
Transformasi Pseudogravitasi Data Anomali Magnetik untuk Melokalisir Sumber Rembesan Minyak di Daerah Cipari Kabupaten Cilacap

Sehah¹, Sukmaji Anom Raharjo¹, Pujo Priyadi²

¹ Dosen Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman,
Jalan dr. Suparno No.61 Purwokerto

² Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas MIPA,
Universitas Jenderal Soedirman, Jalan dr. Suparno No.61 Purwokerto

E-mail: sehah.geophysics@gmail.com

Telp/HP: 0813-275-07517

ABSTRAK

Transformasi pseudogravitasi terhadap data anomali magnetik telah dilakukan untuk melokalisir sumber rembesan minyak di Desa Cipari Kecamatan Cipari Kabupaten Cilacap. Daerah penelitian membentang pada posisi $108,757^{\circ} - 108,776^{\circ}$ BT dan $7,423^{\circ} - 7,438^{\circ}$ LS. Penerapan transformasi pseudogravitasi ini bertujuan untuk memperjelas lokasi target anomali bawah permukaan. Berdasarkan peta kontur pseudogravitasi dan informasi geologi daerah penelitian, maka dilakukan pemodelan terhadap data anomali magnetik lokal menggunakan *Mag2DC for Windows*. Berdasarkan hasil pemodelan diperoleh beberapa benda anomali bawah permukaan yang diinterpretasi sebagai batuan beku basaltik ($\chi = 0,0051$), perselingan pasir dan lempung dengan sisipan napal dari formasi Halang ($\chi = 0,0014$), breksi basaltik dari formasi Kumbang ($\chi = 0,0035$), perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan breksi dari formasi Halang ($\chi = 0,0036$), batulempung dari formasi Tapak ($\chi = 0,0015$), perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan napal dan breksi dari formasi Halang ($\chi = 0,0030$), serta perselingan batupasir dan batulempung dari formasi Halang ($\chi = 0,0020$). Fosil foraminifera planktonik sebagai sumber rembesan minyak diperkirakan berada di dalam batuan-batuan sedimen tersebut, dimana cairan minyak mengalir dari batuan-batuan tersebut menuju ke reservoir (*source rock*). Berdasarkan hasil interpretasi, reservoir terletak di atas batuan beku basaltik dengan posisi $108,762^{\circ}$ BT dan $7,431^{\circ}$ LS serta kedalaman 132,09 meter di bawah topografi.

Kata Kunci: Transformasi pseudogravitasi; anomali magnetik; rembesan minyak; Cipari

ABSTRACT

The pseudogravity transformation of magnetic anomalies data had been done to determine of the oil seepage location of in Village of Cipari District of Cipari Region of Cilacap. The boundary of the research area is 108.75675° – 108.77611° E and 7.42319° – 7.43761° S. The implement of pseudogravity transformation aims to clarify location of subsurface anomali's target. Based on the pseudogravity contour map supported the local geological information, so that modeling is applied to the local magnetic anomaly data using Mag2DC for Windows software. Based on the modeling results then be obtained some anomalies bodies interpreted as the basaltic igneous rock ($\chi = 0.0051$), the alternately of sand and clays and insert of marl from Halang Formation ($\chi = 0.0014$), the breccia from Kumbang Formation ($\chi = 0.0035$), the alternately of sandstones and claystone with insert of breccia from Halang Formation ($\chi = 0.0036$), the claystone from Tapak Formation ($\chi = 0.0015$), the alternately of sandstones and claystone with insert of marl and breccia from Halang Formation ($\chi = 0.0030$), and the alternately of sandstone and claystone from Halang Formation ($\chi = 0.0020$). The planktonic foraminifer fossils as resources of oil seepage are estimated in the sediments rocks, where the oil flows from those rocks into the reservoir (*source rock*). Based on the interpretation results, the reservoir lies at above the basaltic igneous rock with the approximate position is 108.762° W and 7.431° S; and the depth is 132.09 meters under the average topographic.

