

POLA CEKUNGAN DAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DITINJAU DARI HASIL ANALISIS GAYA BERAT DAN MAGNET DI DAERAH BANJARNEGARA, JAWA TENGAH BAGIAN SELATAN

Simon Hutubessy

Pusat Survei Geologi,
Jl. Diponegoro No. 57, Bandung 40122

SARI

Batuan dengan rapat massa (*density of rocks*) $2,85 \text{ gr/cm}^3$ dan kerentanan (*susceptibility*) magnet $K=0.00023 \text{ e.m.u.}$, ditafsirkan sebagai batuan dasar (*basement*) pra Tersier, yang diduga berupa batuan granitan yang termalihkan. Batuan dasar ini mengalasi batu-batuan dengan rapat massa dan kerentanan magnet sebagai berikut; $2,74 \text{ gr/cm}^3$ dan $K=0.00036 \text{ e.m.u.}$, 2.66 gr/cm^3 dan 0.0 e.m.u. , 2.43 gr/cm^3 dan $K= 0.03230 \text{ e.m.u.}$, dan 2.42 gr/cm^3 dan $K= 0.01458 \text{ e.m.u.}$ yang ditafsirkan sebagai batuan sedimen Tersier dengan ketebalan berkisar antara 1.5 hingga 6 km, dan batuan sedimen Kuartar seperti batuan gunung api Jembangan (Qjo), anggota lempung Formasi Ligung (Qtlc), anggota breksi Formasi Ligung (QTlb), endapan undak (Qt), dan aluvium (Qa). Batuan dasar dan batu-batuan sedimen ini diintrusi oleh batuan dengan rapat massa dan kerentanan magnet $2,84 \text{ gr/cm}^3$ dan $0,00033 \text{ e.m.u.}$ yang ditafsirkan sebagai batuan beku diorit, sebagaimana terlihat pada irisan C-D. yang banyak tersingkap di daerah penelitian.

Kedalaman batuan dasar yang berkisar antara 1 km hingga 4 km dan berada di bagian barat kota Banjarnegara ditafsirkan sebagai rendahan /cekungan Lembah Serayu (*Serayu Valley basin*). Sementara kedalaman batuan dasar yang melebihi 4 km hingga 6 km berada di bagian timur laut kota Banjarnegara. Diduga bagian timur laut inilah yang merupakan blok batuan dasar yang turun dan dibatasi oleh sesar mendatar (*Strike slip fault*) Purangkere Gunung Maung dengan jurus berarah tenggara - barat laut.

Pola rendahan (*basin*) di daerah penelitian pada umumnya berarah barat daya - timur laut, tenggara - barat laut dan barat - timur akibat aktivitas sesar normal yang terjadi di daerah penelitian.

Struktur sesar mendatar yang terjadi di daerah ini, umumnya berarah hampir utara - selatan, tenggara - barat laut dan timur-barat. Aktivitas sesar naik (*thrust faults*) di daerah ini berada di bagian barat laut Banjarnegara, dan mempunyai jurus tenggara - barat laut dengan arah gerak ke selatan. Sesar naik (*thrust faults*) juga terdapat di bagian selatan Banjarnegara dengan arah jurus sesar umumnya barat - timur dan mempunyai arah gerak ke utara.

Kata kunci : batuan dasar, lembah Serayu, pola cekungan, struktur bawah permukaan, Banjarnegara

ABSTRACT

Density of rocks of 2.85 gr/cm^3 and magnet susceptibility of $K=0.00023 \text{ e.m.u.}$ are interpreted as pre-tertiary basement, assumed to be transformed granite rocks. This basement underlies densities of rocks and magnet susceptibilities as follows: 2.74 gr/cm^3 and $K=0.000036 \text{ e.m.u.}$, 2.66 gr/cm^3 and 0.0 e.m.u. , 2.43 gr/cm^3 and $K=0.03230 \text{ e.m.u.}$, and 2.42 gr/cm^3 and $K=0.01458 \text{ e.m.u.}$, interpreted as Tertiary sediment rocks around 1.5 to 6 km in thick, and Quarter sediment rocks such as: Jembangan volcanic rocks (Qjo), members of Ligung Formation Clay (Qtlc), members of Ligung Formation braccia (QTlb), terrace deposit (Qt), and alluvium (Qa). These basement and sediment rocks are intruded by density of rocks and magnet susceptibility; 2.84 gr/cm^3 and $K=0.00033 \text{ e.m.u.}$, interpreted as igneous diorite rocks, as seen at C-D section and many are revealed in the researched area.

Basins in the researched area are generally in direction of southwest-northeast, southeast-northwest, and also west-east due to a normal fault occurring in the researched area.

The structure of strike slip fault occurring in this area is generally in the directions of nearly north-south, southeast-northwest, and east-west. Thrust faults in this area exist to the northwest of Banjarnegara, of southeast-northwest direction, with movement direction to the south. Thrust faults also exist to the south of the fault direction generally west-east, and have movement direction to the north.

Keywords: basement, Serayu valley, basin pattern, underground structure, Banjarnegara

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pulau Jawa merupakan bagian dari sistem Busur Sunda yang terbentuk sebagai hasil interaksi aktif Lempeng Hindia Australia dengan Lempeng Eurasia sejak Zaman Kapur. Elemen tektonik utama akibat interaksi ini adalah terbentuknya jalur subduksi, jalur magmatik-vulkanik, jalur kerak akresi, cekungan belakang, dan busur depan vulkanik (Situmorang dr., 1976).

Menurut beberapa peneliti terdahulu, kondisi tektonik Jawa bagian tengah sejak Paleogen memegang peranan penting dalam geologi Indonesia Barat karena menempati daerah *frontal* pada peralihan kerak penyusun batuan dasar maupun pola strukturnya. Akibatnya, di Jawa Tengah telah terjadi;

1. Peralihan sifat batuan dasar dari kerak benua granitik di Jawa Barat ke akresi metasedimen di Jawa Timur.
2. Pertemuan dua arah struktur besar Indonesia Barat antara arah Sumatera dan arah Meratus
3. Penyingkapan batuan tertua di Pulau Jawa berumur Kapur Akhir berupa kompleks batuan banchuh (*mélange*).
4. Hilangnya jalur Pegunungan Selatan yang semula menerus di bagian selatan Jawa Barat dan Jawa Timur
5. Lekukan garis pantai yang mungkin berhubungan dengan gejala struktur akibat segmentasi sesar mendatar (Satyana dr., 2002)

Pola struktur yang berkembang di Jawa Tengah kebanyakan berarah timur laut - barat daya dan dibatasi oleh dua buah sesar utama, yaitu Sesar Mendatar Sinistral Muria Kebumen di bagian timur sebagai sesar utama (Situmorang dr., 1976) dan menjadi batas paling barat Lajur Kendeng dan Rembang, serta Sesar Pemanukan Cilacap di bagian barat yang berupa sesar mendatar dekstral antitetik (Satyana dr., 2002).

Dari kondisi ini, maka dipandang perlu diteliti secara lebih komprehensif dengan metode gaya berat dan magnet, sehingga datanya (struktur bawah permukaan dan pola cekungan) diharapkan tidak saja bermanfaat bagi pengembangan pengetahuan geologi, namun juga tidak tertutup kemungkinan

dapat dikembangkan bagi penelitian lanjutan yang bersifat terapan.

Maksud dan Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengetahui perkembangan cekungan di Jawa bagian tengah sejak pembentukannya, meliputi kedalaman batuan dasar, pola struktur bawah permukaan, dan cekungan sedimen di daerah Banjarnegara dan sekitarnya.

METODOLOGI

Metode Gaya Berat

Metode gaya berat mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi tentang massa batuan di bawah permukaan bumi yang mempunyai perbedaan rapat massa secara lateral dengan massa batuan di sekitarnya. Perbedaan massa batuan ini ditunjukkan pada anomali gaya berat terukur, apakah itu berupa tinggian atau rendahan. Sementara itu, garis yang ditarik sepanjang jalur landaian nilai gaya berat maksimum, dapat menunjukkan adanya garis batas antara kelompok-kelompok batuan yang berbeda rapat massanya. Oleh karena itu, data gaya berat dapat menunjukkan adanya sesar, punggungan ataupun rendahan/cekungan. Secara kualitatif, anomali gaya berat dengan panjang gelombang yang pendek adalah pengaruh struktur dangkal, sedangkan anomali gaya berat dengan panjang gelombang yang panjang umumnya pengaruh struktur dalam.

Metode Magnet

Metode magnet, prinsipnya adalah mengukur variasi intensitas medan magnet di permukaan bumi. Variasi intensitas magnet disebabkan oleh perbedaan distribusi batuan termagnetisasi di bawah permukaan bumi atau batuan di bumi ini tidak homogen. Penggunaan metode magnet dalam penelitian ini selain untuk mendeteksi struktur bawah permukaan, keunggulannya untuk menganalisis kontak antara litologi batuan secara lateral. Untuk analisis kedua metode geofisika ini, akan dianalisis parameter rapat massa dan kemagnetan batuan di laboratorium fisika batuan, dari percontoh yang diambil secara sistematis dan mewakili formasi batuan yang terdapat di daerah penelitian.

