

INTEGRASI METODE GAYABERAT DAN MAGNETIK UNTUK INTERPRETASI KAWASAN URBAN DURI

**Indra Saputra, Sendy Diego M.P Lubis*, Alya Maylisa Putri, Andrew Christoper, Aulia Utami,
Risya Ghiffari**

*Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui,
Kecamatan Jatiagung, Lampung Selatan, Lampung, 35365, Indonesia*

*email: sendymandalalubis@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan kawasan perkotaan baru Duri, Kabupaten Bengkalis, yang berada dalam Cekungan Sumatra Tengah dan dipengaruhi sistem Sesar Sumatera, memerlukan pemahaman bawah permukaan yang jauh lebih rinci. Penelitian ini mengintegrasikan data gayaberat GGMPPlus beresolusi 1,11 km dan data magnetik WDMAM beresolusi 5 km untuk mengidentifikasi struktur geologi, batas litologi, serta potensi deformasi yang relevan bagi perencanaan wilayah. Pemodelan dua dimensi menunjukkan bahwa variasi densitas dan suseptibilitas magnetik antar formasi yakni Formasi Minas (1900 kg/m³; 0,00003 SI), Petani (2100 kg/m³; 0,00002 SI), Telisa (2300 kg/m³; 0,000001 SI), Sihapas (2250 kg/m³; 0,00005 SI), dan Pematang (2350 kg/m³; 0,000003 SI) mencerminkan perbedaan litologi dan kandungan mineral, di mana Formasi Sihapas yang memiliki suseptibilitas tertinggi diinterpretasikan kaya mineral ferromagnetik seperti magnetit sehingga menjadi kontributor utama anomali magnetik, sedangkan Formasi Telisa dan Pematang dengan densitas lebih tinggi namun suseptibilitas rendah menunjukkan dominasi sedimen kompak miskin mineral magnetik, sehingga hasil ini menegaskan bahwa respon gayaberat dan magnetik dikontrol oleh kombinasi sifat fisik batuan dan komposisi mineral, bukan semata-mata oleh struktur geologi.

Kata Kunci: *Gayaberat; Magnetik; Perkotaan; Duri; Bengkalis; Sumatera Basin*

ABSTRACT

[Title: Integration Of Gravity And Magnetic Methods For Interpretation Of Duri Urban Area] *The development of a new urban area in Duri, Bengkalis Regency, located within the Central Sumatra Basin and influenced by the Sumatran Fault system, requires a more detailed understanding of subsurface conditions. This study integrates gravity data from GGMPPlus with a spatial resolution of 1.11 km and magnetic data from WDMAM with a resolution of 5 km to identify geological structures, lithological boundaries, and potential deformation relevant to regional planning. Two-dimensional modeling indicates that variations in density and magnetic susceptibility among formations namely the Minas Formation (1900 kg/m³; 0.00003 SI), Petani Formation (2100 kg/m³; 0.00002 SI), Telisa Formation (2300 kg/m³; 0.000001 SI), Sihapas Formation (2250 kg/m³; 0.00005 SI), and Pematang Formation (2350 kg/m³; 0.000003 SI) reflect differences in lithology and mineral composition. The Sihapas Formation, which exhibits the highest magnetic susceptibility, is interpreted to contain a higher concentration of ferromagnetic minerals such as magnetite, making it a major contributor to magnetic anomalies, whereas the Telisa and Pematang Formations, despite having higher densities, show low susceptibility values indicating compact sediments with minimal magnetic mineral content. These results highlight that gravity and magnetic responses are controlled by a combination of physical rock properties and mineral composition rather than solely by geological structures.*

Keywords: *Gravity; Magnetic; Urban; Duri; Bengkalis; Sumatera Basin*

PENDAHULUAN

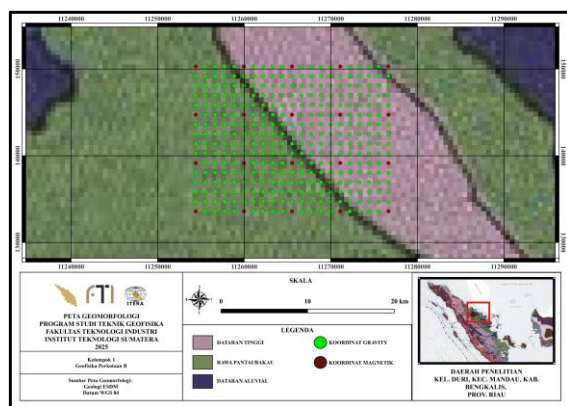
Kawasan Duri di Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau, merupakan salah satu daerah yang berkembang pesat sebagai pusat pertumbuhan baru di wilayah pesisir timur Sumatera. Secara geotektonik, daerah ini masuk dalam Cekungan Sumatra Tengah yang aktif secara tektonik karena pengaruh sistem

Sesar Sumatera dan sesar sekunder sekitarnya (Barber dkk, 2012). Aktivitas ini tidak hanya membentuk struktur geologi, tetapi berpotensi menimbulkan risiko terhadap kestabilan lahan dan infrastruktur di kawasan urban baru (Satyana & Armandita, 2019). Kondisi tersebut menekankan pentingnya kajian geotektonik menyeluruh yang menggambarkan

karakteristik bawah permukaan sebagai dasar pengelolaan pembangunan berkelanjutan.