Keywords: pseudogravity transformation; magnetic anomaly; oil seepage; Cipari

1. Pendahuluan

Survei Magnetik adalah salah satu survei Geofisika yang bertujuan untuk mengeksplorasi sumberdaya alam bawah permukaan. Prinsip survei magnetik adalah dengan memanfaatkan variasi suseptibilitas magnetik batuan bawah permukaan yang

terukur di atas permukaan bumi sebagai instrumen untuk menginterpretasi struktur geologi bawah permukaan bumi. Struktur geologi atau batuan bawah permukaan yang umum menjadi target survei magnetik antara lain: patahan, reservoir panas bumi, kantong magma, mineral logam, *source rock* minyak bumi, dan lain-lain. Secara umum prosedur survei magnetik terdiri atas akuisisi data di

lapangan, pengolahan data, pemodelan, dan interpretasi.

Cipari adalah salah satu wilayah di Kabupaten Cilacap. Secara geologis Cipari terletak di Cekungan Banyumas (*Banyumas Basin*) dan dilewati oleh salah satu patahan utama di Jawa Tengah, yaitu Patahan Besar Cilacap – Pamanukan – Lematang [1]. Daerah Cipari merupakan daerah yang kompleks dengan struktur cukup beragam. Selain itu daerah ini juga memiliki potensi cadangan minyak bumi yang ditandai dengan munculnya rembesan minyak, sehingga hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi para pelaku kegiatan eksplorasi. Eksplorasi perlu dilakukan di daerah Cipari, salah satunya adalah menggunakan metode magnetik. Data hasil eksplorasi ini dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan eksplorasi lanjutan, sehingga jika dinyatakan prospek, maka dapat dilanjutkan dengan pengeboran.

Target dalam eksplorasi metode magnetik ini adalah *source rock* rembesan minyak bumi di daerah Cipari. Untuk memperoleh model anomali yang diinterpretasi sebagai *source rock* rembesan minyak, maka perlu dilakukan transformasi. Salah satu transformasi data anomali magnetik yang berfungsi untuk memperjelas lokasi benda anomali bawah permukaan yang

menjadi target penelitian adalah transformasi pseudogravitasi [2]. Lokasi *source rock* menjadi mudah diinterpretasi karena lapisan dasarnya diperkirakan berupa batuan beku yang memiliki densitas besar untuk memerangkap atau menampung minyak bumi. Prinsip kerja transformasi pseudogravitasi menggunakan relasi Poisson, yang menyatakan bahwa potensial magnetik V dan potensial gravitasi U yang bersumber dari suatu rapat massa yang serba sama (*uniform*) maupun benda yang termagnetisasi secara *uniform* mempunyai hubungan [3]:

$$V = -\frac{C_m}{\gamma} \frac{M}{\rho} \hat{m} \cdot \nabla_p U = -\frac{C_m}{\gamma} \frac{M}{\rho} g_m \quad (1)$$

dimana ρ adalah densitas batuan, M adalah intensitas magnetisasi, \hat{m} adalah vektor satuan magnetisasi, dan g_m adalah komponen medan gravitasi dalam arah magnetisasi.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini telah dilaksanakan di wilayah Desa Cipari, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. Penelitian ini dilaksanakan selama delapan bulan yaitu bulan Maret hingga Oktober 2015. Tahapan kegiatan yang dilakukan meliputi akuisisi data di lapangan, pengolahan, pemodelan dan

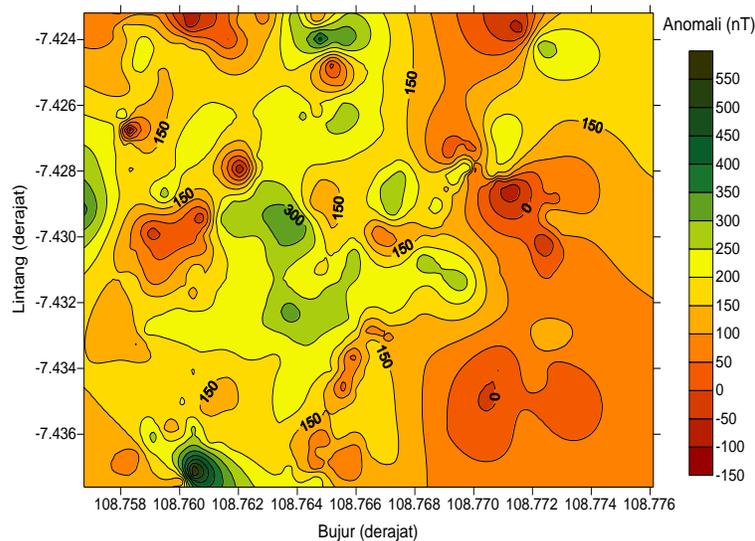
interpretasi. Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah Proton Precession Magnetometers GSM-19T produk GEM System dengan sensitivitas 0,05 nT yang ditunjang oleh peralatan-peralatan lain seperti *Global Positioning System* (GPS), peta geologi, kompas, dan sebagainya.

