pada cekungan dan struktur geologi pada area lepas pantai Waropen, Papua dengan menggunakan analisis derivatif pemodelan 3D gayabarat dengan tujuan sebagai *pre-eliminaries* hidrokarbon. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa adanya kemungkinan bahwa mayoritas patahan daerah penelitian merupakan patahan minor dari Waipoga Fault dan Komplemen Yapen Fault Zone. Selain itu pemodelan 3D anomali residul dan analisis menunjukkan adanya jebakan berupa *fault trap*, selain itu dapat diprediksi bahwa *seal rock* cekungan sedimen yang ada berupa *marine shale* dimana merupakan bagian formasi Membramo periode Pliosen hingga Pleistosen, sedangkan batuan reservoir berupa sand yang merupakan bagian Formasi Membramo atau Makats periode Miosen Tengah hingga Miosen Akhir pada kedalaman 1500 m. di Papua merupakan suatu komplek geologi yang pembentukan dan pengembangannya dipengaruhi secara langsung oleh satu seri aktifitas tektonik lempeng yang melibatkan interaksi tepian benua Australia dan Lempeng Samudra Pasifik sejak Mesozoikum hingga saat ini.

### **III. TEORI DASAR**

#### **3.1. Metode Magnetik**

Metode magnetik merupakan metode geofisika yang dalam penerapannya dimanfaatkan untuk penyelidikan kondisi bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan sifat kemagnetan material yang diidentifikasi melalui nilai kerentanan magnet batuan. Pengukuran dalam metode ini dilakukan menggunakan alat yang disebut magnetometer (Yantilinena & Tanesib, 2021). Prinsip kerja metode ini didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnet di permukaan bumi yang diakibatkan oleh variasi distribusi (anomali) dari benda-benda termagnetisasi di bawah permukaan. Variasi intensitas medan magnet yang terukur kemudian diinterpretasikan dalam bentuk distribusi material magnetik, yang selanjutnya menjadi dasar dalam analisis kondisi geologi daerah yang teramati (Putri dkk., 2022)

Metode magnetik ini memiliki kegunaan yaitu untuk mengidentifikasi karakteristik kemagnetan batuan di bawah permukaan bumi yang dipengaruhi oleh keberadaan batuan termagnetisasi. Salah satu parameter yang dapat diukur dalam metode ini adalah variasi medan magnet di permukaan bumi. Prinsip kerja metode magnetik didasarkan pada pengukuran perubahan intensitas medan magnet yang terjadi akibat perbedaan sifat magnetisasi batuan dalam kerak bumi. Perbedaan tersebut menyebabkan ketidakhomogenan medan magnet bumi, yang dikenal sebagai anomali magnetik (Broto, 2012).

Metode magnetik secara umum dimanfaatkan untuk mendeteksi batuan atau mineral yang memiliki suseptibilitas magnetik. Selain dipengaruhi oleh mineral-mineral ferromagnetik yang terkandung di dalamnya, sifat-sifat kemagnetan batuan juga sangat dipengaruhi oleh proses pembentukan magnetik batuan tersebut (Rasimeng, 2008).

Pada daerah yang panas, seperti gunung berapi, nilai suseptibilitas cenderung menurun karena suhu yang tinggi (Chasanah dkk., 2021).

Metode magnetik bisa digunakan sebagai cara awal untuk mendeteksi keberadaan cekungan minyak atau mineral lainnya. Dalam metode ini, akan dihasilkan peta anomali total dari suatu daerah, yang biasanya menggambarkan karakteristik batuan dasar di bawah permukaan laut. Cekungan tersebut umumnya ditandai dengan pola kontur negatif rendah yang menunjukkan bentuk batuan dasar dengan struktur cekungan. Hasil dari metode ini akan menunjukkan anomali magnetik yang tersembunyi di dasar laut, kemudian dibandingkan dengan anomali magnetik bumi secara keseluruhan (Ismail, 2021).

Anomali yang diperoleh melalui pendeteksian menggunakan metode geomagnetik terdiri dari anomali positif dan negatif. Anomali positif mengindikasikan keberadaan kandungan bahan tambang atau mineral, seperti besi, emas, tembaga, atau mineral lainnya yang memiliki nilai kemagnetan tinggi. Sementara itu, anomali negatif mengindikasikan potensi keberadaan minyak bumi, yang dicirikan oleh nilai kemagnetan rendah. Deteksi anomali minyak bumi dapat terjadi akibat pengaruh hidrokarbon terhadap batuan di dekat permukaan yang berada diatas cekungan minyak (Blakely, 1996).

### 3.2. Gaya Magnetik

Gaya magnetik merupakan gaya tarik-menarik atau tolak-menolak yang terjadi akibat interaksi antara dua kutub magnet pada jarak tertentu. Jika kedua kutub magnet memiliki arah yang berlawanan, maka akan timbul gaya tarik-menarik. Sebaliknya, jika kedua kutub memiliki arah yang sama, maka akan muncul gaya tolak-menolak (Nugroho, 2010). Prinsip dasar dari interaksi ini didasarkan pada Hukum Coulomb, yang menyatakan bahwa gaya magnetik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara dua kutub magnet. Jika dua kutub magnetik terpisah sejauh jarak  $r$ , dan masing-masing memiliki muatan sebesar  $p_1$  dan  $p_2$  (Telford dkk., 1990). Secara matematis hal ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = \frac{p_1 p_2}{\mu_0 r^2} r \quad (1)$$

dimana  $F$  adalah gaya dalam satuan newton atau dyne (dalam sistem cgs). Terhadap kutub magnet  $p_2$ ,  $r$  adalah jarak antara dua kutub magnet  $p_1$  dan  $p_2$ .  $r$  adalah satuan dari kutub  $p_1$  ke  $p_2$  dan  $\mu_0$  adalah permeabilitas di ruang hampa yang memiliki nilai sebesar  $4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am}$  (Telford dkk., 1990).

### 3.3. Kuat Medan Magnetik

Kuat medan magnet merupakan besarnya medan magnet di suatu titik dalam ruang yang disebabkan oleh keberadaan sebuah kutub magnet  $m$  pada jarak  $r$  dari titik tersebut. Kuat medan magnet  $H$  didefinisikan sebagai gaya per satuan kuat kutub magnet dan dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$H = \frac{F}{m_2} = \frac{m_1}{\mu_0 r^2} r \quad (2)$$

dengan  $H$  adalah kuat medan magnet yang terukur,  $m$  adalah kuat kutub magnet (emu),  $r$  adalah jarak (m). Satuan medan magnetik dalam SI adalah ampere/meter (A/m), sedangkan dalam cgs adalah *oersted*, dimana satu oersted adalah satu *dyne/unit* kutub (Telford dkk., 1990).

Apabila terdapat suatu benda yang termagnetisasi oleh medan magnet  $H$ , maka besar intensitas magnet ( $I$ ) yang dialami benda tersebut adalah sebagai berikut:

$$I = kH \quad (3)$$

dimana  $k$  adalah suseptibilitas magnetik,  $H$  adalah kuat medan bumi dengan nilai 0.6 gauss atau  $6 \times 10^4 \text{ nT}$ , dan  $I$  merupakan intensitas magnetik (Telford dkk., 1990).