Pengukuran dan Penghitungan Data Gaya Berat dan Magnet

Pengukuran gaya berat dilakukan dengan mempergunakan La Coste & Romberg Model G.813 *land gravimeter*, dan ketinggian titik pengamatan yang diukur terhadap permukaan laut dilakukan dengan mempergunakan GPS diferensial dan dua set barometer Aneroid.

Satu set GPS dan satu set barometer dipergunakan sebagai *base stasion* (menetap), acuan ketinggian yang diukur dalam m. Kemudian satu set GPS dan satu set barometer lainnya dibawa bersama gravimeter untuk melakukan pengukuran ketinggian pada tiap titik pengamatan gaya berat dan magnet di lapangan. Sebelum pengukuran di lapangan, dilakukan kalibrasi gravimeter dan pengukuran pada titik pangkal gaya berat DGO yang terletak di Pusat Survei Geologi Bandung, yang merupakan titik pangkal Orde-1 dengan nilai absolut 977963.80 mgal (Adkins dr., 1978). Sementara alat *Proton Magnetometer Geometrik G.826 & digital G.856* di set sesuai nilai kemagnetan bumi total di daerah penelitian sebesar 4475 nT, yang berada dalam kisaran antara 4400-4500 nT.

Selanjutnya, setibanya di daerah penelitian, dibuat titik pangkal orde-2 gaya berat berlokasi di Hotel Agung, Jl. Mayjen. Suprpto, Banjarnegara, yang diturunkan dari titik ikat gaya berat yang terdapat di Kantor Vulkanologi Yogyakarta, ini merupakan bagian dari jaringan titik ikat gaya berat nasional, dan telah terikat terhadap nilai gaya berat absolut Dg0 yang berada di Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro 57, Bandung.

Pengukuran gaya berat dan magnet di lapangan, dilakukan menurut kaidah lintasan tertutup, artinya sebelum dan setelah pengukuran pada lintasan yang direncanakan, pengukuran dilakukan pada titik pangkal orde-2 gaya berat dan *base stasion* magnet (pencatatan variasi harian kemagnetan bumi) yang berlokasi di Hotel Agung. Hal ini dilakukan untuk menghitung koreksi apungan (gaya berat) dan kesalahan - tutupan (*misclosure*) pada tiap titik pengukuran, baik titik pengukuran gaya berat maupun magnet.

Untuk mendapatkan nilai anomali gaya berat (anomali Bouguer), nilai relatif tiap titik pengamatan gaya berat harus dikoreksi terhadap apungan (*drift*),

posisi lintang, koreksi gabungan, dan koreksi medan. Sementara untuk mendapatkan nilai anomali magnet dilakukan koreksi variasi harian, berdasarkan data di *base stasion* magnet. Koreksi-koreksi ini dilakukan agar ketelitian nilai anomali gaya berat (anomali Bouguer) pengukuran dapat mencapai 0,5 mgal. Sementara untuk anomali magnet diharapkan 2-2,5 nT dan ketelitian ketinggian tiap titik pengamatan berkisar antara 0,5-2 m. Jika diplot pada peta kerja, distribusi titik pengukuran gaya berat dan magnet adalah sebagaimana Gambar 1.

Analisis kedalaman batuan dasar di daerah penelitian menggunakan formulasi (1), sebagai berikut:

$$Z(k) = z(k) - (gobs(k) - gcal(k)) / (2\pi G de), (k=2, \dots (n=1)) \dots(1)$$

Keterangan : gcal(k) = residual anomali,

G = konstanta gravitasi,

z = asumsi kedalaman maksimum

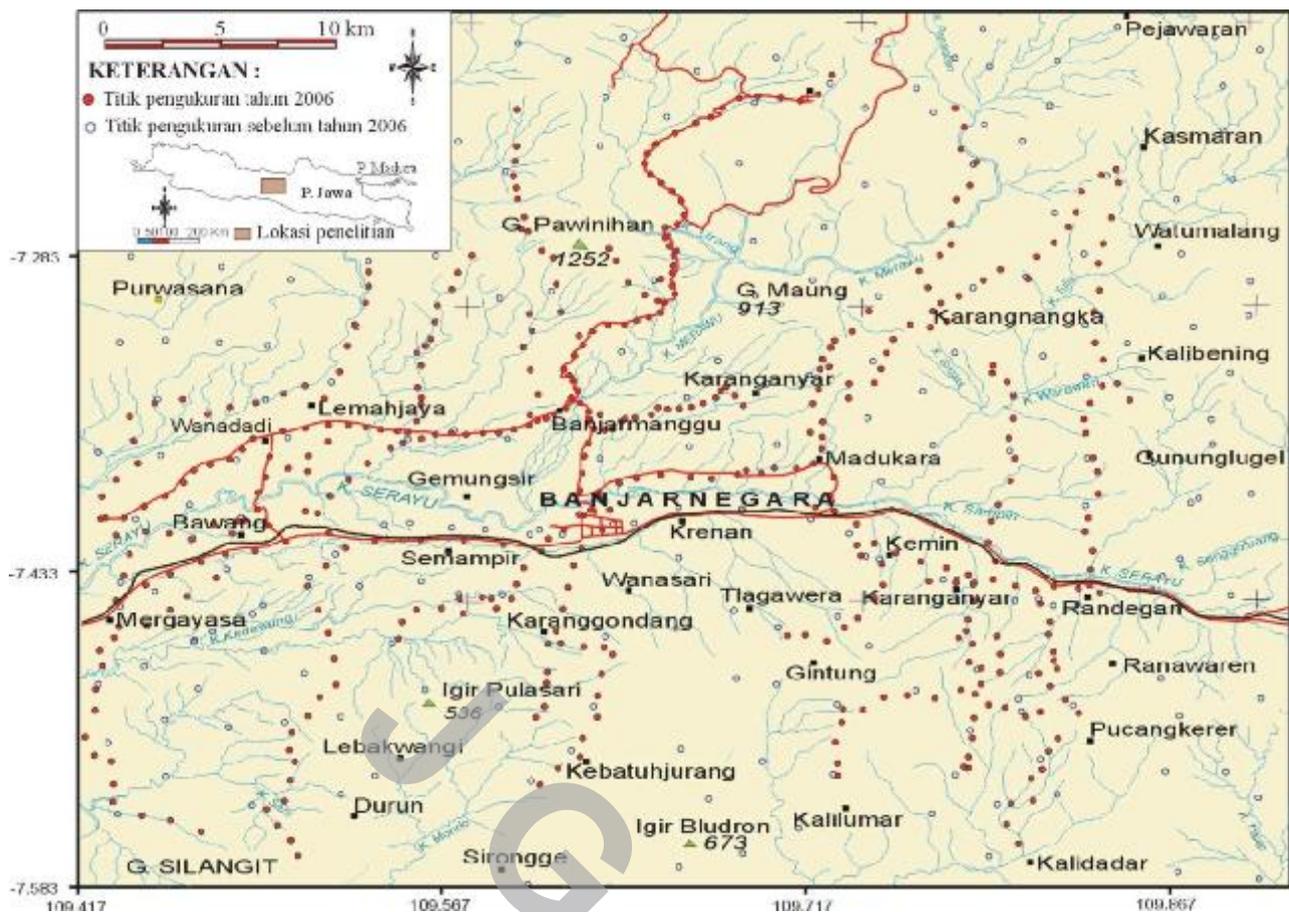
de = selisi nilai rapat massa batuan (*density contrast*)

dengan mensubstitusikan rapat massa rata-rata batuan dasar di daerah penelitian (P. Jawa) sebesar 2,65 gr/cm³, dan rapat massa rata-rata batuan sedimen sebesar 2,45 gr/cm³ (hasil analisis laboratorium percontoh batuan yang diambil secara sistematis mewakili formasi batuan di lokasi penelitian), memberikan gambaran kontur kedalaman batuan dasar, pola struktur, dan cekungan batuan sedimen di daerah penelitian (Gambar 5).

Analisis model 2,5 dimensi baik metode gaya berat maupun magnet, menggunakan formulasi Talwani (1959), yang dikemas dalam program (*Software*) GravMag (GM), dan hasil analisisnya sebagaimana terlihat Gambar 6 dan Gambar 7.

Untuk menginterpretasi model gaya berat dan hasil analisis 2,5 dimensi, digunakan metode korelasi terhadap peta geologi, yaitu sebaran batuan sepanjang garis irisan data gaya berat dan magnet, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Nilai anomali Bouguer mencerminkan kombinasi efek bawah perpermukaan lokal dan regional. Untuk mendapatkan hanya pengaruh *subsurface* lokal (anomali sisa), efek regional terhitung kemudian digunakan untuk mengurangi anomali Bouguer, sehingga diperoleh efek anomali lokal (anomali sisa).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan distribusi titik ukur gaya berat dan magnet di daerah Banjarnegara dan sekitarnya.