Pembangunan kawasan perkotaan baru memerlukan informasi geologi bawah permukaan yang tidak hanya deskriptif, namun juga mampu mengidentifikasi potensi deformasi dan kestabilan batuan pada skala regional. Metode geofisika gaya berat dan magnetik menjadi pilihan relevan karena non-invasif, efisien, serta dapat mengkarakterisasi sifat fisik batuan melalui variasi densitas dan kemagnetan (Telford dkk, 1990; Reynolds, 2011). Integrasi kedua metode ini memberikan gambaran bawah permukaan yang detail, karena sensitivitasnya terhadap sifat fisik batuan berbeda.

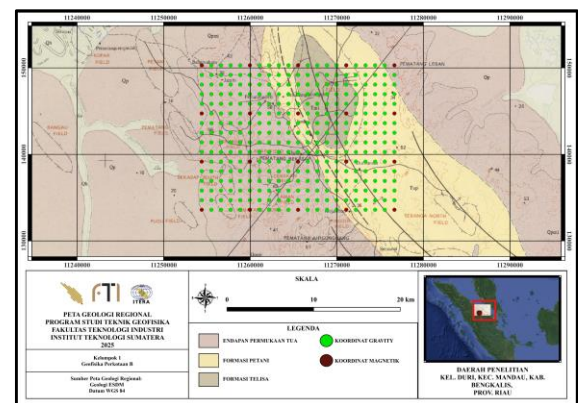
Secara geomorfologi, wilayah Duri didominasi bentang alam datar hingga bergelombang rendah, bagian dari Dataran Aluvial Sumatra bagian timur yang terbentuk melalui proses pengendapan sungai dan rawa yang berlangsung lama. Penampangnya tersusun oleh endapan aluvial muda, endapan rawa, serta zona rawa pantai atau bakau di beberapa daerah rendah yang tergenang musiman (Verstappen, 1973). Pada sisi barat-tengah hingga timur, terdapat peralihan ke dataran agak tinggi dipengaruhi oleh antiklin Duri, struktur geologi regional yang menjadi kendali utama bentuk morfologi lokal. Kondisi ini menyebabkan sebagian wilayah rentan terhadap genangan dan memiliki tanah lunak di zona rawa, namun relatif stabil di dataran lebih tinggi, informasi penting untuk perencanaan infrastruktur.



Gambar 1. Geomorfologi Lokasi Penelitian (Poedjoprajitno, 2012)

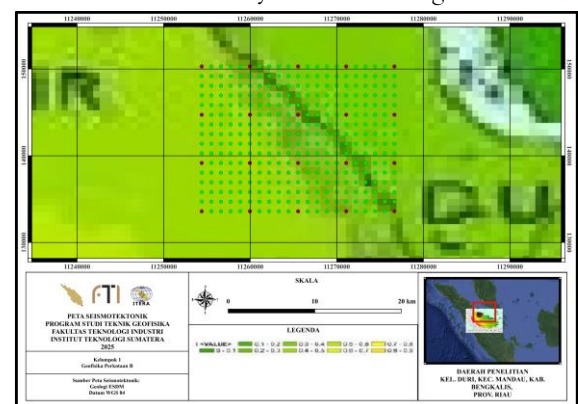
Wilayah penelitian didominasi tiga satuan geologi utama: Endapan Permukaan Tua yang meliputi sedimen kuartar seperti pasir, lempung, dan

lanau di bagian barat dan tengah, Formasi Petani (Miosen Atas-Pliosen) yang terdiri dari batupasir, batulempung, dan serpih sebagai reservoir minyak di bagian tengah dan timur, serta Formasi Telisa (Miosen Tengah-Atas) yang muncul secara terbatas di bagian tengah utara, tersusun oleh serpih dan batulempung yang berperan sebagai lapisan penutup atau *cap rock* penting. Keberadaan zona dengan banyak bidang minyak seperti Bekasap dan Duri menandai jalur struktur antiklin dan sesar sebagai perangkat hidrokarbon utama.



Gambar 2. Geologi Regional Lokasi Penelitian (Cameron dkk., 1982)

Wilayah Duri secara seismotektonik mempunyai aktivitas rendah dengan nilai antara 0,1 hingga 0,4 yang direpresentasikan dengan warna hijau muda pada peta seismotektonik. Ini menandakan letak kawasan yang relatif jauh dari sumber gempa aktif utama di Sumatra bagian barat, berada pada zona dataran aluvial dan endapan muda, sehingga aktivitas tektonik terkini di wilayah ini cenderung lemah.