### 3.4. Momen Magnetik

Momen magnetik merupakan besaran yang menentukan seberapa besar gaya yang dapat diberikan oleh magnet terhadap arus listrik serta torsi yang dihasilkan oleh medan magnet (Jati & Priyambodo, 2024). Setiap magnet memiliki

dua kutub yang berpasangan (*dipole*), yaitu kutub positif (+) dan kutub negatif (-) yang terpisah oleh jarak  $l$ . Jarak ini yang berpengaruh terhadap nilai momen magnetik ( $M$ ). Momen magnet ( $M$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$$M = lmr \quad (4)$$

dimana  $M$  merupakan vektor pada arah vektor unit berarah  $r$  dari kutub negatif menuju kutub positif. Momen magnet mempunyai satuan cgs, yakni Gauss.cm<sup>3</sup> atau emu dan dalam satuan SI memiliki satuan A.m<sup>2</sup>. Untuk arah momen magnetik pada atom material non magnetik tidak beraturan maka momen magnetik resultannya bernilai nol (Telford, 1976).

### 3.5. Intensitas Magnetik

Sekelompok benda magnet dapat dianggap sebagai kumpulan material magnetik. Ketika benda-benda tersebut ditempatkan dalam medan magnet eksternal, mereka akan mengalami magnetisasi akibat induksi. Oleh karena itu, intensitas kemagnetan dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu material dalam menyelaraskan momen-momen magnetiknya terhadap medan magnet eksternal (Sirait, 2021). Intensitas kemagnetan juga dapat dinyatakan sebagai momen magnetik per satuan volume.

$$I = \frac{M}{v} \quad (5)$$

dimana  $I$  adalah intensitas magnetik yang mempunyai satuan Am<sup>-1</sup>. Sedangkan  $M$  adalah momen magnetik dan  $v$  adalah volume (m<sup>3</sup>) (Syukri, 2020).

### 3.6. Induksi Magnetik

Medan induksi yang terdeteksi di permukaan bumi berasal dari batuan di bawah permukaan yang dipengaruhi oleh medan utama bumi (*main field*). Ketika suatu benda magnetik berada dalam medan magnet eksternal  $H$ , kutub-kutub internalnya akan menyesuaikan arah sesuai dengan medan  $H$  sehingga



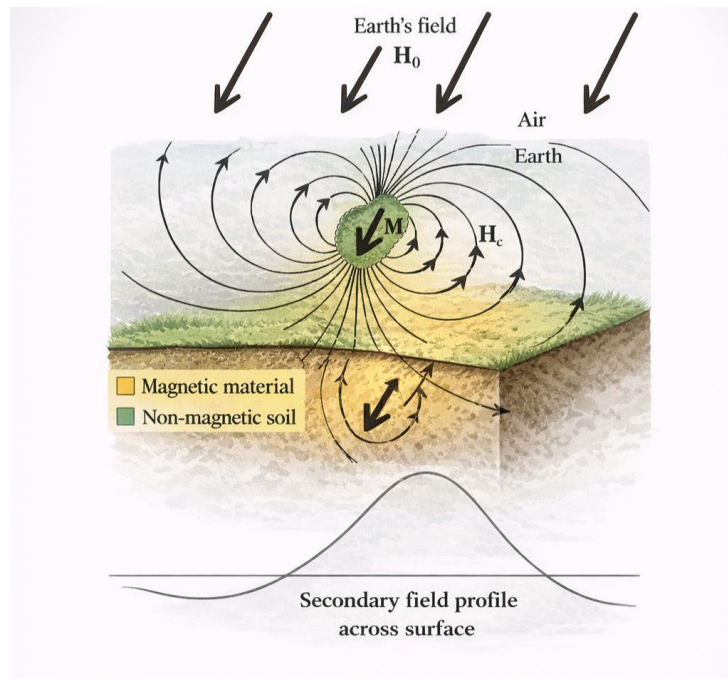
menghasilkan medan magnet baru (Putri, 2024). Besarnya medan magnet yang terbentuk dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$H' = 4\pi \cdot k \cdot H \quad (6)$$

Sedangkan medan magnet totalnya disebut dengan induksi magnet  $B$  dan dapat dituliskan dengan rumusan seperti berikut ini:

$$B = m_r H \quad (7)$$

dengan  $m_r = 1 + 4\pi k$  yang disebut sebagai permeabilitas relatif dari suatu benda magnetik. Satuan  $B$  dalam *emu* adalah *gauss*, sedangkan dalam eksplorasi geofisika dipakai satuan gamma atau nanotesla dalam SI, dimana besarnya satu tesla adalah  $10^4$  gauss dan satu nanotesla yaitu sebesar 1 gamma =  $10^{-5}$  gauss (Blakely, 1996).

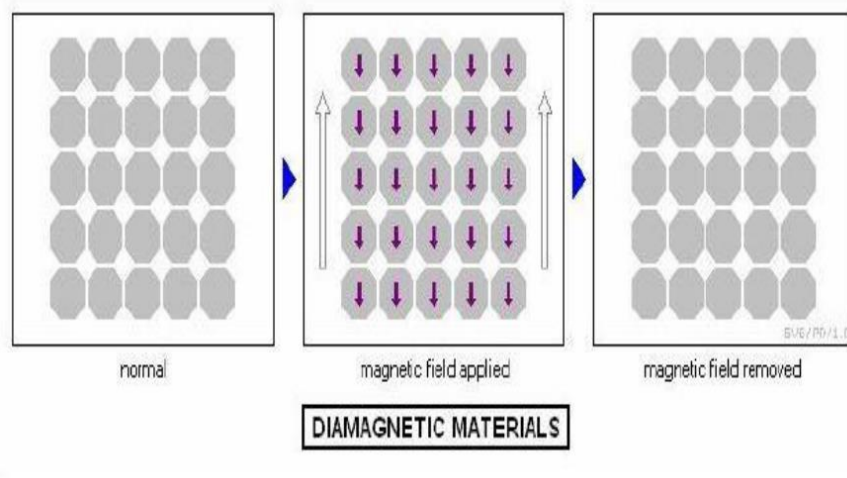


**Gambar 8.** Skema induksi magnetik pada batuan (Lelièvre, 2003)

### 3.7. Sifat Kemagnetan Batuan

Setiap jenis material memiliki sifat dan karakteristik khusus ketika berada dalam medan magnet. Material diklasifikasikan menjadi empat jenis berdasarkan nilai suseptibilitas magnet, yaitu diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik, dan ferrimagnetik (Hinze dkk., 2013). Sementara itu, untuk memudahkan interpretasi, batuan atau mineral umumnya diklasifikasikan berdasarkan sifat magnetiknya yang tercermin dalam nilai sebagai berikut (Siswoyo, 2010) :

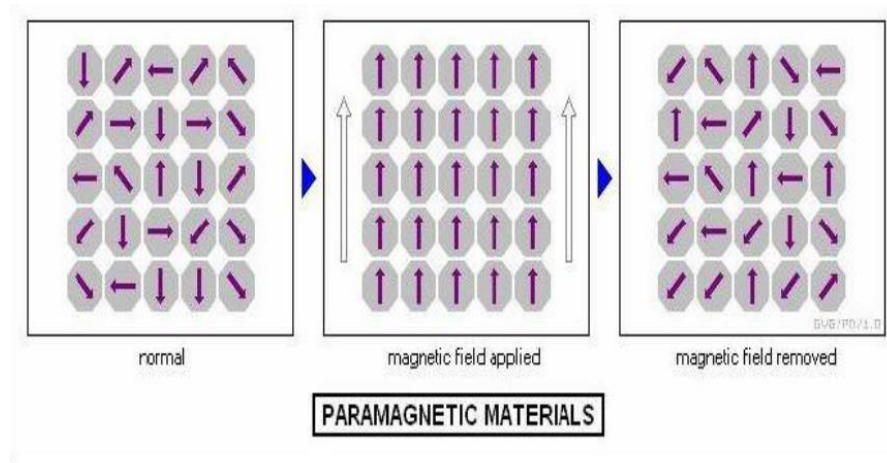
- a. Diamagnetik, merupakan bahan yang memiliki kulit elektron lengkap dan terisi dengan pasangan elektro. Ketika terkena medan magnet eksternal, *spin* elektron akan menghasilkan arah momen magnet yang berlawanan dengan arah medan magnet tersebut, sehingga menghasilkan resultan yang mengarah negatif. Material diamagnetik memiliki nilai suseptibilitas  $k < 0$  dalam satuan cgs. Contoh bahan diamagnetik antara lain *bismuth*, gipsum, marmer, kuarsa, garam, seng dan emas.