STRUKTUR DAN TEKTONIK DAERAH PENELITIAN

Struktur

Struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian berupa lipatan, sesar, kelurusan, dan kekar, yang menyebabkan terdapatnya batuan berumur Kapur sampai Holosen. Lipatan yang terdapat di daerah ini berarah barat laut - tenggara. Sesar yang terdapat umumnya berarah jurus barat barat laut - timur tenggara sampai utara barat laut - selatan tenggara, dengan beberapa berarah timur laut - barat daya. Jenis sesar berupa sesar turun, sesar naik, dan sesar geser manganan, yang menempati daerah utara dan selatan lokasi penelitian (Condon dr., 1996) (Gambar 2). Kelurusan mempunyai pola penyebaran seperti pola sesar, dan umumnya berarah jurus barat - timur tenggara serta barat laut - tenggara, dengan beberapa timur laut - barat daya. Kekar umumnya ditemukan pada batuan yang berumur Tersier dan Pratersier. Di daerah penelitian kekar berkembang baik pada batuan berumur Kapur, yang di beberapa tempat tampak saling memotong.

Tektonik

Interaksi aktif Lempeng Hindia Australia dengan Lempeng Eurasia sejak Zaman Kapur, menyebabkan adanya elemen tektonik utama akibat interaksi ini, dengan terbentuknya jalur subduksi di selatan pulau Jawa, jalur magmatik-vulkanik, jalur kerak akresi, zona lipatan, sistem sesar, sistem retakan (*rift*), pelapisan sedimen, cekungan belakang, dan busur depan vulkanik (Condon dr., 1996) (Gambar 2).

Uraian selanjutnya menggambarkan perkembangan tektonik bawah permukaan dari Condon dr., (1996). Pada Kapur Awal - Tengah, telah terbentuk kelompok batuan ofiolit, yang terdiri atas basal, gabro dan ultramafik, serta sedimen palagos berupa batugamping merah dan rijang radiolaria di lantai kerak samudra. Pada tektonik Kapur Akhir batuan kerak samudra tersebut tercampurkan dengan sedimen *flysch* dari sebelah utara, karena adanya tumbukan. Kegiatan ini menghasilkan batuan Kompleks Luk Ulo dan terserpentinkannya batuan ultrabasa. Pada Tersier, yakni Eosen - Oligosen,

terendapkan Batugamping Trumbo. Pada Oligosen Akhir menjelang Miosen Awal terjadi lagi kegiatan tektonika yang menghasilkan endapan olistostrom. Miosen Awal menghasilkan endapan turbidit Formasi Waturanda. Menjelang Miosen Tengah terjadi genang laut dan terendapkannya Formasi Penosogan di daerah selatan lokasi penelitian, bersamaan dengan terendapkannya Formasi Rambatan di utara daerah penelitian. Penerobosan batuan bersusunan diorit terjadi pada akhir Miosen Tengah. Kegiatan tektonik yang disertai dengan kegiatan gunung api terjadi pada Miosen Akhir sampai Pliosen Awal, dan menghasilkan Formasi Peniron, Tapak, Halang, Kumbang, dan Formasi Kalibiuk. Tektonik yang terjadi pada Pliosen Akhir-Pliosen Awal menyebabkan terjadinya pengangkatan, perlipatan, dan pensesaran. Pada masa ini terbentuknya Formasi Damar dan Ligung dalam suasana peralihan - darat. Pada kala Plistosen Akhir terjadi lagi kegiatan gunung api yang menghasilkan satuan batuan gunung api Jembangan yang kemudian disusul oleh terendapkannya satuan yang lebih muda (Gambar 2).

ANALISIS

Penelitian ini mempergunakan metode geofisika (gaya berat & magnet). yang diukur pada titik koordinat yang sama. Jarak antara titik ukur 500 - 1000 m, dan jumlah titik ukur di daerah penelitian sebanyak 260, dengan distribusi titik ukur sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

Data Gaya Berat dan Magnet

Analisis data hasil pengukuran tahun 2006 yang dikompilasikan dengan data pengukuran tahun sebelumnya sebagaimana terlihat pada distribusi titik pada Gambar 1, kemudian dihitung anomali sisa, digrid dan dibuatkan konturnya sebagaimana terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Analisis Kualitatif

– Anomali Sisa Gaya Berat

Analisis kualitatif peta kontur anomali sisa gaya berat (Gambar 3) menunjukkan nilai anomali tinggi dengan besaran antara 10 mgal hingga ≥ 30 mgal terdapat di bagian selatan kota Banjarnegara, dengan pola tinggian anomali umumnya barat - timur, dengan sedikit melengkung dengan pola cembung ke arah utara. Tinggian anomali ini diduga membentuk tinggian Serayu Selatan.

Nilai anomali ini juga terdapat di bagian barat laut kota Banjarnegara, dengan pola tinggian anomali umumnya barat laut - tenggara, dan diduga membentuk tinggian Serayu Utara. Sementara nilai anomali tinggi dengan pola kontur membulat di beberapa tempat dengan kecenderungan membentuk garis dengan arah barat daya - timur laut, diduga menunjukkan adanya batuan intrusi, antara lain intrusi diorit yang muncul ke permukaan ataupun yang tidak muncul di permukaan.

Nilai anomali gaya berat dengan kisaran antara ≤ 10 mgal hingga ≤ -10 mgal mencerminkan pola cekungan yang terdapat di daerah penelitian. Nilai anomali gaya berat dengan besaran ini terdapat di bagian barat kota Banjarnegara dengan pola rendahan berarah barat daya - timur laut, yang diduga merupakan cerminan dari pola rendahan Lembah Serayu. Sementara di bagian utara timur kota Banjarnegara, nilai anomali ini mendominasi sepertiga lembar peta dengan kecenderungan pola rendahan umumnya berarah barat daya - timur laut, dan diduga ditempati oleh batuan-batuan sedimen yang cukup tebal.