Gambar 3. Seismotektonik Lokasi Penelitian (Saputra dkk., 2010)

Kajian serupa di Duri masih terbatas, padahal wilayah ini secara geotektonik berada dalam zona

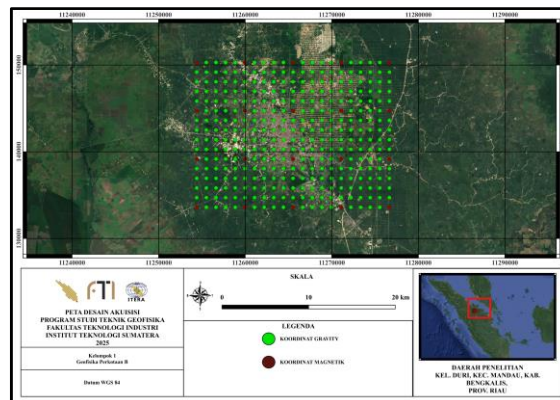
aktif deformasi. Sebagian besar penelitian masih menggunakan satu metode atau data eksplorasi lama, sehingga informasi geotektonik bawah permukaan di Duri kurang memadai. Penelitian Sandri (2016) pada kajian sebelumnya mengenai perkembangan penggunaan lahan dan struktur ruang Kota Duri lebih banyak menitikberatkan pada analisis spasial permukaan dan dinamika sosial-ekonomi akibat eksploitasi minyak bumi. Namun, aspek kondisi bawah permukaan sebagai faktor pembatas fisik pengembangan kota masih relatif jarang dikaji. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menghadirkan pendekatan geofisika untuk memahami karakter densitas dan kemagnetan batuan bawah permukaan, serta keterkaitannya dengan perkembangan kawasan *urban*. Integrasi data gayaberat dan magnetik dalam kawasan perkotaan memberikan sudut pandang tambahan bahwa pertumbuhan kota tidak hanya dikontrol oleh aksesibilitas dan aktivitas ekonomi, tetapi juga oleh kondisi geologi bawah permukaan.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang penting untuk diisi. Oleh karena itu, studi ini difokuskan pada integrasi metode gayaberat dan magnetik guna menghasilkan pemodelan bawah permukaan yang lebih detail dan akurat. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman baru mengenai karakter geotektonik kawasan *urban* baru Duri serta mendukung pengelolaan wilayah yang lebih aman dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian dilaksanakan di Kota Duri, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau mencakup sebagian wilayah Kecamatan Mandau dan Bathin Solapan. Area ini terletak pada koordinat sekitar $101^{\circ}08' - 101^{\circ}20' \text{ BT}$ dan $1^{\circ}15' - 1^{\circ}35' \text{ LU}$ dengan ketinggian antara 20 hingga 60 meter di dataran rendah. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat sekunder yang diperoleh dari basis data internasional, yaitu Global Gravity Model Plus (GGMPlus) untuk data gayaberat yang dapat diakses <https://ddfe.curtin.edu.au/models/GGMplus/data/ga/>. Sementara itu, data magnetik diperoleh dari World Digital Magnetic Anomaly Map (WDMAM) dapat diakses melalui <https://wdmam.org/>. Spasi

pengambilan data masing-masing adalah 1,11 km untuk GGMPlus dan 5 km untuk WDMAM, mencerminkan skala regional dan area cakupan yang luas.



Gambar 4. Desain Akuisisi

Penelitian ini sepenuhnya menggunakan data sekunder yang telah tersedia melalui basis data internasional dan nasional. Jenis data yang digunakan mencakup:

a. Data Gayaberat

Data gayaberat yang digunakan berasal dari *Global Gravity Model Plus* (GGMPlus), sebuah model gravitasi global yang menggabungkan data satelit, pengukuran *airborne*, dan model topografi beresolusi tinggi. Data ini memiliki resolusi spasial sekitar 1,11 kilometer, yang memungkinkan pemetaan anomali gravitasi pada skala regional dengan cukup detail. Seluruh koreksi temporal seperti tidal dan drift sudah diakomodasi dalam model tersebut, sehingga dalam pengolahan data observasi, hanya diperlukan koreksi spasial (Pratama, 2023).

b. Data Magnetik

Data magnetik diambil dari *World Digital Magnetic Anomaly Map* (WDMAM), khususnya nilai *Total Magnetic Intensity* (TMI) yang kemudian dikoreksi menggunakan model menggunakan koreksi IGRF. Data ini mampu menggambarkan distribusi kemagnetan batuan di bawah permukaan, namun tetap perlu transformasi tambahan agar pola anomali dapat (Lesur, 2016). Koreksi survei lapangan, seperti koreksi harian, koreksi topografi, Koreksi *altitude* tidak dipakai dalam WDMAM, dikarenakan data yang tersedia bukan data

mentah melainkan hasil kompilasi berbagai sumber sehingga WDMAM menerima dan menggabungkan data yang sudah terproses, bukan data mentah. Data magnetik diperoleh dari *World Digital Magnetic Anomaly Map* (WDMAM). Data ini menggambarkan distribusi anomali di bawah permukaan. Karena data WDMAM merupakan hasil kompilasi dari berbagai sumber yang telah terproses sebelumnya, koreksi lapangan seperti koreksi harian, topografi, dan *altitude* tidak diterapkan kembali dalam penelitian ini. Data magnetik memiliki resolusi spasial sekitar 5 kilometer, lebih rendah dibandingkan data gayaberat, tetapi cukup untuk analisis regional. Untuk menonjolkan batas struktur pada data gayaberat dan magnetik, digunakan dua *filter* utama yaitu *Total Horizontal Derivative* (TDR) dan *Tilt Angle* (TA).