**Gambar 9.** Respon momen magnetik internal pada material diamagnetik ketika medan magnet luar diberikan dan dihilangkan (Callister & Rethwisch, 2020)

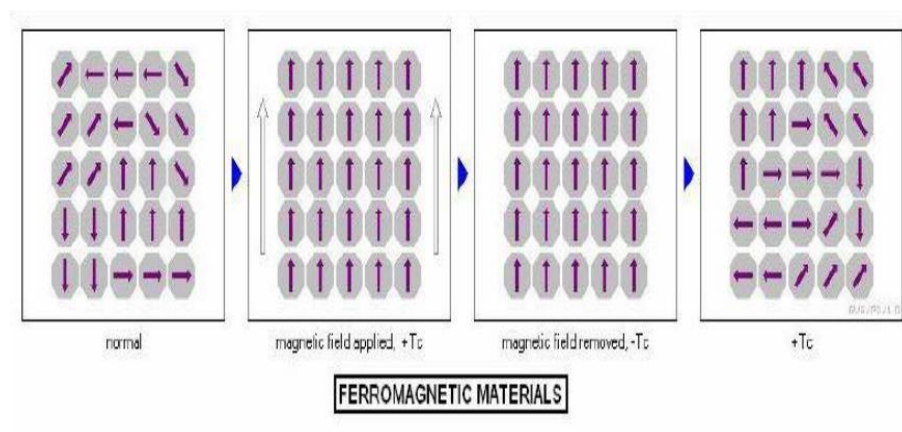
- b. Paramagnetik, merupakan bahan yang memiliki jumlah elektron pada kulit atomnya tidak lengkap, di mana sebagian elektron tidak berpasangan. Tanpa adanya pengaruh medan magnet eksternal, orientasi momen magnet akan acak. Namun, ketika terpengaruh oleh medan luar, momen magnet akan sejajar dengan arah medan tersebut. Material paramagnetik memiliki nilai

suseptibilitas  $0 < k < 10^{-6}$  dalam satuan cgs. Contoh bahan paramagnetik antara lain *pyrite*, *zineblende* dan *hematite*.



**Gambar 10.** Respon momen magnetik internal pada material paramagnetik ketika medan magnet luar diberikan dan dihilangkan (Callister & Rethwisch, 2020)

- c. Ferromagnetik, merupakan bahan yang sifat kemagnetannya dipengaruhi oleh suhu, dimana pada suhu di atas temperatur *Curie*, bahan ini akan kehilangan sifat kemagnetannya. Ketika dimasukkan ke dalam medan magnet eksternal, magnetisasi bahan ferromagnetik ini akan meningkat secara signifikan. Bahan ferromagnetik memiliki nilai suseptibilitas  $1 < k < 10^{-6}$  dalam satuan cgs. Contoh material ferromagnetik antara lain besi, nikel, kobalt dan baja.



**Gambar 11.** Respon momen magnetik internal pada material ferromagnetik ketika medan magnet luar diberikan dan dihilangkan (Callister & Rethwisch, 2020)

Ferromagnetik dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu antiferromagnetik dan ferrimagnetik. Pada antiferromagnetik, domain magnetiknya terbentuk oleh *dipole* magnetik yang saling berlawanan arah, dengan pasangan atom yang memiliki orientasi paralel dan anti-paralel, contohnya adalah hematit. Sementara itu, pada ferrimagnetik, domainnya terdiri dari antipartikel dan jumlah *dipole* per arah tidak sama. Material ferrimagnetik memiliki suseptibilitas yang tinggi dan bergantung pada suhu. Contoh bahan ferrimagnetik antara lain magnetit, ilmenit, yitrium, dan titanium (Lestari, 2020).

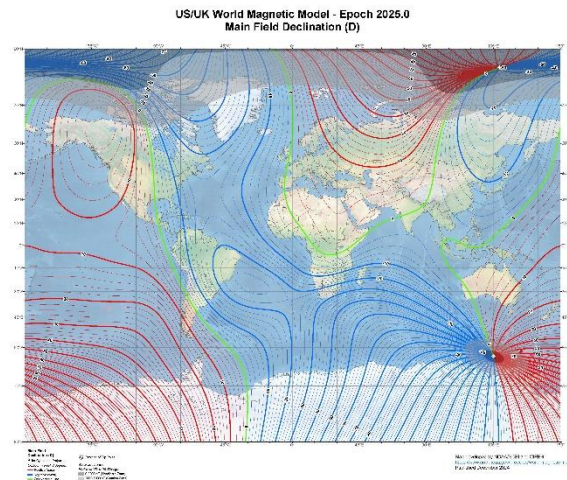
### **3.8. Medan Magnet Bumi**

Medan magnet bumi umumnya dapat digambarkan sebagai medan magnet yang muncul karena dihasilkan oleh batang magnet raksasa yang ada di dalam inti bumi, meskipun tidak sejajar dengan garis utara-selatan geografis bumi. Sebagian besar kuat medan magnet (sekitar 98%) berasal dari dalam bumi (medan magnet internal), sementara sisanya (2%) disebabkan oleh induksi magnetik pada batuan di kerak bumi maupun pengaruh dari luar angkasa (Arif & Lepong, 2016).

#### **3.8.1. Komponen – Komponen Medan Magnet Bumi**

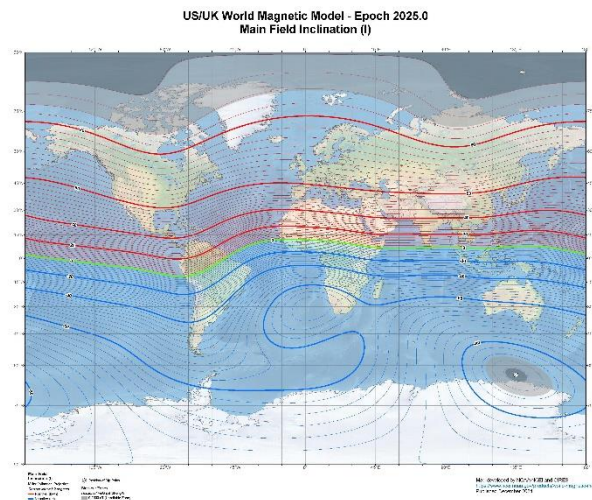
Komponen medan magnet yang berasal dari medan bumi adalah hasil dari efek yang terjadi karena inti bumi yang cair, yang memungkinkan adanya pergerakan relatif antara kulit bumi dan inti bumi, yang dikenal sebagai efek domino. Komponen medan magnet bumi memiliki tiga arah utama yang dinyatakan dalam koordinat kartesian, yang sering disebut sebagai elemen, yaitu komponen arah Utara, komponen arah Timur, dan komponen arah bawah, yang dalam koordinat kartesian dinyatakan sebagai  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  (Fazriyanti, 2019). Elemen-elemen tersebut meliputi:

- a. Deklinasi ( $D$ ), yaitu sudut antara Utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari Utara menuju Timur. Deklinasi juga sering disebut sebagai variansi harian kompas.