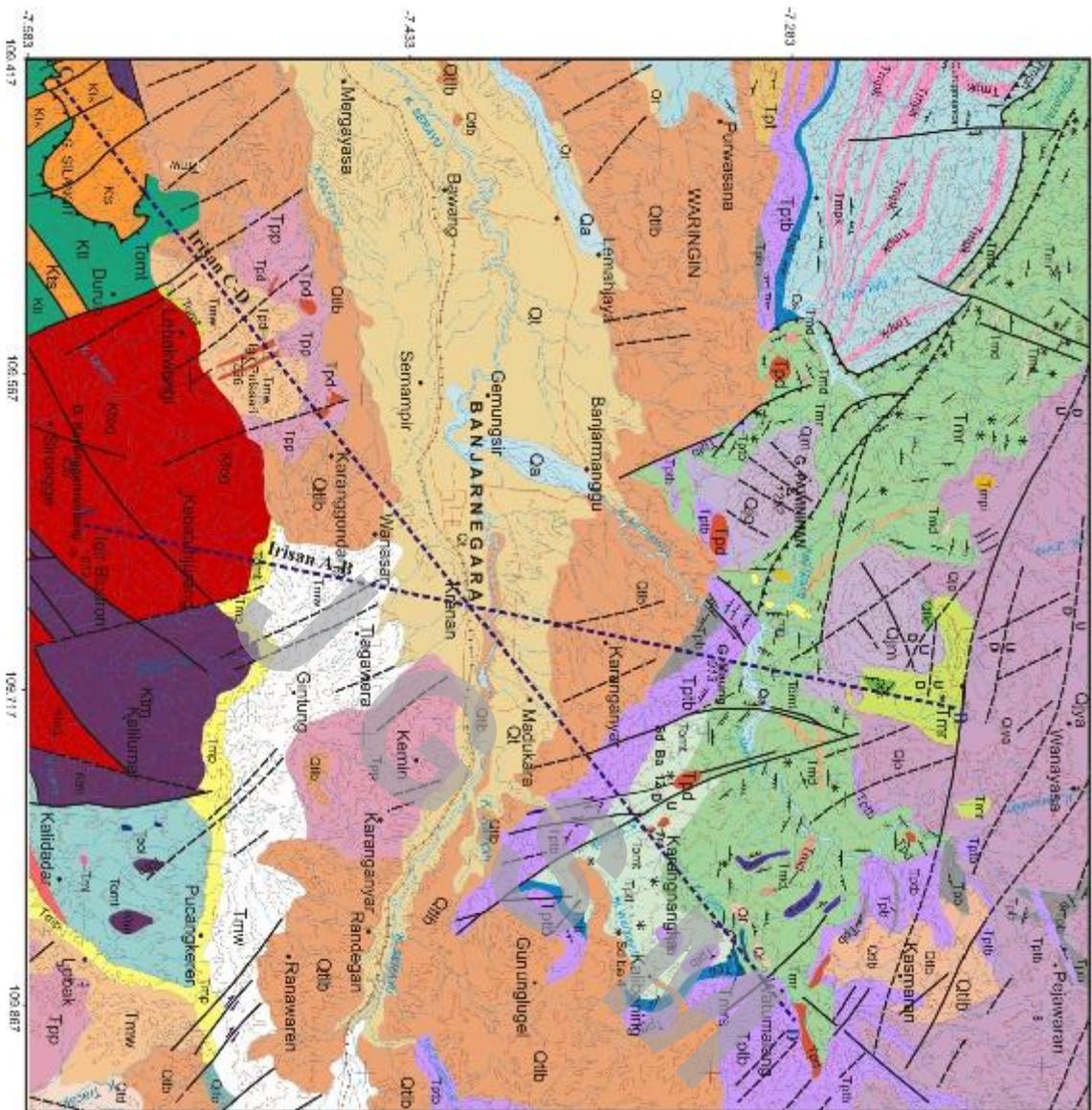
- Anomali Sisa Magnet

Analisis kualitatif peta anomali sisa magnet Gambar 4, mengindikasikan bahwa intrusi batuan beku yang bersifat basalt hingga sedang yang banyak mengandung mineral magnetit, akan mempengaruhi pola-pola kontur anomali magnet.

Nilai anomali magnet tinggi dengan kisaran antara 200 nT hingga ≥ 500 nT, pada umumnya berpola membulat lonjong dan secara signifikan terdapat di bagian barat, utara, timur laut, dan tenggara kota Banjarnegara, diduga merupakan intrusi batuan beku bersifat basalt hingga sedang, antara lain intrusi diorit yang banyak tersingkap di daerah penelitian.

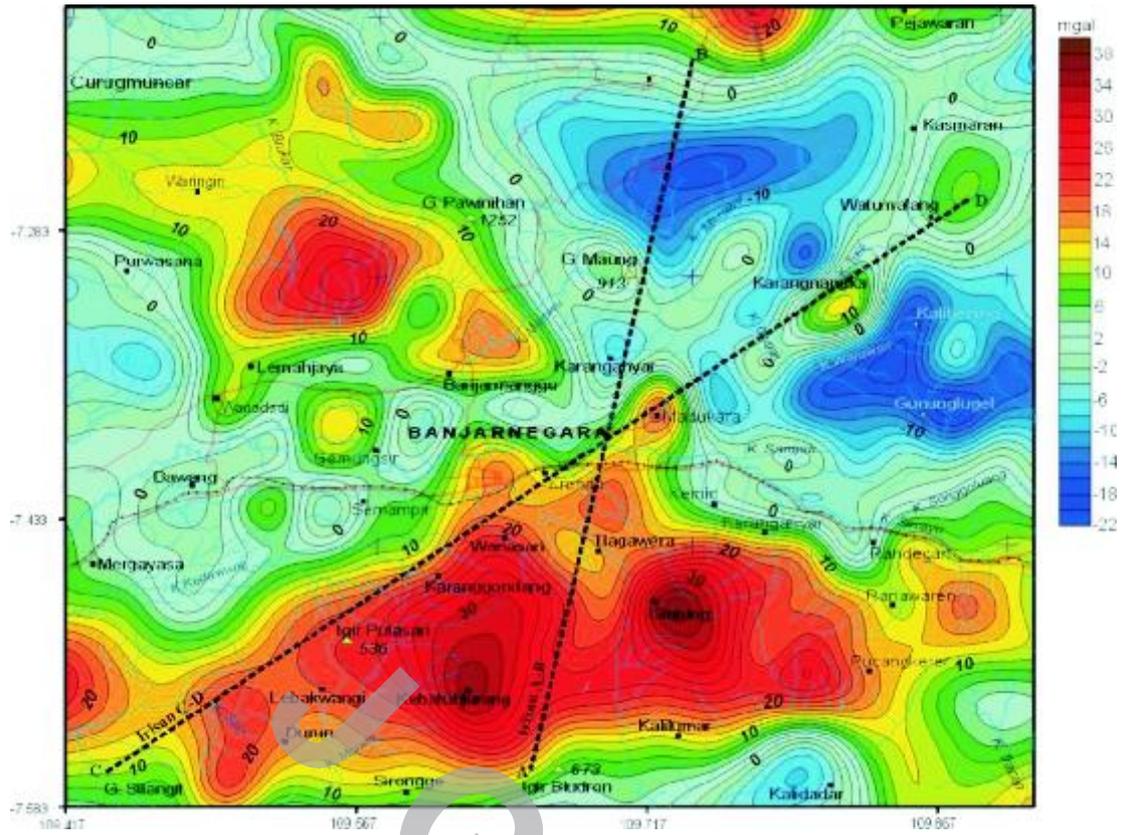
Sementara nilai anomali antara 100 nT hingga 200 nT, terdapat menyebar di daerah penelitian dan ditafsirkan sebagai tubuh intrusi batuan beku yang tidak mencapai permukaan.

Nilai anomali magnet dengan besaran antara ≤ 100 nT hingga ≤ -300 nT yang tersebar luas di daerah penelitian menunjukkan sebaran batuan sedimen, dan batuan beku yang bersifat asam, sebagaimana pola kontur anomali magnet rendah membulat. Diduga merupakan intrusi batuan beku yang bersifat asam. Di bagian barat daya kota Banjarnegara besaran nilai anomali ini berpola barat daya timur

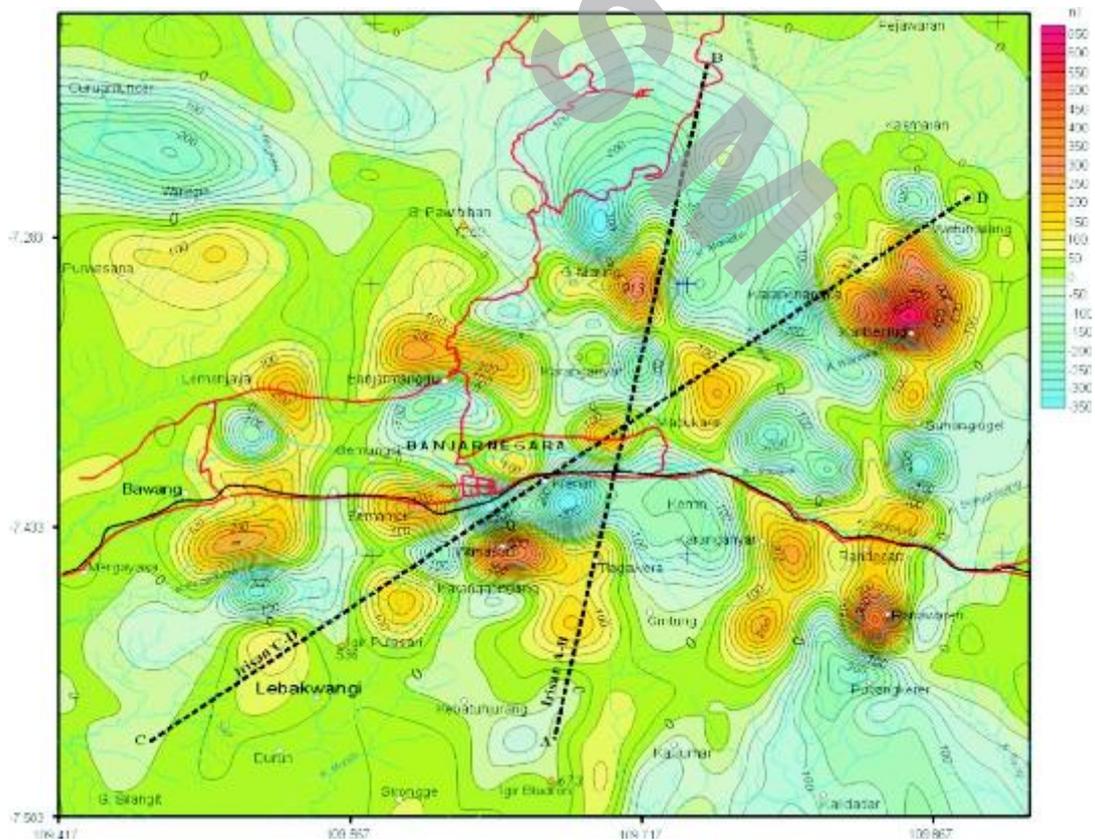


Gambar 2. Peta geologi daerah Banjarnegara dan sekitarnya (Gondon dr., 1996).





Gambar 3. Peta anomali sisa gaya berat di daerah Banjarnegara dan sekitarnya.



Gambar 4. Peta anomali sisa magnet di daerah Banjarnegara dan sekitarnya.

laut, yang ditafsirkan sebagai pola rendahan lembah Serayu.