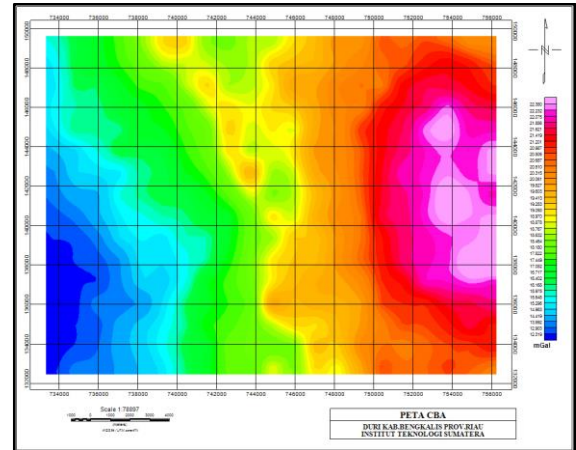
Filter TDR bekerja dengan menghitung kombinasi turunan horizontal data sehingga menghasilkan nilai gradien total yang mengindikasikan tingkat perubahan anomali secara lateral (Balogun, 2025). Nilai TDR tinggi biasanya menunjukkan adanya kontras densitas atau suseptibilitas batuan yang tajam, seperti sesar atau kontak litologi (Abdelrahman, 2024). Dengan demikian, kombinasi TDR dan TA dapat meningkatkan resolusi interpretasi dan memperjelas geometri bawah permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Interpretasi Data Anomali Gayaberat

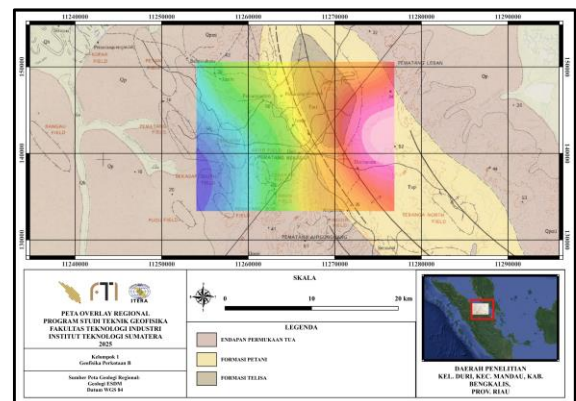
Hasil pada metode Gayaberat memberikan gambaran mengenai persebaran densitas batuan pada area penelitian. Hasil peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) menunjukkan persebaran percepatan gravitasi (mGal) secara lateral pada area penelitian.

Pada **Gambar 5** pada peta CBA terlihat nilai percepatan gravitasi yang tinggi pada bagian kanan area penelitian dan percepatan gravitasi rendah di sebelah kiri area penelitian. Untuk mengetahui penyebab nilai gravitasi yang tinggi dan rendah tersebut maka dilakukan *overlay* dengan peta geologi regional



Gambar 5. Peta CBA

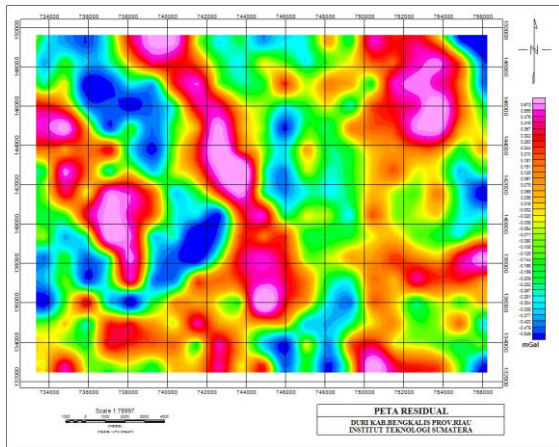
Setelah dilakukan *overlay* dengan peta geologi regional hasil menunjukkan anomali yang tinggi mengindikasikan adanya struktur antiklin pada area penelitian sedangkan di zona transisi dari percepatan gravitasi yang tinggi ke sedang mengindikasikan keberadaan struktur sesar.



Gambar 6. Peta *Overlay* Regional

Pemisahan anomali regional dan residual dilakukan untuk menghilangkan efek regional area penelitian agar struktur geologi yang belum terlihat pada peta geologi dapat terlihat dengan jelas. Pada **Gambar 6**, pola peta anomali regional yang menyerupai peta CBA menunjukkan bahwa pengaruh komponen regional masih dominan dalam data. Hasil *overlay* dengan peta geologi regional memperlihatkan bahwa zona anomali tinggi berada pada area yang secara geologi berasosiasi dengan struktur antiklin. Meskipun demikian, interpretasi ini tidak bersifat unik (non-unique), karena anomali gayaberat tinggi dapat dihasilkan oleh berbagai faktor, seperti variasi densitas litologi. Oleh karena itu, keberadaan struktur antiklin pada area tersebut perlu divalidasi

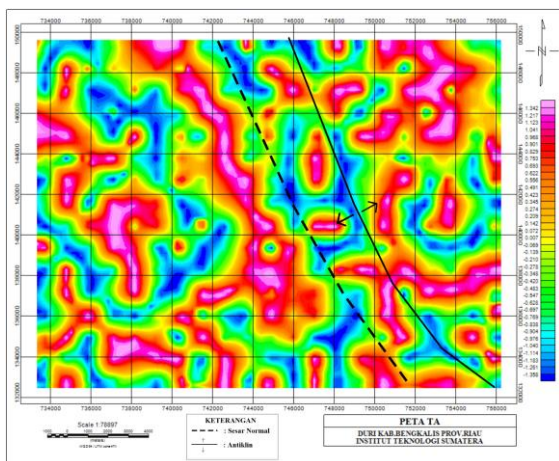
menggunakan data pendukung lain agar interpretasi menjadi lebih robust.