**Gambar 12.** Peta deklinasi medan magnet bumi (NOAA, 2025)

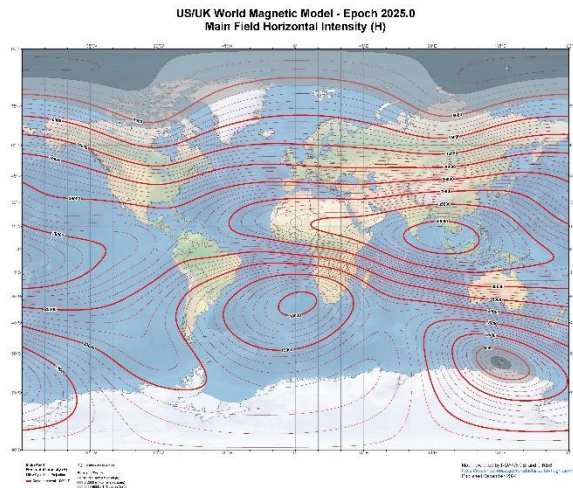
- b. Inklinasi (I), yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal, yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal kebawah. Inklinasi juga sering disebut dengan dip.



**Gambar 13.** Peta inklinasi medan magnet bumi (NOAA, 2025)

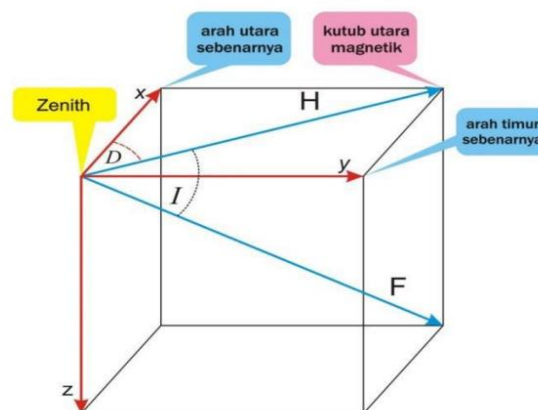
- c. Intensitas Horizontal (H), yaitu besar dari medan magnetik total pada bidang horizontal.
- d. Medan Magnetik Total (F), yaitu besar dari vektor medan magnetik total. Intensitas medan magnet bumi secara kasar antara 25.000-65.000 nT. Wilayah Indonesia yang terletak di bagian Utara ekuator mempunyai intensitas sekitar 40.000 nT, untuk wilayah Indonesia yang terletak di selatan ekuator 45.000 nT.





**Gambar 14.** Peta intensitas medan magnet total (NOAA, 2025)

Hubungan dari elemen-elemen medan magnet ditunjukkan oleh Gambar 15



**Gambar 15.** Komponen-komponen medan magnet bumi (Telford dkk., 1990)

### 3.8.2. Medan Magnet Utama

Secara teoritis penyebab medan magnet utama bumi adalah sumber dari dalam dan luar bumi tersebut. Medan magnet dari dalam bumi di yakini dibangkitkan oleh perputaran aliran arus dalam inti bagian luar bumi yang bersifat cair dan konduktif (Tanjung dkk., 2023).

Medan magnet utama dapat diartikan sebagai medan rata-rata yang diperoleh dari pengukuran yang dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama. Proses ini tidak akan menghilangkan medan periodik yang berasal dari luar, begitu pula spektrum panjang gelombang, medan magnet utama, dan medan magnet lokal.

Perubahan medan magnet bumi dari waktu ke waktu menyebabkan ketidakseragaman nilai medan magnet, sehingga untuk menyamakan nilai-nilai medan magnet bumi, dibuatlah standar yang dikenal dengan *International Geomagnetism Reference Field* (IGRF). Nilai IGRF ini diperbarui setiap 5 tahun sekali berdasarkan hasil rata-rata pengukuran selama satu tahun di daerah seluas sekitar 1 km<sup>2</sup> (Telford, 1976).

### 3.8.3. Medan Magnet Luar

Medan magnet bumi juga dipengaruhi oleh medan magnet eksternal. Sumber medan magnet eksternal berasal dari luar bumi atau hasil ionisasi di atmosfer yang disebabkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Kontribusi medan magnet ini hanya sekitar 1% dari total medan magnet bumi. Karena sumber medan eksternal ini terkait dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi atmosfer, perubahan medan ini terjadi jauh lebih cepat (Sumardi, 2020). Beberapa sumber medan eksternal antara lain (Telford dkk., 1990) :

- a. Perubahan konduktivitas listrik lapisan atmosfer dengan siklus 11 tahun.
- b. Variasi harian dengan periode 24 jam yang berhubungan dengan pasang surut matahari dan mempunyai jangkauan 30 nT.
- c. Variasi harian dengan periode 25 jam yang berhubungan dengan pasang surut matahari mempunyai jangkauan 2 nT.
- d. Badai magnet yang bersifat acak dan mempunyai jangkauan sampai dengan 1000 nT.

### 3.8.4. Anomali Medan Magnet

Variasi medan magnet yang terukur di permukaan merupakan fokus dalam survei magnetik (anomali magnetik). Besaran anomali magnetik ini dapat mencapai ratusan hingga ribuan nano tesla, yang menunjukkan adanya endapan magnetik. Secara umum, anomali ini disebabkan oleh medan magnet remanen dan medan magnet induksi. Medan magnet remanen memiliki peran penting dalam magnetisasi batuan, baik dalam hal besar maupun arah medan magnetnya. Sisa kemagnetan ini disebut *Normal Residual Magnetism*, yang terbentuk akibat magnetisasi medan utama (Tanjung dkk., 2023).

Anomali yang dihasilkan dari survei adalah hasil gabungan dari keduanya, anomali akan bertambah besar apabila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi, demikian pula sebaliknya. Pada survei magnetik, efek medan remanen akan diabaikan jika anomali medan magnet  $< 25\%$  medan magnet utama bumi (Hermansyah dkk., 2020).

Keberadaan anomali magnetik dapat mengakibatkan perubahan dalam medan magnet total bumi yang dituliskan dengan persamaan, yaitu:

$$H_{\tau} = H_o + H_L + H_A \quad (8)$$

dimana  $H_{\tau}$  yaitu medan magnetik total bumi,  $H_o$  yaitu medan magnetik utama bumi,  $H_L$  yaitu medan magnetik luar dan  $H_A$  yaitu medan magnetik total.

### 3.9. *Marine Magnetic*

*Marine Magnetic* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi variasi medan magnet di bawah permukaan laut. Metode ini mengukur anomali magnetik yang disebabkan oleh variasi distribusi batuan bermagnet di dasar laut. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut magnetometer yang dipasang pada kapal yang bergerak di atas permukaan laut (Tivey, 2007).

*Marine magnetic* bekerja dengan cara mengukur fluktuasi medan magnet di bawah permukaan laut yang disebabkan oleh anomali magnetik lokal atau variasi geologi di dasar laut. Ketika kapal bergerak, magnetometer mengukur medan magnet total yang mencakup medan magnet bumi, medan magnet yang diinduksi oleh material bawah laut, dan anomali lokal yang berasal dari struktur geologi yang ada di dasar laut (Wang dkk., 2022).

Survei *marine magnetic* adalah pengukuran intensitas medan magnet bumi atau komponen-komponennya (seperti komponen vertikal) sepanjang serangkaian profil di atas area yang diukur dengan tujuan mengukur magnetisme dasar laut. Dasar laut diketahui sangat termagnetisasi dalam pola garis-garis magnetik yang merekam medan magnet bumi, yang memungkinkan ilmuwan kelautan untuk menentukan usia dan sejarah penyebaran dasar laut di cekungan laut. Survei



magnetik juga digunakan untuk menemukan konsentrasi atau ketiadaan mineral magnetik dalam pencarian endapan bijih ekonomis. Variasi dalam medan magnet yang diamati dari medan regional yang diprediksi disebut anomali magnetik dan dikaitkan dengan variasi dalam distribusi material yang memiliki polaritas magnetik, magnetisasi remanen, dan/atau kerentanan yang berbeda (Gear dkk., 2022).