Analisis lanjutan anomali sisa gaya berat (Gambar 3), dengan mempergunakan formulasi (1), sebagaimana telah dijelaskan pada metode penelitian, adalah sbb.:

$$Z(k) = z(k) - (gobs(k) - gcal(k)) / (2\pi G de), (k=2, \dots, (n=1))$$

Keterangan : $gcal(k)$ = residual anomali,

G = konstanta gravitasi,

$z(k)$ = asumsi kedalaman maksimum

de = selisih nilai rapat massa batuan (*density contrast*)

Jika disubsitusikan, rapat massa rata-rata batuan dasar di daerah penelitian sebesar $2,65 \text{ gr/cm}^3$, dan rapat massa rata-rata batuan sedimen sebesar $2,45 \text{ gr/cm}^3$ memberikan gambaran kontur kedalaman batuan dasar, pola struktur, dan cekungan batuan sedimen bawah permukaan di daerah penelitian (Gambar 5).

Analisis Kuantitatif

– Anomali gaya berat dan magnet

Analisis kuantitatif 2,5 dimensi dari data gaya berat maupun magnet sebagaimana dijelaskan di atas, dilakukan hanya untuk nilai anomali sisa gaya berat maupun magnet, dengan maksud struktur maupun lapisan batuan dangkal antara 0 hingga 4 km yang akan dikaji. Analisis ini dilakukan untuk irisan A-B dan irisan C-D (Gambar 3 & 4). Gaya berat dianalisis dengan rapat massa perhitungan kerak bumi rata-rata di lokasi penelitian yang terletak di Pulau Jawa sebesar $2,65 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan magnet dianalisis dengan memperhatikan deklinasi dan inklinasi kemagnetan bumi terhadap lokasi penelitian dan menggunakan kerentanan magnet rata-rata untuk kerak bumi di Pulau Jawa sebesar $0,001 \text{ e.m.u.}$

Analisis 2,5 dimensi anomali sisa gaya berat dan magnet pada pengukuran irisan A-B (Gambar 6) menunjukkan respons anomali gaya berat berkisar antara -20 mgal hingga $+30 \text{ mgal}$. Kurva anomali gaya berat terendah dengan nilai -15 mgal terdapat di bagian utara irisan, dengan jarak datar $\pm 35 \text{ km}$ dari titik 0 km di bagian selatan, kemudian meninggi ke utara dengan nilai maksimum anomali sebesar $+25 \text{ mgal}$ yang berada pada sebelah utara dari irisan A-B. Di bagian selatan irisan A-B antara KM ke 5 hingga KM 20 menunjukkan nilai anomali tinggi antara $+20 \text{ mgal}$ hingga $+25 \text{ mgal}$. Respons anomali

magnet pada pengukuran irisan A-B ini, berkisar antara -120 nT hingga $+500 \text{ nT}$. Nilai anomali magnet maksimum sebesar $+500 \text{ nT}$ berada pada utara irisan ini, kemudian melandai turun ke arah utara dengan nilai anomali terendah sebesar -50 nT . Sementara nilai anomali magnet di antara KM 25 ke arah selatan hingga KM 0, menunjukkan undulasi nilai anomali magnet antara -200 nT hingga $+100 \text{ nT}$.

Respons pendekatan kurva nilai anomali sisa gaya berat maupun magnet dari hasil pengukuran dengan hasil perhitungan yang dijelaskan di atas, merupakan dampak dari pemodelan 2,5 dimensi, yang didekati berdasarkan perbedaan secara lateral nilai rapat massa batuan maupun kerentanan magnet hasil analisis laboratorium percontoh batuan yang diambil secara sistematis di lokasi penelitian, (Gambar 6 A). (Model Gaya berat & Magnet). Gambar 6 B. (Model Geologi) merupakan hasil interpretasi Gambar 6 A, dan akan diterangkan pada bagian pembahasan.

Analisis 2,5 dimensi anomali sisa gaya berat dan magnet pada pengukuran irisan C-D berarah barat daya - timur laut (Gambar 7). Analisis ini menunjukkan respons anomali gaya berat berkisar antara -8 mgal hingga mendekati $+20 \text{ mgal}$. Kurva anomali gaya berat di bagian ujung barat daya irisan mempunyai nilai anomali sebesar $+6 \text{ mgal}$, kemudian meninggi ke utara dengan nilai maksimum anomali sebesar $+20 \text{ mgal}$ yang berada pada jarak datar $\pm 40 \text{ km}$ dari titik 0 km di bagian barat daya.

Kemudian menurun secara tajam hanya pada jarak datar $\pm 5 \text{ km}$ menjadi -8 mgal , selanjutnya ke arah timur laut nilai anomali ini kembali naik bergelombang dengan nilai maksimum sebesar $+8 \text{ mgal}$.

Sementara respons anomali magnet pada pengukuran irisan C-D, berkisar antara -300 nT hingga $+400 \text{ nT}$. Nilai anomali magnet maksimum sebesar $+400 \text{ nT}$ berada pada bagian tengah irisan ini, kemudian berundak turun ke arah timur laut, maupun ke arah barat daya, dengan nilai anomali terendah sebesar -250 nT yang berada pada KM ± 30 di bagian tengah irisan. Respons pendekatan kurva nilai anomali sisa gaya berat maupun magnet dari hasil pengukuran dengan hasil perhitungan pada irisan C-D yang dijelaskan di atas, merupakan hasil dari pemodelan 2,5 dimensi yang didekati berdasarkan perbedaan secara lateral nilai rapat massa batuan maupun kerentanan magnet hasil analisis laboratorium dari percontoh batuan yang diambil secara sistematis di lokasi penelitian,

(Gambar 7A) (Model Gaya berat & Magnet). Model geologi merupakan hasil interpretasi model pada Gambar 7A, dan akan diuraikan pada bagian pembahasan.

PEMBAHASAN

Irisan A-B (Gambar 6)

Analisis penampang 2,5 dimensi data anomali sisa gaya berat dan magnet irisan A-B menunjukkan respons anomali gaya berat dengan nilai berkisar antara -20 mgal hingga +30 mgal. Bagian selatan irisan A-B mulai dari 0 km hingga KM ke 25, dan dari permukaan hingga kedalaman 3.5 km. Respons nilai anomali gaya berat pada segmen ini antara +5 mgal hingga +25 mgal, dengan pola kurva anomali cembung. Pengaruh dominan pada segmen ini adalah batuan dengan rapat massa $2,85 \text{ gr/cm}^3$ (Gambar 6 A; Model Gravity & Magnet), ditafsirkan sebagai batuan dasar (*basement*) Pratersier yang bersifat asam berupa batuan granitan yang termalihkan (Gambar 6 B; Interpretasi Model Geologi). Topografi batuan dasar pada segmen ini bergelombang dan menurun ke arah utara hingga KM 31, dengan puncak berada pada kedalaman 1 km dari permukaan bumi, pada posisi sekitar km 5. Kemudian terangkat mendekati permukaan pada KM 37 hingga ujung irisan A-B, dengan kedalaman 0,5 km. Batuan dasar ini mengalasi lapisan batuan dengan rapat massa $2,74 \text{ gr/cm}^3$, yang ditafsirkan sebagai batuan sedimen Tersier dengan ketebalan lapisan rata-rata 2,5 km.

Irisan A-B yang berarah sedikit barat daya - timur laut (hampir utara-selatan) jika dikorelasikan dengan peta geologi (Condon dr., 1996) pada sebaran batuan di sekitar garis irisan A-B, maka lapisan batuan dengan rapat massa $2,43 \text{ gr/cm}^3$, $2,42 \text{ gr/cm}^3$, dan 2.66 gr/cm^3 merupakan nilai rapat massa kumulatif (sifat fisik batuan) lapisan batuan yang berbeda tapi rapat massa rata-rata sama. Data geologi merupakan kontrol untuk interpretasi lapisan penutup pada irisan A-B, dengan kisaran ketebalan - 0,5 km di bawah titik 0 km (bidang perhitungan, permukaan air laut rata-rata) dan +1,5 km di atas titik 0 km, (Gambar 6 B Interpretasi Model Geologi).

Sebaran batuan pada irisan A-B, mulai dari selatan titik A, dengan rapat massa $2,66 \text{ gr/cm}^3$ ditafsirkan sebagai batuan basa dan ultrabasa (Ktog) yang termalihkan, yang terbawa/terdorong dari arah selatan karena aktivitas tektonik. Kerentanan magnet

batuan ini $K= 0,0 \text{ e.m.u.}$

Batuan dengan rapat massa $2,43 \text{ gr/cm}^3$ sesuai dengan sebaran batuan pada irisan A-B, ditafsirkan terdiri atas Formasi Totogan (Tomt) yang tersingkap pada KM 8 di selatan kota Banjarnegara. Formasi ini menghampar ke utara dan tersingkap di Kali Merawu pada KM 37. Di atas formasi ini terdapat Formasi Penosogan (Tmp), Formasi Wuturanda (Tmw), dan kota Banjarnegara berada pada formasi ini. Formasi Kalibiuk (Tpb) dan Anggota breksi Formasi Tapak (Tptb) bidang kontak miring ke selatan, dan di ujung utara irisan A-B terdapat Formasi Rambatan (Tmr) yang mengapit Anggota lempung Formasi Ligung. Kerentanan magnet kelompok batuan ini $K= 0.03230 \text{ e.m.u}$ cukup tinggi, dan menimbulkan nilai anomali magnet sebesar + 450 nT.