Gambar 7. Peta Residual

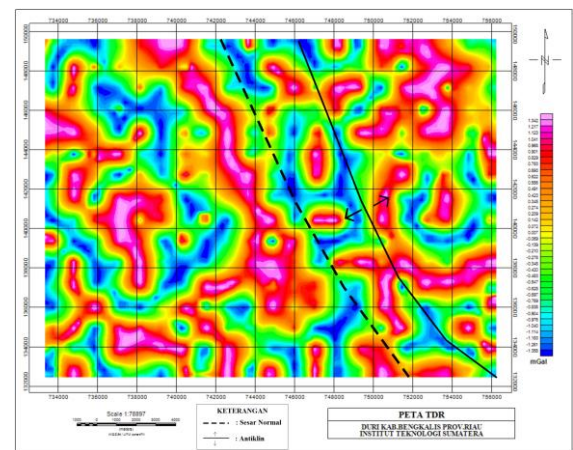
Pada hasil peta residual yang ditunjukkan pada Gambar 7 peta residual terlihat lebih jelas struktur sesar pada area penelitian. Dari pola warna pada peta residual tersebut, sesar terlihat sebagai zona gradien anomali yang memanjang yaitu batas antara warna kontras. Pola memanjang itu menunjukkan arah struktur, arah sesar cenderung berorientasi barat laut-tenggara (NW-SE) karena pola batas warna memanjang miring dari kiri-atas ke kanan-bawah. Struktur lain yang lebih kecil juga tampak dengan arah hampir sama atau sedikit lebih utara ke selatan, tetapi pola dominan tetap NW-SE.

Zona anomali tinggi menandakan anomali residual positif, yang biasanya muncul pada area yang memiliki batuan lebih padat, seperti puncak antiklin, atau keberadaan batuan tua yang lebih kompak yaitu bagian dari Formasi Petani atau batuan sedimen yang sudah lebih mengeras.



Gambar 8. Peta TA

Peta *Tilt Angle* Pada Gambar 8 gayaberat pada gambar diatas menunjukkan batas-batas struktur geologi secara lebih jelas dibanding anomali gravitasi biasa. Anomali yang tinggi menggambarkan nilai *tilt angle* tinggi yang biasanya muncul di dekat punggungan, antiklin, atau zona batuan padat, sedangkan anomali rendah menunjukkan nilai rendah yang berkaitan dengan cekungan atau sedimen yang lebih lunak.



Gambar 9. Peta TDR

Peta TDR pada Gambar 9 menampilkan hasil filter *Total Derivative (TDR)* data gayaberat yang digunakan untuk melihat keterkaitan antara anomali gravitasi dan kondisi geologi. Variasi warna pada citra TDR menunjukkan perubahan gradien anomali *Bouguer*, di mana warna cerah merepresentasikan kontras densitas yang tinggi yang umumnya berkaitan dengan batas litologi, zona perubahan densitas batuan, atau keberadaan struktur seperti sesar, sedangkan warna gelap menggambarkan area dengan gradien rendah yang lebih homogen. Pola-pola linier pada hasil TDR tampak mengikuti atau memotong garis struktur pada peta geologi, sehingga mengindikasikan adanya kontak batuan atau sesar yang mungkin tidak teridentifikasi dengan jelas di permukaan.

2. Interpretasi Data Anomali Magnetik

Hasil Pada metode magnetik memberikan gambaran mengenai persebaran sifat kemagnetan batuan pada area penelitian. Hasil peta *Total Magnetic Intensity (TMI)* menunjukkan distribusi variasi intensitas medan magnet (nT) secara lateral pada penelitian.



Gambar 10. Peta TMI

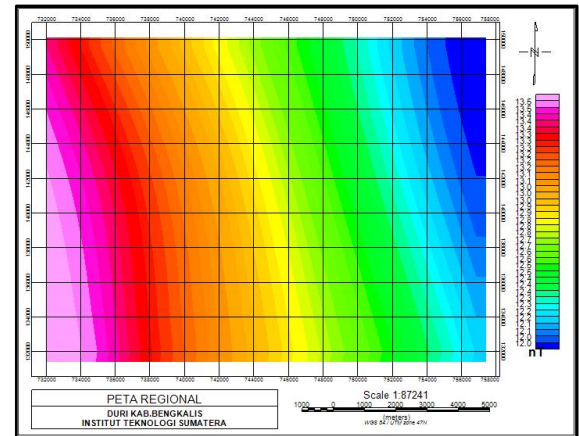
Pada Gambar 10 (peta Total Magnetic Intensity/TMI) terlihat adanya variasi nilai anomali magnetik yang ditunjukkan oleh perbedaan warna, dengan nilai magnetik relatif tinggi di bagian kiri dan nilai lebih rendah di bagian kanan. Variasi ini mencerminkan perubahan sifat kemagnetan batuan bawah permukaan yang umumnya dikontrol oleh kandungan mineral magnetik, seperti magnetit.

Berdasarkan hasil overlay dengan peta geologi, zona dengan nilai kemagnetan relatif tinggi tampak berasosiasi dengan area yang diinterpretasikan sebagai struktur antiklin serta Formasi Petani. Namun demikian, hubungan antara nilai kemagnetan tinggi dan keberadaan struktur antiklin tidak bersifat langsung, karena respon magnetik lebih dipengaruhi oleh komposisi mineral dan sifat fisik batuan dibandingkan dengan geometri struktur itu sendiri.