Anomali magnetik laut meliputi area cekungan samudra yang luas dan memberikan bukti kuat bagi proses penyebaran dasar laut. Anomali magnetik laut disebabkan oleh magnetisasi termoremanen kerak samudra dan merekam medan palaeomagnetik saat magma naik di punggung yang menyebar dan mendingin di bawah suhu *Curie*. Penafsiran anomali magnetik laut sangat penting dalam tektonik lempeng dan geodinamika. Metode konvensional untuk mengidentifikasi anomali magnetik laut adalah dengan membandingkan secara visual profil anomali magnetik sintetis dan yang diamati (Gee dkk., 1996).

### 3.10. Pengolahan Data Anomali Magnetik

Ada beberapa cara yang dilakukan untuk mendapatkan hasil anomali magnetik. Cara yang dilakukan adalah dengan melakukan koreksi terhadap nilai intensitas magnet ( $H$ ) yang didapatkan saat di lapangan. Cara yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Koreksi diurnal (harian) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi. Koreksi ini dilakukan pada masing-masing titik pengukuran berdasarkan masing-masing *line* (Maubana & Boimau, 2023). Rumus yang digunakan pada koreksi diurnal adalah sebagai berikut:

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} \quad (9)$$

2. Koreksi IGRF dilakukan dengan cara menghitung nilai medan magnet titik pengukuran berdasarkan nilai yang sudah tertera pada IGRF (*International*

*Geomagnetic Reference Field*). Sebelum menentukan nilai medan magnet IGRF adalah mengubah koordinat UTM ke bentuk longitude dan latitude. Hal itu dikarenakan untuk menentukan nilai  $H_{igrf}$  harus memasukkan koordinat dalam bentuk longitude dan latitude. Jika nilai medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi harian, maka kontribusi medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi IGRF (Maubana dkk., 2019). Persamaan koreksinya (setelah dikoreksi harian) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} \pm H_0 \quad (10)$$

dimana  $H_0$  adalah nilai IGRF

3. Perhitungan anomali magnet total merupakan gabungan dari anomali magnet regional dan lokal, sehingga untuk mengetahui anomali lokal, dilakukan pemisahan terhadap anomali regional dan anomali total. Besarnya intensitas magnet total disekitar batuan yang termagnetisasi diformulasikan sebagai berikut:

$$\Delta H = H_{obs} - H_{igrf} - H_{vh} \quad (11)$$

dimana  $\Delta H$  yaitu anomali medan magnet total,  $H_{obs}$  yaitu medan magnet terukur,  $H_{igrf}$  yaitu medan magnet utama bumi, dan  $H_{vh}$  yaitu medan magnet variasi harian (Mukazairo dkk., 2020).

4. Kontinuitas ke Atas (*Upward Continuation*) yaitu suatu proses pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu bidang permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada bidang permukaan lebih tinggi. Tujuan dilakukannya kontinuitas ke atas adalah untuk mentransforasi medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang lebih jauh dari sumber. Hal ini sesuai dengan prinsip kontinuitas ke atas bahwa suatu medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan pada permukaan yang melingkupi daerah itu (Oladejo & Ogunkoya, 2023).
5. *First Horizontal Derivative* (FHD) atau *gradient horizontal* merupakan sebuah filter yang biasanya diterapkan pada anomali magnetik, dengan tujuan mengetahui perubahan densitas tiba-tiba kearah lateral, yang bisa

mengindikasikan secara batas tepi benda penyebab anomali. Teknik ini juga diaplikasikan untuk pengukuran magnetik yang ditransformasikan ke anomali magnetik, yang mana kasus gradien horizontal tercuram akan merefleksikan perubahan lateral tiba-tiba dalam magnetisasi (Zhang dkk., 2024). Besarnya gradien horizontal pada medan magnetik dinyatakan pada:

$$H(x, y) = \left[ \left( \frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (12)$$

6. *Second Vertical Derivative* (SVD) bersifat sebagai *high pass filter*, sehingga dapat menggambarkan anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal yang dapat digunakan untuk identifikasi sesar turun atau sesar naik. Metode ini digunakan untuk memunculkan sumber-sumber anomali yang bersifat dangkal/lokal. Metode ini sangat bagus untuk mengetahui diskontinuitas dari suatu struktur bawah permukaan, khususnya adanya patahan pada suatu daerah survei (Zhang dkk., 2024). Secara teoritis metode ini diturunkan dari persamaan Laplace untuk anomali magnetik di permukaan yang turunan persamaannya dapat ditulis:

$$SVD = \frac{H_{(i-1)} - 2H_i + H_{(i+1)}}{\Delta z^2} \quad (13)$$

Pada data magnetik, nilai anomali akan mengalami perubahan secara vertikal yang diakibatkan karena adanya efek distribusi massa yang tidak merata secara vertikal, maka turunan keduanya akan memperlihatkan besarnya efek magnetik dari struktur-struktur yang lebih luas dan terletak jauh lebih dalam. Oleh karena itu struktur-struktur kecil/*local* dan samar-samar dapat diperjelas keberadaannya lebih dipertajam bentuk kurvanya dibanding struktur-struktur regional yang lebih melebar bentuknya (Kusmita dkk., 2023).

## IV. METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan pada:

Tempat : Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika (PPDG),  
Teknik Geofisika, Universitas Lampung

Alamat : Gedung Teknik Geofisika, Jl. Prof Sumantri Brojonegoro No 1.  
Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung

Tanggal : Agustus 2025 – Januari 2026

### 4.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Alat dan bahan

| No | Alat dan Bahan              | Fungsi                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Data <i>Marine Magnetic</i> | Data yang digunakan dalam pengolahan yang berlokasi di cekungan Waipoga, perairan Yapen. Data ini berisi waktu, <i>longitude</i> , <i>latitude</i> , elevasi, inklinasi, deklinasi, dan nilai bacaan alat |
| 2  | Data SHP Provinsi Papua     | Data ini digunakan untuk pembuatan peta geologi daerah penelitian                                                                                                                                         |
| 3  | Peta Geologi Regional       | Peta geologi digunakan sebagai referensi dan informasi geologi daerah penelitian                                                                                                                          |

- |   |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <i>Software</i> Geosoft Oasis Montaj | Untuk pengolahan data <i>marine magnetic</i> hingga mendapatkan kontur anomali medan magnetik total, residual dan regional, <i>upward continuation</i> , <i>first Horizontal Derivative</i> (FHD), dan <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD). |
| 5 | <i>Software</i> ZondGM3D             | Untuk pemodelan 3D magnetik                                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | <i>Software</i> Google Earth         | Untuk mencari letak daerah penelitian berdasarkan data koordinat pengukuran                                                                                                                                                                     |
| 7 | <i>Software</i> ArcGis v.10.8        | Untuk membuat peta lokasi penelitian dan geologi                                                                                                                                                                                                |
| 8 | Microsoft Excel                      | Untuk melakukan koreksi terhadap data pengukuran sebelum diolah di Surfer dan Oasis Montaj                                                                                                                                                      |
| 9 | Microsoft Word                       | Untuk penyusunan laporan                                                                                                                                                                                                                        |
-



#### 4.4. Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 4.4.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada tahapan awal hingga akhir untuk mengumpulkan informasi – informasi yang berkaitan dengan penelitian. Data yang diperoleh dari studi literatur, berupa tinjauan pustaka dan teori dasar bertujuan untuk mempermudah proses penelitian. Pada tahap ini penulis mempelajari informasi terkait *marine magnetic*, lokasi daerah penelitian, stratigrafi serta struktur geologi regional pada daerah penelitian, dan pengolahan data magnetik menggunakan *software* Microsoft Excel, Surfer, Oasis Montaj, dan Mag3D. Analisis melibatkan jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan metode dan lokasi penelitian yang dikaji.