Batuan dengan rapat massa $2,42 \text{ gr/cm}^3$ ditafsirkan terdiri atas Anggota breksi Formasi Ligung (Qtlb) dan endapan undak (Qt). Kerentanan magnet kelompok batuan ini $K= 0.01458 \text{ e.m.u.}$, dan Sungai Serayu berada di kelompok batuan ini yang dikontrol oleh sepasang sesar normal dengan kemiringan bidang sesar ke utara dan ke selatan.

Anomali sisa magnet irisan A-B menunjukkan respons kurva anomali dengan nilai antara -150 nT hingga +450 nT. Anomali magnet tinggi pada irisan A-B berkisar antara +350 nT hingga +450 nT, dan terdapat pada \pm KM ke 28 hingga KM 37, terdapatnya batuan dengan nilai kerentanan magnet $K= 0,03230 \text{ e.m.u.}$, yang ditafsirkan sebagai kelompok batuan Formasi Kalibiuk (Tpb) dan Anggota breksi Formasi Tapak (Tptb).

Struktur sesar yang terbentuk pada irisan A-B cukup intensif, diduga akibat aktivitas tektonik regional di Pulau Jawa yang pada umumnya datang dari selatan. Untuk Jawa bagian tengah, konsentrasi tektonik dengan gaya dari utara dan dari selatan, sebagaimana bentuk garis pantai di utara maupun di selatan daerah ini menyerupai huruf "u" yang bertolak belakang. Berdasarkan mekanisme ini, irisan A-B menginterpretasikan adanya aktivitas sesar naik dengan arah gerak ke utara yang berlokasi di selatan Banjarnegara dan menyebabkan batuan basa - ultrabasa (Ktog) teronggokkan di selatan irisan A-B. Aktivitas sesar naik ini menyebabkan terbentuknya sesar-sesar sekunder (sesar normal) di sekitar Banjarnegara, dengan arah kemiringan bidang sesar ke utara, dan ini merupakan tepian timur laut dari cekungan (rendahan) Lembah Serayu. Makin ke utara $\pm 14 \text{ km}$ dari Banjarnegara terdapat

sesar naik dengan arah gerak ke selatan. Aktivitas sesar naik ini, diikuti oleh beberapa sesar normal dengan kemiringan bidang sesar ke selatan.

Pola cekungan terbentuk di utara kota Banjarnegara akibat kontrol sesar normal dengan kemiringan bidang sesar yang berlawanan, terlihat poros cekungan dengan kedalaman lebih dari 3,5 km pada posisi antara KM 30 hingga KM 38.

Irisan C-D (Gambar 7)

Analisis penampang 2,5 dimensi data anomali sisa gaya berat dan magnet irisan C-D menunjukkan respons anomali gaya berat dengan nilai berkisar antara -8 mgal hingga +20 mgal. Bagian selatan irisan C-D, pada jarak datar 0 km hingga km ke 40, dan mulai dari permukaan hingga kedalaman 3.5 km, respons nilai anomali gaya berat pada segmen ini antara +8 mgal hingga +19 mgal, mempunyai kurva anomali berpola relatif cembung bergelombang. Pengaruh dominan pada segmen ini adalah batuan dengan rapat massa 2.85 gr/cm^3 (Gambar 7 A; Model Gravity & Magnet), ditafsirkan sebagai batuan dasar (*basement*) Pratersier yang diduga merupakan batuan beku yang bersifat asam dan terdiri atas batuan granitan termalihkan (Gambar 7 B; Interpretasi Model Geologi). Topografi batuan dasar pada segmen ini mempunyai kecenderungan pola datar bergelombang, dengan kedalaman puncak rata-rata 0,5 - 1 km dari permukaan bumi. Kemudian pada KM 40 hingga KM 45 batuan dasar ini berada pada kedalaman lebih dari 3,5 km dari permukaan bumi yang dicirikan dengan nilai anomali rendah mendekati -8 mgal, dan sekaligus menggambarkan pola cekungan terdalam pada irisan C-D yang terletak sekitar 5 km arah timur laut dari kota Banjarnegara. Selanjutnya, makin ke arah timur laut pada KM 45 topografi batuan dasar kembali naik bergelombang teratur dengan kisaran nilai anomali gaya berat antara 0 hingga +8 mgal di ujung timur laut irisan C-D.

Batuan dasar Pratersier irisan C-D mengalasi batuan sedimen Tersier dengan ketebalan bervariasi antara 1 - 4 km. Batuan dasar Pratersier yang mengalasi batuan sedimen Tersier pada irisan C-D diterobos oleh batuan intrusi diorit (Gambar 7 B; Interpretasi Model Geologi) yang banyak tersingkap di daerah penelitian.

Irisan C-D yang berarah barat daya - timur laut jika dikorelasikan dengan peta geologi (Condon drr., 1996) pada sebaran batuan di sekitar garis irisan C-D, maka lapisan batuan dengan rapat massa 2.44 gr/cm^3 , 2.42 gr/cm^3 , dan 2.43 gr/cm^3 merupakan nilai rapat massa kumulatif (sifat fisik batuan) dari lapisan batuan yang berbeda tapi rapat massa rata-rata sama. Data geologi merupakan kontrol untuk interpretasi lapisan penutup pada irisan C-D, dengan kisaran ketebalan -1 km di bawah titik 0 km (bidang perhitungan, permukaan air laut rata-rata) dan +1,5 km diatas titik 0 km, (Gambar 7 B Interpretasi Model Geologi).

Sebaran batuan pada irisan C-D, mulai dari arah barat daya titik C, batuan dengan rapat massa $2,44 \text{ gr/cm}^3$ ditafsirkan sebagai batuan gresak (Kts) yang termalihkan. Kerentanan magnet batuan ini $K= 0.0 \text{ e.m.u}$. Batuan dengan rapat massa 2.43 gr/cm^3 sesuai dengan sebaran batuan pada irisan C-D, ditafsirkan terdiri atas Formasi Totogan (Tomt). Formasi ini tersebar luas sebagaimana dijelaskan pada irisan A-B juga irisan C-D tersingkap pada KM 6 di selatan kota Banjarnegara. Formasi ini menghampar ke utara dan tersingkap di antara Kali Tulis dan Watumalang pada KM 60. Juga tersingkap Formasi Wuturanda (Tmw), Formasi Peniron (Tpp), dan anggota breksi Formasi Tapak (Tptb). Kembali tersingkap Formasi Totogan yang mengapit Formasi Rambatan (Tmr) yang terdapat di Kali Tulis dengan bidang kontak yang cenderung miring ke arah barat daya searah dengan kemiringan lereng topografi. Di ujung utara irisan C-D di kota Watumalang tersingkap anggota breksi Formasi Tapak (Tptb) yang diintrusi oleh batuan beku diorit. Batuan intrusi diorit ini diduga berumur lebih muda dari Tersier karena batuan ini mengintrusi batuan dasar Pratersier dan sedimen Tersier yang berada diatasnya, dan tidak mengintrusi batuan sedimen Kuartar (Gambar 7 B Interpretasi model Geologi).

Batuan dengan rapat massa $2,42 \text{ gr/cm}^3$ ditafsirkan terdiri atas anggota breksi Formasi Ligung (Qtlb) dan endapan undak (Qt). Kerentanan magnet kelompok batuan ini $K= 0,01458 \text{ e.m.u}$, dan Kali Serayu berada pada kelompok batuan ini yang dikontrol oleh sepasang sesar normal dengan kemiringan bidang sesar ke utara dan ke selatan.

Anomali sisa magnet irisan C-D menunjukkan respons kurva anomali dengan nilai antara -250 nT hingga +400 nT. Anomali magnet tinggi pada irisan C-D berkisar antara +200 nT hingga +350 nT, dan berada pada km 37 hingga km 47. Terdapat batuan dengan nilai kerentanan magnet $K = 0,03230$ e.m.u. yang terakumulasi pada kelompok batuan sedimen Tersier, terutama pada anggota breksi Formasi Tapak (Tptb).