Secara litologi, Formasi Petani di Cekungan Sumatra Tengah umumnya tersusun oleh batupasir, batulempung, dengan kemungkinan adanya kandungan mineral ferromagnetik dalam jumlah kecil, seperti magnetit atau mineral besi lainnya yang terdispersi dalam matriks sedimen. Kandungan ini dapat menyebabkan peningkatan nilai suseptibilitas magnetik secara lokal. Dibandingkan dengan formasi lain yang lebih didominasi oleh batulempung atau sedimen halus dengan kandungan mineral magnetik yang lebih rendah, Formasi Petani berpotensi menunjukkan respon magnetik yang relatif lebih tinggi, terutama jika terdapat kontribusi material klastik yang berasal dari batuan sumber yang kaya mineral besi.

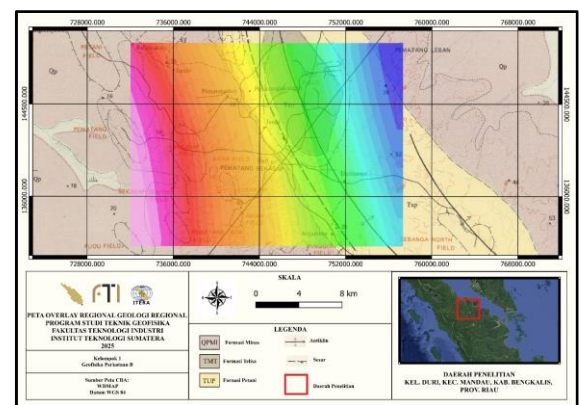
Oleh karena itu, peningkatan nilai kemagnetan pada area tersebut lebih mungkin

mencerminkan variasi litologi dan kandungan mineral magnetik dibandingkan semata-mata akibat keberadaan struktur antiklin.



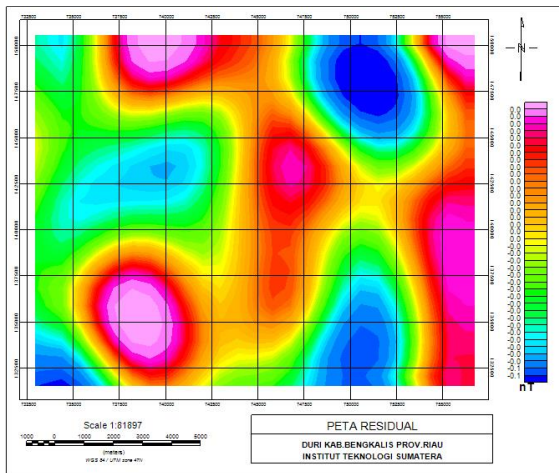
Gambar 11. Peta Regional

Pada Gambar 11. menunjukkan sebaran anomali regional dengan gradasi warna yang halus dan memanjang dari barat ke timur. Pada gambar peta regional terlihat bahwa masih sangat mirip dengan peta TMI yang mengindikasikan bahwa dalam peta TMI masih terdapat pengaruh yang sangat kuat dari efek regional.



Gambar 12. Peta Overlay Regional

Pada Gambar 12 terlihat bahwa hampir sama dengan peta TMI dengan anomali rendah berada didekat antiklin dikarenakan kemungkinan memiliki sedimen lebih tebal.



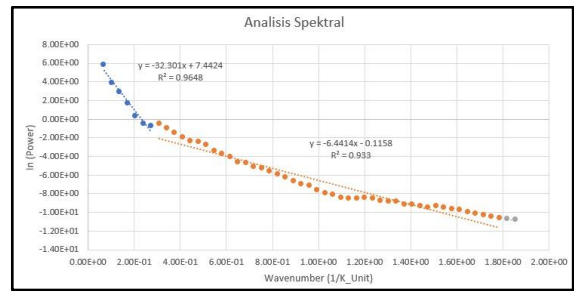
Gambar 13. Peta Residual

Peta residual magnetik **Gambar 13** menonjolkan variasi anomali magnetik lokal. Zona anomali rendah menunjukkan area dengan batuan kurang magnetik atau sedimen lebih tebal, sedangkan zona anomali tinggi menandakan batuan lebih magnetik atau struktur lokal seperti sesar atau intrusi kecil. Pola ini membantu melihat perubahan litologi dan struktur bawah permukaan dalam skala yang lebih detail.

Zona anomali tinggi banyak muncul di sekitar garis sesar, menandakan adanya kontras litologi atau zona rekahan yang kuat secara magnetik. Sementara itu, pola memanjang dari anomali menengah hingga rendah cenderung mengikuti arah antiklin, karena bagian puncak lipatan biasanya ditempati sedimen yang kurang magnetik.