##### 4.4.2. Persiapan dan Pengumpulan Data

Data yang diolah pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari P3GL. Data yang didapat berupa data mentah pengukuran *marine magnetic* yang berisi waktu, *longitude*, *latitude*, elevasi, inklinasi, deklinasi, dan nilai bacaan alat.

##### 4.4.3. Pengolahan Data

Tahapan pada pengolahan ini diawali dengan melakukan koreksi terhadap data yang diperoleh menggunakan *Microsoft Excel*. Koreksi terhadap data medan magnet total meliputi koreksi harian dan koreksi IGRF, sehingga diperoleh data anomali magnetik total yang kemudian dikonturkan menggunakan *software* Surfer. Konversi reduksi ke kutub dilakukan untuk memudahkan proses interpretasi karena anomali magnetik yang dihasilkan dari proses reduksi ke kutub secara langsung menunjukkan sumber penyebab anomali tersebut. Reduksi ke kutub membuat inklinasi anomali magnetik menjadi 90° dan deklinasi menjadi 0°. Kemudian dilakukan pemisahan untuk mendapatkan anomali regional dan anomali residual. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan teknik *upward continuation*. Kemudian dilakukan juga identifikasi struktur patahan dengan filter FHD dan SVD

untuk memperjelas batas struktur pada anomali magnetik yang dapat mengidentifikasi patahan di daerah penelitian menggunakan Oasis Montaj.

#### **4.4.4. Pemodelan Data 3D**

Identifikasi bawah permukaan dilakukan dengan pemodelan 3D dengan tujuan menggambarkan kondisi geologi bawah permukaan di daerah penelitian berdasarkan informasi geologi, seperti struktur patahan, lipatan, dan urutan stratigrafi di daerah penelitian. Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan data hasil dari sayatan (*line section*) anomali magnetik.

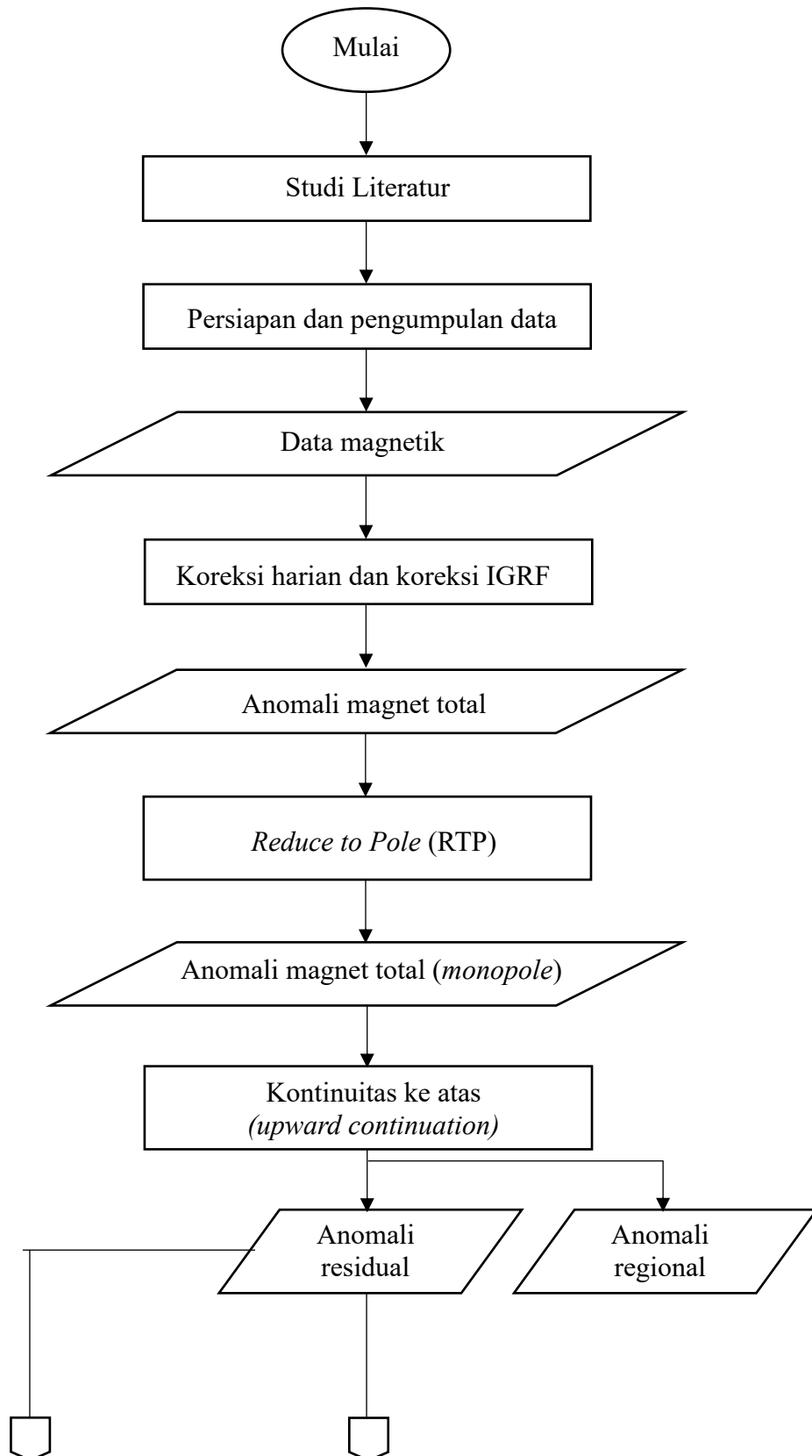
#### **4.4.5. Interpretasi Hasil**

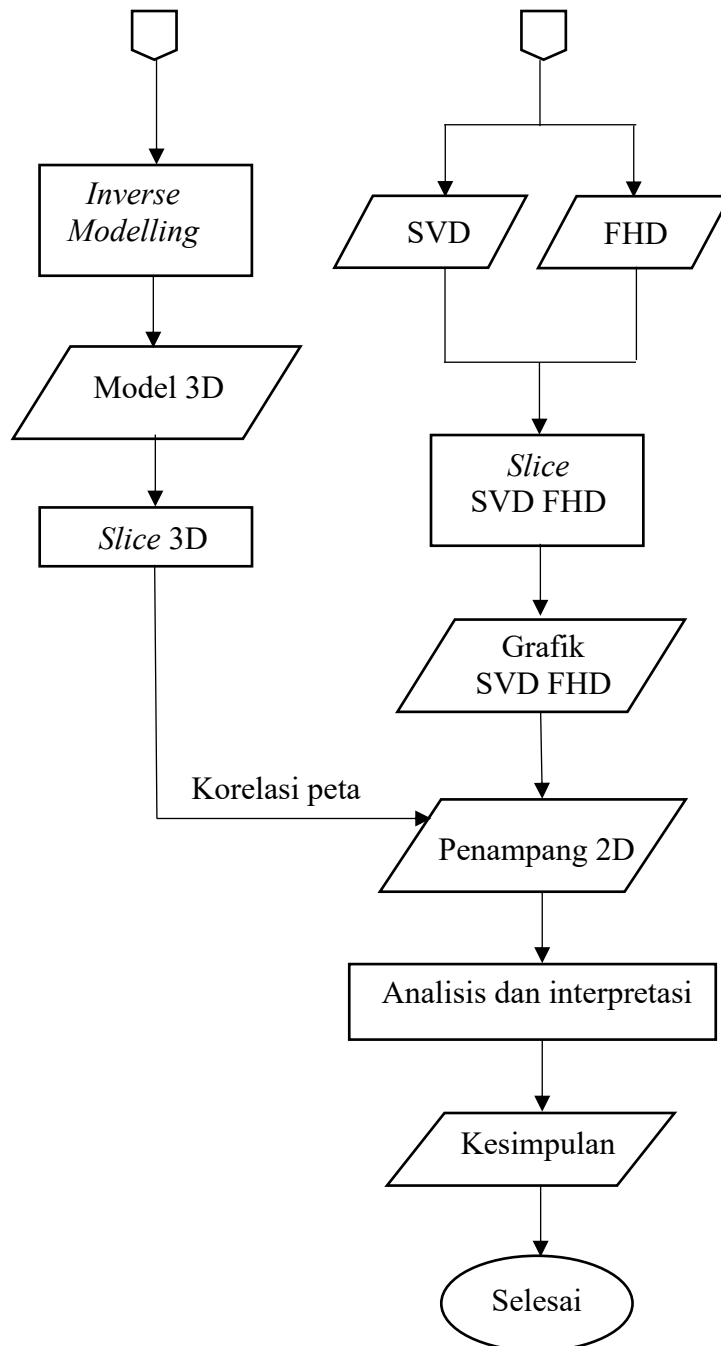
Interpretasi data magnetik terbagi menjadi dua, yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan magnetik yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan bumi. Selanjutnya pola anomali medan magnetik yang dihasilkan ditafsirkan berdasarkan informasi geologi setempat dalam bentuk distribusi benda magnetik atau struktur geologi, yang dijadikan dasar pendugaan terhadap keadaan geologi yang sebenarnya. Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis.