Anomali sisa magnet irisan C-D menunjukkan respons kurva anomali dengan nilai antara -300 nT hingga +400 nT. Anomali magnet tinggi pada irisan C-D berkisar antara +200 nT hingga +400 nT, terdapat \pm KM ke 35 hingga KM 45, dan antara KM 48 hingga KM 57, terdapatnya batuan dengan nilai kerentanan magnet $K = 0.01458$ e.m.u (kelompok batuan sedimen Kuerter) dan $K = 0,03230$ e.m.u (kelompok batuan sedimen Tersier). Struktur sesar yang terbentuk pada irisan C-D cukup intensif, yang ditafsirkan sebagaimana tafsiran irisan A-B, hanya dengan arah irisan C-D barat daya - timur laut (Gambar 7 B).

Pola cekungan yang terbentuk di daerah penelitian ditafsirkan akibat aktivitas sesar normal yang dipicu oleh kegiatan tektonik regional Pulau Jawa yang pada umumnya datang dari arah selatan, dan juga mungkin datang dari arah utara, (Gambar 5).

Peta kedalaman batuan dasar, pola struktur bawah permukaan dan cekungan sedimen (Gambar 5)

Kedalaman batuan dasar berkisar antara 1000 m hingga 6000 m dari permukaan bumi. Dibagian barat kota Banjarnegara batuan dasar terdalam 4000 m dengan membentuk pola rendahan elips dengan arah sumbu panjang hampir utara - selatan dan barat - timur, sedangkan di bagian barat laut lokasi penelitian bararah tenggara - barat laut. Ke arah timur dari kota Banjarnegara, daerah ini dibatasi oleh sesar geser Purangkere Gunung Maung yang berarah tenggara - barat laut dengan batuan dasar yang kedalamannya mencapai 6000 m. Pola rendahan di daerah bagian timur laut kota Banjarnegara ini pada umumnya berbentuk lonjong tidak teratur dengan arah rendahan dominan barat daya - timur laut (hampir utara - selatan) dan barat laut - tenggara. Pola rendahan di daerah penelitian pada umumnya dikontrol oleh sesar-sesar normal yang terjadi di daerah ini. Sebagaimana di bagian

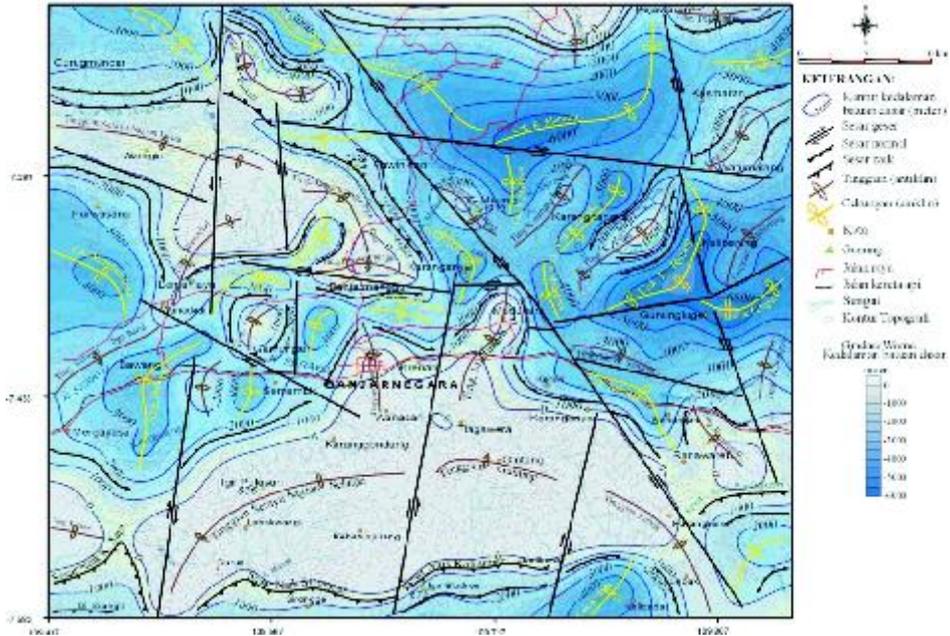
utara ke arah barat hingga barat daya kota Banjarnegara, rendahan ini mencirikan keberadaan pola rendahan yang kita kenal dengan nama Rendahan Lembah Serayu. Rendahan ini diapit oleh dua tinggian, di utara Tinggian Serayu bagian Utara dan di selatan Tinggian Serayu bagian Selatan, (Gambar 5).

Struktur sesar naik di daerah penelitian, dengan arah jurus barat laut - tenggara berada dibagian barat laut peta dengan arah gerak ke barat daya, dan sesar naik arah jurus barat daya - timur laut, arah gerak ke barat laut, berlokasi di bagian sisi timur utara peta di sekitar Kali Tulis. Aktivitas sesar naik juga terlihat di bagian selatan peta, mulai dari tepi barat peta, terdapatnya sesar naik, dengan bidang sesar pola cembung ke utara dengan arah gerak ke utara, berlokasi di sudut barat daya peta, sekitar Kali Sapi. Makin ke arah timur juga terdapat sesar naik dengan jurus barat - timur, arah gerak ke utara, dan di sudut tenggara peta terdapat sesar naik dengan jurus barat - timur, arah gerak ke utara. Keberadaannya terletak makin ke utara jika dibandingkan dengan sesar naik yang ada di bagian baratnya. Ini ditafsirkan akibat gaya tektonik yang datang umumnya dari arah selatan. Di tempat ini arahnya sedikit berubah tenggara - barat laut dan dominan.

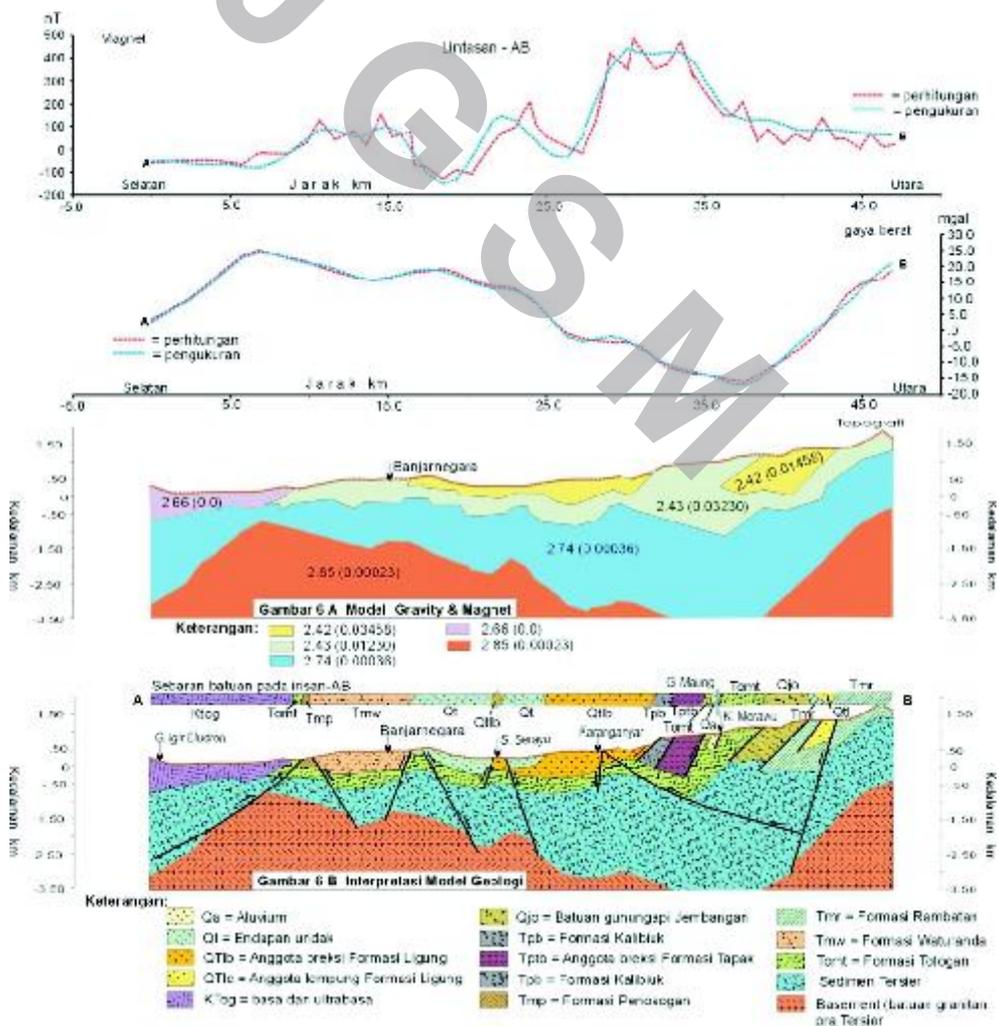
Sesar geser di daerah penelitian pada umumnya bararah hampir utara - selatan, tenggara - barat laut dan barat - timur, ditafsirkan akibat aktivitas tektonik regional yang terjadi di P. Jawa, yang dominan arah gaya tektoniknya dari selatan.