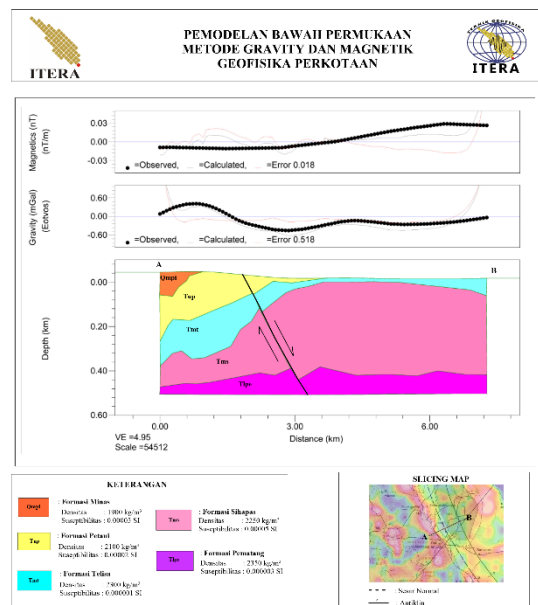
3. Pemodelan Bawah Permukaan

Pemodelan bawah permukaan dilakukan dengan *forward modelling* yaitu mengestimasi data dari model yang ada atau model yang dibuat (Butler, 2012). Pada pemodelan bawah permukaan ini menghasilkan nilai densitas dan suseptibilitas pada masing masing formasi, sebelum melakukan pemodelan bawah permukaan metode *gravity* dan magnetik dilakukan analisis spektral untuk mengetahui batas penetrasi kedalaman anomali residual.



Gambar 14. Analisis Spektral

Analisis spektral pada **Gambar 14** menunjukkan dua domain sumber anomali gravitasi dengan kedalaman berbeda. Dari hasil analisis spektral ini dapat memberikan estimasi mengenai kedalaman dua anomali yaitu anomali regional dan anomali residual. Pada hasil *slope* regresi linier anomali regional dengan *slope* -30.301 menghasilkan penetrasi kedalaman sekitar 2570 meter dan untuk anomali residual dengan *slope* -6.44414 menghasilkan kedalaman sekitar 512 meter.



Gambar 15. Pemodelan Bawah permukaan metode Gayaberat dan Magnetik

Slicing peta residual dilakukan untuk membuat model dan mengestimasi densitas batuan bawah permukaan. Hasil pemodelan pada **Gambar 15** didasarkan pada perbandingan kurva data kalkulasi dan data observasi dari metode *gravity* dan magnetik beserta mempertimbangkan kondisi geologi yang ada. Hasilnya menunjukkan bahwa Formasi Minas (Qmpi) memiliki densitas 1900 kg/m³ dan suseptibilitas 0.00003 SI, Formasi Petani (Tup) memiliki densitas 2100

kg/m³ dan suseptibilitas 0.00002 SI, Formasi Telisa (Tmt) memiliki densitas 2300 kg/m³ dan suseptibilitas 0.000001, Formasi Sihapas (Tms) memiliki densitas 2250 kg/m³ dan suseptibilitas 0.00005 SI dan untuk Formasi Pematang (Tlpe) memiliki densitas 2350 kg/m³ dan suseptibilitas 0.000003 SI.

Hasil interpretasi data gayaberat dan magnetik menunjukkan bahwa area penelitian memiliki kontrol struktur geologi yang kuat, terutama berupa antiklin dan sistem sesar berorientasi barat laut-tenggara (NW-SE). Struktur-struktur ini tidak hanya berperan dalam pembentukan jebakan hidrokarbon, tetapi juga secara tidak langsung memengaruhi pola perkembangan kawasan perkotaan. Pada wilayah Duri, perkembangan kawasan terbangun yang cenderung mengikuti arah tertentu dapat dikaitkan dengan kondisi geologi bawah permukaan yang relatif stabil dan mudah dikembangkan.

Zona anomali gayaberat tinggi yang berasosiasi dengan antiklin dan batuan berdensitas lebih tinggi umumnya menunjukkan kondisi bawah permukaan yang lebih kompak. Kondisi ini relatif lebih mendukung pembangunan infrastruktur perkotaan dibandingkan zona anomali rendah yang berkaitan dengan sedimen tebal dan kurang terkonsolidasi. Hal tersebut sejalan dengan kecenderungan pertumbuhan kawasan terbangun di Duri yang banyak berkembang di sekitar wilayah Petani, Pematang, dan Rangau, yang dalam pemodelan menunjukkan keberadaan formasi dengan densitas dan sifat fisik batuan yang lebih baik untuk menopang beban bangunan.

Sebaliknya, zona anomali rendah pada data residual gayaberat dan magnetik mengindikasikan keberadaan sedimen tebal dengan densitas dan suseptibilitas rendah. Pada perkembangan *urban*, area seperti ini berpotensi memiliki daya dukung tanah yang lebih rendah dan kerentanan terhadap permasalahan geoteknik, seperti penurunan tanah. Hal ini menjadi penting dalam perencanaan kota, mengingat ekspansi kawasan permukiman dan industri di Duri berlangsung cukup cepat seiring aktivitas eksploitasi minyak bumi.

Keberadaan sesar yang teridentifikasi jelas pada peta residual, *Tilt Angle*, dan TDR menunjukkan bahwa struktur geologi bawah permukaan masih aktif mengontrol karakter fisik wilayah. Dalam perkotaan, sesar tidak hanya menjadi elemen geologi, tetapi juga berpotensi memengaruhi pola jaringan jalan, arah ekspansi kota, serta distribusi kawasan terbangun. Pola linier anomali yang memanjang NW-SE menunjukkan kesesuaian dengan arah perkembangan struktur ruang Kota Duri yang dalam kajian tata ruang cenderung mengikuti koridor transportasi utama.