#### 4.5. Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut :





**Gambar 16.** Diagram Alir

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Distribusi anomali magnetik di Cekungan Waipoga menunjukkan variasi nilai yang signifikan AMT berkisar 42,0 nT hingga -234,5 nT. Setelah RTP, anomali menjadi lebih terfokus sehingga posisi anomali lebih mewakili sumber bawah permukaan. Secara residual maupun regional, Dengan variasi nilai regional 16,6 nT sampai -222,2 nT sebaran anomali membentuk pola yang teratur dan berskala regional dan nilai residual berkisar antara 16,4 nT hingga -24,6 nT. Variasi nilai tersebut ditunjukkan oleh perbedaan warna pada peta yang merepresentasikan perubahan sifat kemagnetan batuan bawah permukaan anomali membentuk pola memanjang berarah barat daya–timur laut (SW–NE) dengan gradien magnetik yang tajam di bagian tengah wilayah menandakan kontras kemagnetan batuan dan mengindikasikan keberadaan struktur geologi yang mengontrol distribusi medan magnet.
2. Pemodelan magnetik menunjukkan bahwa anomali pada Cekungan Waipoga berkisar sekitar -5 sampai >10 SI dengan kedalaman model mencapai 400 m pada pemampang *line 1* zona anomali rendah berkembang pada 600000–607000 pada kedalaman 150–400 m terindikasi dari *slicing* A-A' dengan kinematika patahan (normal/turun/geser(*strike-slip*)) setelah dilakukan analisis derivatif. Sedangkan, pada pemampang *line 2* zona anomali rendah berkembang 618000–622000 kedalaman 200–400 m terindikasi dengan *slicing* B-B' dengan kinematika patahan (naik dan turun) dan pola memanjang antara domain

bermagnetisasi tinggi dan rendah mengindikasikan keberadaan bidang sesar bersegmen yang mengontrol pembentukan cekungan sedimen, setelah dilakukan analisis derivatif.

3. Dalam indikasi analisis struktur pada cekungan waipoga mendapatkan kontras lateral nilai anomali magnetik yang tajam antara zona bermagnetisasi tinggi dan rendah mengindikasikan keberadaan bidang sesar utama yang berperan sebagai batas litologi sekaligus batas struktur. Pola ini menguatkan indikasi bahwa Patahan WT (*Waipoga Through*) berfungsi sebagai struktur pengontrol utama terhadap pembentukan cekungan sedimen Waipoga yang berperan sebagai cekungan dengan sumur produksi karena pengendapan sedimen yang tebal, di mana zona anomali rendah merepresentasikan bagian cekungan yang mengalami penurunan (*subsidence*) akibat aktivitas tektonik.

## 6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini, yaitu perlu menambahkan data metode geofisika lainnya untuk memperkuat dalam interpretasi dan penelitian ini perlu dilakukan studi pengeboran eksplorasi untuk mendukung hasil penelitian bawah permukaan untuk penentuan cekungan sedimen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiltha, F., Muhardi, M., dan Perdana, R. (2024). Identifikasi Struktur Patahan Di Kabupaten Pangandaran Dan Sekitarnya Berdasarkan Data Anomali Magnetik. *Journal Online of Physics*, 9(3), 8–17.
- Arif, Z., & Lepong, P. (2016). Deliniasi Prospek Bijih Besi Dengan Menggunakan Metode Geomagnetik (Lokasi Penelitian Pelaihari, Kab Tanah Laut, Kalimantan Selatan). *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul*, pp 450(55).
- Azhar, D. B. (2022). Analisis Cekungan Dan Struktur Geologi Waropen Menggunakan Analisis Derivatif Dan Pemodelan 3d Gayaberat Sebagai Pre-Eliminaries Hydrocarbon Exploration Pada Area Lepas Pantai Waropen, Papua. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Babault, J., Viaplana-Muzas, M., Legrand, X., Van Den Driessche, J., González-Quijano, M., & Mudd, S. M. (2018). Source-to-sink constraints on tectonic and sedimentary evolution of the western Central Range and Cenderawasih Bay (Indonesia). *Journal of Asian Earth Sciences*, 156, 265–287.
- Blakely, R. J. (1996). *Potential theory in gravity and magnetic applications*. New York: Cambridge university press.
- Broto, S. (2012). Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panasbumi. *TEKNIK*, 32(1), 79–87.
- Callister, Jr. W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (Tenth Edition). New York: John wiley & sons.
- Chasanah, U., Febriani, S. D. A., & Minarto, E. (2021). Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Gunung Merapi Berdasarkan Analisis Data Anomali Medan Gravitasi Citra Satelit. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(1), 25–34.
- Fazriyanti, L. (2019). *Analisis anomali sinyal geomagnetic menggunakan metode detrended fluctuation analysis pada gempa bumi magnitudo 6,1 di Lebak, Banten*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Gee, J., Schneider, D. A., & Kent, D. V. (1996). Marine magnetic anomalies as recorders of geomagnetic intensity variations. *Earth and Planetary Science Letters*, 144(3–4), 327–335.
- Grear, M. E., McVey, J. R., Cotter, E. D., Williams, N. G., & Cavagnaro, R. J. (2022). Quantifying Background Magnetic Fields at Marine Energy Sites: Challenges and Recommendations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5).
- Gultom, M., Waromi, D. D., Abdurrachman, M., Ayomi, I. Y., Wetipo, Y. S., & Mambrasar, E. D. (2024). The Deformation Responses As The Resulted Of The Tectonics In Apaumagida (Apowo), Enarotali And Legare Mountain Area of Papua Province. *International Journal of Science, Technology & Management*, 5(6), 1419–1426.
- Hermansyah, D., Sukrisna, B., & Minardi, S. (2020). Identifikasi Patahan di Desa Taman Ayu Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat Menggunakan Metode Geomagnet. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 6(2), 145–155.
- Hinze, W. J., Von Frese, R. R., & Saad, A. H. (2013). *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ikhwanudin, F., & Abdullah, C. I. (2015). Indication Strike Slip Movement a Part of Sorong Fault Zone in Yapen Island, Papua, Indonesia. *GSTF Journal of Geological Sciences*, 2(1).
- Ismail, N. (2021). *Geofisika Arkeologi: Studi Kasus Pada Benteng Indrapatra dan Kuta Lubok, Aceh Besar*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Jati, B. M. E., & Priyambodo, T. K. (2024). *Fisika Dasar, Listrik-Magnet, Optika, Fisika Modern Untuk Mahasiswa Ilmu-Ilmu Eksakta Dan Teknik*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kusmita, T., Kumala, S. A., Agustin, N., Widyaningrum, Y., Tiandho, Y., & Oktaviyani, S. (2023). Derivation of geomagnetic field to determine geothermal flow at Terak, Bangka Belitung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1267(1).
- Kusnida, D., Albab, A., Nainggolan, T. B., & Firdaus, Y. (2023). The Occurrence of Recent-Subrecent Seabed Acoustic Anomalies and Its Relationship with Structural Uplift around the Waipoga Trough, West Papua-Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 10(1), 109–117.
- Lelièvre, P. G. (2003). Forward modelling and inversion of geophysical magnetic data. *Thesis*. University of British Columbia.
- Lestari, K. R. (2020). *Buku Ajar: Aplikasi Bahan Ferrit*. Jakarta: LP UNAS.