KESIMPULAN

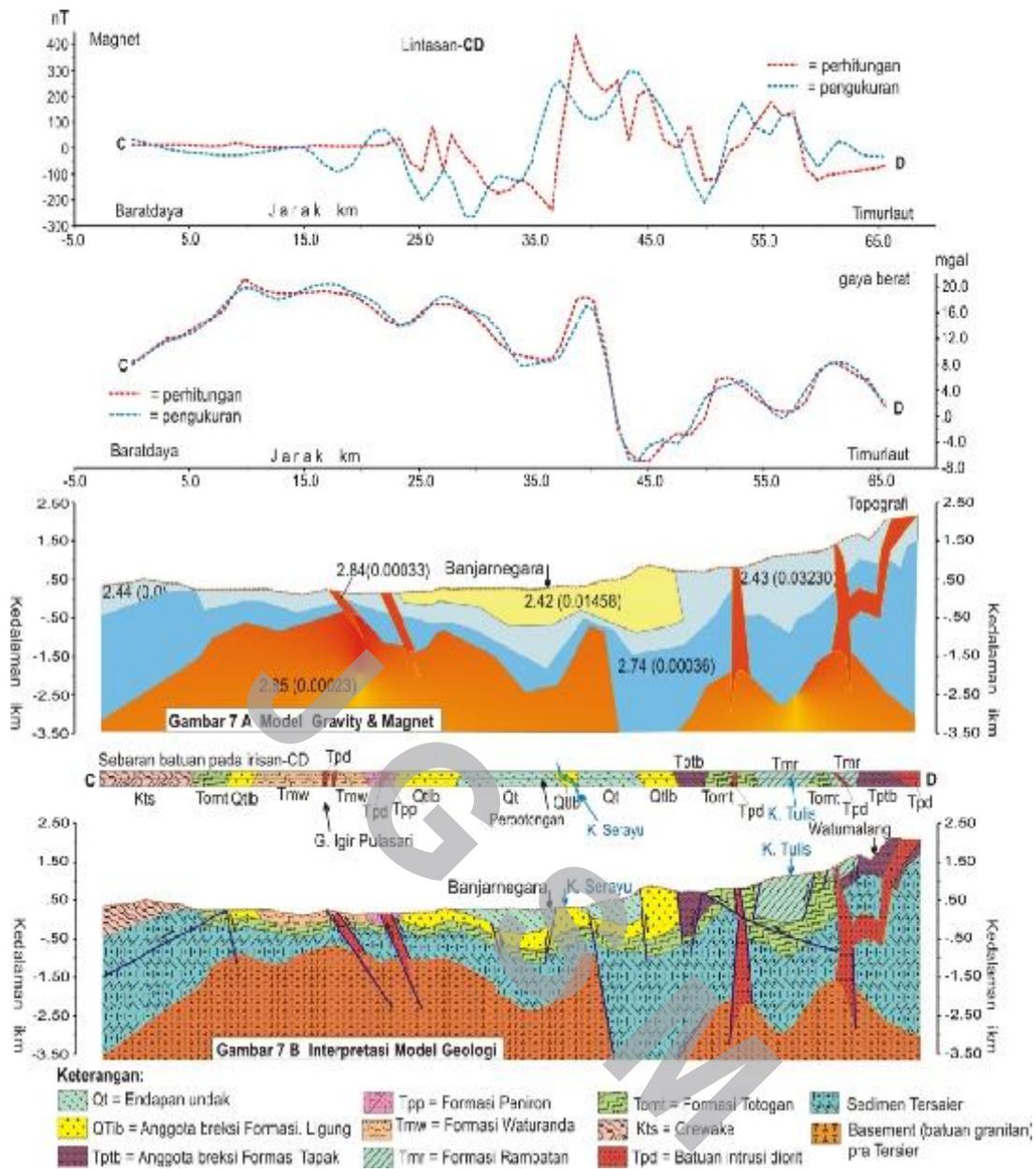
Batuan dengan rapat massa $2,85 \text{ gr/cm}^3$ ditafsirkan sebagai batuan dasar (*basement*) Pratersier, dan diduga terdiri atas batuan granitan yang termalihkan, dengan kerentanan magnet rendah $K=0,00023$ e.m.u. Topografi batuan dasar di daerah penelitian ditafsirkan umumnya telah terjadi pengangkatan dan penurunan akibat tektonik, dan sekaligus mengontrol pola-pola rendahan (cekungan) di daerah ini. Kedalaman batuan dasar antara 1000 m hingga yang terdalam 4000 m berada di bagian barat kota Banjarnegara, dan ditafsirkan sebagai rendahan Lembah Serayu. Sementara kedalaman batuan dasar yang melebihi 4000 m hingga 6000 m berada di bagian timur laut kota Banjarnegara, dan diduga bagian timur laut inilah yang merupakan bagian blok yang turun dan dibatasi oleh sesar geser Purangkere Gunung Maung yang berarah tenggara - barat laut.



Gambar 5. Peta kedalaman batuan dasar dan pola struktur permukaan di daerah Banjarnegara dan sekitarnya.



Gambar 6. Penampang anomali sisa gaya berat dan magnet irisan A-B (gambar 3 & 4).



Gambar 7. Penampang anomali sisa gaya berat dan magnet irisan C-D (Gambar 4 & 4)

Batuan dasar Pratersier ini mengalasi batuan-batuan dengan rapat massa $2,74 \text{ gr/cm}^3$, $2,43 \text{ gr/cm}^3$, $2,66 \text{ gr/cm}^3$, dan $2,42 \text{ gr/cm}^3$ yang ditafsirkan sebagai batuan sedimen Tersier. Analisis irisan C-D menunjukkan bahwa batuan dasar Pratersier dan batuan sedimen Tersier ini diintrusi oleh batuan dengan rapat massa $2,84 \text{ gr/cm}^3$ dan kerentanan magnet $K=0,00033 \text{ e.m.u.}$ yang diduga merupakan batuan diorit.

Struktur sesar naik di daerah penelitian, arah jurusnya barat laut - tenggara dengan arah gerak ke barat daya, dan arah jurus barat daya - timur laut, dengan arah gerak ke barat laut, berlokasi di sekitar Kali Tulis.

Aktivitas sesar naik di bagian selatan, umumnya mulai dari tepi barat peta. Sesar naik dengan bidang sesar cembung lonjong ke utara dengan arah gerak ke utara, berlokasi sekitar Kali Sapi. Ke arah timur sesar naik dengan jurus barat - timur, arah gerak ke utara, dan makin ke timur sesar naik dengan jurus barat - timur. Arah gerak ke utara, terletak makin ke utara jika dibandingkan dengan sesar naik yang ada di bagian baratnya. Ini ditafsirkan akibat gaya tektonik yang umumnya datang dari arah selatan. Di tempat ini arahnya sedikit berubah tenggara - barat laut dengan stres gaya tektonik lebih dominan.

Sesar geser di daerah penelitian pada umumnya bararah hampir utara - selatan, tenggara - barat laut dan barat - timur. Ditafsirkan akibat aktivitas tektonik regional yang terjadi di Pulau Jawa, yang dominan arah gaya tektoniknya dari selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi dan Dewan Redaksi yang telah membantu penulis dalam menerbitkan makalah ini.

ACUAN

- Adkins, J., Sutisna, S. and Untung, M., 1978. Regional gravity base station network for Indonesia. Geological Survey of Indonesia, *Publikasi Teknik Seri Geofisika* No. 6.
- Condon W.H, Pardyanto L, Ketner K.B, Amin T.C, Gafoer S, dan Samodra H, 1996. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Satyana, A.H., Purwaningsih, M.E.M., 2002. *Lekukan struktur Jawa Tengah: Suatu Segmentasi Sesar Mendatar*, Geologi of Yogyakarta and Central Java, Indonesia Association of Geologist (IAGI) Yogyakarta-Central Java Section.
- Situmorang, B., Siswoyo, Thajib, E. dan Paltrinieri, F., 1976. Wrench Fault Tectonics and Aspects of Hydrocarbon Accumulation in Java, *Proceedings Indonesia Petroleum Association (IPA) Annual Convention*, hal. 53-66.
- Simon H, Harry, P.S., dan Budi S, 2006 Laporan Akhir Penelitian Gaya Berat & Magnet dalam menganalisis pola Cekungan dan struktur bawah permukaan di Banjarnegara dan daerah sekitarnya, Jawa Tengah. Pusat Survey Geologi (Tidak diterbitkan).
- Untung, M. dan Wiriosudarmo, G., 1975. Pola Struktur Jawa dan Madura Sebagai Hasil Penafsiran Pendahuluan Data Gayaberat, Geologi Indonesia, *Jurnal Geologi Indonesia* 2 (1) : 15-24.

Naskah diterima : 5 Februari 2007
Revisi terakhir : 10 Juni 2008