Zona sesar juga berpotensi menjadi jalur lemah batuan yang memengaruhi kestabilan lahan. Oleh karena itu, informasi struktur bawah permukaan dari metode gayaberat dan magnetik menjadi penting sebagai dasar mitigasi risiko dalam pengembangan kawasan perkotaan, terutama pada wilayah dengan aktivitas permukiman padat dan infrastruktur strategis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Integrasi metode gayaberat dan magnetik menunjukkan bahwa kawasan urban Duri dikontrol kuat oleh struktur antiklin dan sistem sesar berorientasi barat laut-tenggara (NW-SE). Pola anomali gayaberat dan magnetik mengindikasikan adanya kontras densitas dan kemagnetan batuan yang merefleksikan variasi kondisi bawah permukaan, terutama antara zona batuan kompak dan sedimen tebal yang kurang terkonsolidasi. Zona anomali tinggi umumnya berkaitan dengan puncak antiklin dan formasi berdensitas lebih tinggi, seperti Formasi Petani, Telisa, Sikaspas, dan Pematang, yang memiliki karakter fisik lebih stabil untuk pengembangan kawasan terbangun. Sebaliknya, zona anomali rendah menunjukkan dominasi sedimen tebal yang berpotensi memiliki daya dukung tanah lebih rendah.

Keberadaan sesar yang teridentifikasi jelas pada peta residual, *Tilt Angle*, dan TDR menegaskan bahwa struktur bawah permukaan masih menjadi faktor pengontrol perkembangan kota. Pemodelan bawah permukaan menunjukkan sumber anomali residual hingga kedalaman sekitar 500 m dan sumber regional hingga sekitar 2,6 km, dengan variasi densitas dan suseptibilitas antar formasi yang berpengaruh terhadap kestabilan lahan. Hasil ini menegaskan bahwa perkembangan kawasan urban Duri tidak hanya dikendalikan oleh faktor ekonomi dan spasial permukaan, tetapi juga oleh kondisi geologi bawah permukaan yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan wilayah.

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data geofisika dengan resolusi lebih tinggi atau dikombinasikan dengan metode lain, seperti seismik atau dikorelasikan dengan data geoteknik, untuk memperjelas karakter bawah permukaan skala lokal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada Ibu Rizka S.T., M.T atas arahan dan bimbingan yang diberikan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para rekan yang telah berkontribusi selama penelitian.

Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memperluas pemahaman mengenai integrasi metode gayaberat dan magnetik khususnya dalam interpretasi kawasan urban baru di Duri, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelrahman, K. P.-O. (2024). *Reliable tilt-depth estimates based on the stable computation of the tilt angle using robust vertical derivatives*. Scientific Reports, 14, 7392.
- Balogun, O. B. (2025). *Understanding the constraints to the correct application of tilt derivative operation to a vertical prism in gravity data processing*. Results in Earth Sciences 3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211714825000494>
- Barber, A. J., Crow, M. J., & Milsom, J. (2012). *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. Geological Society of London.
- Butler, S. L. (2012). *Forward modeling of applied geophysics methods using COMSOL and comparison with analytical and laboratory analog model*. Computers & Geosciences, 42, 168–176. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098300411002901>
- Cameron, N. R., Kartawa, W., & Thompson, S. J. (1982). Peta geologi Lembar Dumai dan Bagansiapi-api, Sumatra (*Geologic Map of the Dumai and Bagansiapiapi Quadrangles, Sumatra*). Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G).
- Haninditia, R. (2023). *Integrated gravity–magnetic–MT analysis for subsurface structural interpretation in the Central Sumatra Basin*. Journal of Geoscience Studies, 8(2), 115–129.
- Lesur, V. H. (2016). *Building the second version of the World Digital Magnetic Anomaly Map (WDMAM)*. Earth, Planets and Space, 68, 27.
- Pratama, I. P.-s. (2023). *Identification of fault zone in Bali using GGMPlus gravity and ALOS-2 PALSAR-2 data*. Jurnal Geografi, 15(1).
- Poedjoprajitno, S. (2012). Peta Geomorfologi Inderaan Jauh Indonesia. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Reynolds, J. M. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Sandri, D., & Rudiarto, I. (2016). Pola Perkembangan Penggunaan Lahan Dan Struktur Ruang Di Sekitar Wilayah Eskplorasi Minyak Bumi Di Kota Duri. *JURNAL PEMBANGUNAN WILAYAH & KOTA*, vol. 12, no. 4, Feb. 2017, p. 361. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.14710/pwk.v12i4.13503>.
- Saputra, E., Makrup, L., Nugraheni, F. (2020). Analisis Percepatan Tanah Permukaan Di Wilayah Riau Dengan Metode Psha. *Teknisia*, XXV, no. 1, May 2020, pp. 42–49. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol25.is1.art5>.
- Satyana, A. H., & Armandita, C. (2019). *Structural styles, tectonic evolution, and petroleum geology of the Central Sumatra Basin*. Indonesian Journal of Geoscience, 6(1), 35–60.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Verstappen, H. T. (1973). *Geomorphological reconnaissance of Sumatra and adjacent islands*. Groningen: Wolters-Noordhoff Publishing.