- Lestari, S. A. (2019). Analisis Ddata Multibeam Echosounder Untuk Mengidentifikasi Pochmark Pada Perairan Waipoga. *Skrispi*. Universitas Brawijaya.
- Löffler, E., & Woodward, M. J. (1977). *Geomorphology of Papua New Guinea: Vol. p.195*. Canberra: Australian National University Press.
- Maubana, W. M., & Boimau, Y. (2023). Identifikasi Reservoir Panas Bumi Berdasarkan Pemodelan 2D Anomali Magnetik. *Magnetic: Research Journal Of Physics and It's Application*, 3(2), 253–259.
- Maubana, W. M., Maryanto, S., Utami, I. W., & Nadir, A. (2019). Reservoir Magnetic Anomaly at Geothermal Area of Mount Pandan, East Java, Indonesia. *Int. J. Renew. Energy Res*, 9(2), 887–892.
- Mukazairo, D. S. E., Refrizon, R., & Sugianto, N. (2020). Peta Anomali Magnetik Daerah Mineralisasi Emas Di Desa Tambang Sawah Kecamatan Lebong Utara Berdasarkan Pengukuran Magnetik. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 1(1), 19–24.
- Noble, R., Teas, P., Decker, J., McCullagh, T., Sebayang, D., & Orange, D. (2016). Kofiau and Cendrawasih Bay Frontier Basin Exploration: From Joint Studies to Post-Drill Assessment. *Indonesia Petroleum Association 2016 Technical Symposium*.
- Nugroho, K. A. (2010). Penentuan Gaya Tolak Menolak Magnet Antar Dua Magnet Permanet Menggunakan Metode Kesetimbangan Benda. *BERKALA FISIKA*, 13(2), 39–44.
- Oladejo, O. P., & Ogunkoya, C. O. (2023). Evaluation Of Upward Continuation And Reduction Toevaluation Of Upward Continuation And Reduction To Magnetic Equator On Airborne Magnetic Data Magnetic Equator On Airborne Magnetic Data. *Fudma Journal Of Sciences*, 7(5), 192–197.
- Pane, M., Ekawati, G. M., & Purwanto, C. (2020). Pemodelan 2d Dan 3d Struktur Geologi Bawah Permukaan Pada Data Magnetik Di Laut Flores. *JTM dan Kebumian*.
- Putri, E. C. A., Panggabean, H., Ryka, H., & Shahida Henri, N. (2023). Biogenic gas – “from drilling hazard to promising future hydrocarbon resource”: Study of Mamberamo Frontier Basin, North Papua, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 73.
- Putri, H. V., Radiyono, Y., & Setiawan, I. B. (2022). Pengembangan Alat Percobaan Induksi Magnetik Pada Kawat Melingkar Berarus dengan Hall Effect Sensor UGN3503. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 12(1), 44.
- Putri, N. D. (2024). Interpretasi Metode Magnetik Untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Gunung Sibayak Kabupaten Karo Sumatera Utara. *Skrispi*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.

- Rasimeng, S. (2008). Analisis Sesar Gunung Rajabasa Lampung Selatan Sebagai Daerah Prospek Geothermal Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet Total. *J. Sains MIPA*, 14(1), 67–72.
- Safrilia, P., & Perdhana, R. (2024). Pemodelan 2D Struktur Geologi Bawah Permukaan di Daerah Manifestasi Panas Bumi Buaran, Kabupaten Brebes, Berdasarkan Anomali Magnetik. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 11(1), 91–106.
- Santosa, B. J., Mashuri, M., Sutrisno, W. T., Wafi, A., Salim, R., & Armi, R. (2012). Interpretasi Metode Magnetik untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 7–14.
- Saputra, S. E. A., Fergusson, C. L., Murray-Wallace, C. V., & Nutman, A. P. (2023). Neogene uplift and deformation in the northeastern Bird's Head Peninsula, West Papua, Indonesia: consequences of oblique plate convergence. *International Geology Review*, 65(21), 3348–3376.
- Satyana, A. H. (2006). Post-collisional tectonic escapes in Indonesia: fashioning the Cenozoic history. *Proceeding PIT IAGI Riau*, 21–22.
- Setyowidodo, I., & Santosa, B. J. (2011). Analisis Seismogram Tiga Komponen Terhadap Moment Tensor Gempa Bumi Di Manokwari Papua 03 Januari 2009. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 3(2).
- Sirait, R. (2021). Analisis Anomali Magnetik dalam Penentuan Struktur Geologi dan Litologi Bawah Permukaan sebagai Manifestasi Panas Bumi Di Panyabungan Selatan Sumatera Utara. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(2), 83–92.
- Siswoyo. (2010). Interpretasi Anomali Magnetik Pada Penentuan Lokasi Baru Stasiun Magnet (Stasiun Geofisika Angkasa Jayapura). *Laporan Penelitian. Stasiun BMKG Jayapura*.
- Sumardi, Y. (2020). *Fisika Atom*. Yogyakarta: UNY Press.
- Syukri, M. (2020). *Pengantar Geofisika*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Tanjung, R. U. S., Pujiastuti, D., & Putra, A. (2023). Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Data Anomali Medan Magnet Daerah Manifestasi Panas Bumi Sampuraga Kabupaten Mandailing Natal. *Jurnal Fisika Unand*, 12(4), 554–560.
- Telford, W. M. (1976). *Applied Geophysics 2nd Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. New York: Cambridge university press.



- Tivey, M. A. (2007). Magnetic Surveys, Marine. *Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism*, 542–546.
- Wang, M., Cao, J., Li, J., & Liu, X. (2022). Identification of marine magnetic anomalies based on the sliding window curve similarity method. *Earth, Planets and Space*, 74(1), 1–19.
- Watkinson, I. M., & Hall, R. (2017). *Fault systems of the eastern Indonesian triple junction: evaluation of Quaternary activity and implications for seismic hazards*. London: Geological Society.
- Yantilinena, M., & Tanesib, J. L. (2021). Interpretasi Data Anomali Magnetik Bawah Permukaan Area Penambangan Batuan Gamping PT Sarana Arga Gemilang KSO PT Semen Kupang. *Magnetic: Research Journal of Physics and It's Application*, 1(1), 26.
- Zhang, W., Liu, H., Dong, H., Liu, Z., & Hu, X. (2024). Higher-Order Singular Value Tensor Decomposition-Based Tuning Frequency Estimation for FID Signals Under Low SNR. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 21, 1–5.