Data yang terukur di lapangan adalah intensitas medan magnetik total dilengkapi posisi geografis titik-titik survei. Koreksi terhadap data-data magnetik total yang meliputi koreksi harian dan koreksi IGRF dilakukan, sehingga diperoleh data anomali magnetik total. Data anomali magnetik total yang masih terdistribusi di atas topografi, kemudian ditransformasikan ke bidang datar dan dibersihkan dari efek magnetik regional, sehingga diperoleh data anomali magnetik lokal atau residual. Berdasarkan data anomali magnetik lokal, selanjutnya dilakukan transformasi pseudogravitasi dan dilanjutkan pemodelan menggunakan *software Mag2DC for Window* untuk menggambarkan model

struktur geologi atau batuan bawah permukaan [4].

3. Hasil dan Pembahasan

Jumlah data medan magnetik total yang terukur adalah 283 buah yang membentang pada posisi $108,75675^\circ - 108,77611^\circ$ BT dan $7,42319^\circ - 7,43761^\circ$ LS dengan nilai $43.724,57\text{nT} - 45.789,43\text{nT}$. Data medan magnetik total hasil akuisisi di lapangan masih mengandung data medan magnetik utama bumi dan data medan magnetik luar. Untuk memperoleh data anomali magnetik total yang menjadi target penelitian maka dilakukan koreksi yang meliputi koreksi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) untuk mereduksi data medan magnetik utama bumi dan koreksi harian untuk mereduksi data medan magnetik luar [5]. Data anomali magnetik total yang diperoleh setelah dilakukan koreksi-koreksi tersebut berkisar $-187,16\text{nT} - 636,18\text{nT}$ dengan peta kontur seperti terlihat pada **Gambar 1**.



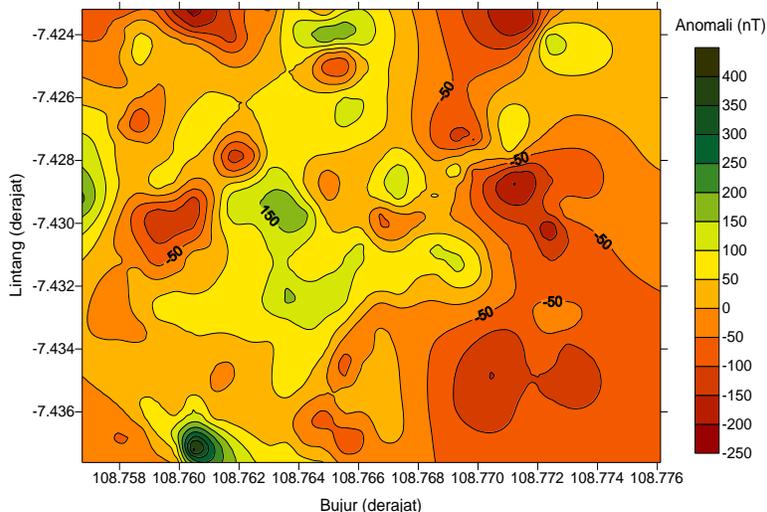
Gambar 1. Peta kontur anomali medan magnetik total daerah penelitian; Desa Cipari, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap.

Berdasarkan **Gambar 1** *trend* anomali magnetik di daerah penelitian didominasi anomali tinggi. Data anomali magnetik total yang diperoleh ini masih terdistribusi di atas permukaan topografi. Secara matematis data tersebut tidak dapat diproses pada tahap berikutnya jika tidak terdistribusi pada bidang datar [6]. Metode yang dapat digunakan untuk mentransformasikan data anomali magnetik dari bidang tidak datar (misalnya topografi) ke bidang datar adalah melalui pendekatan deret Taylor [3]. Berdasarkan hasil transformasi ini diketahui bahwa data anomali magnetik yang telah terdistribusi pada bidang datar, yaitu pada ketinggian rata-rata topografi 95,32 meter di

atas sferoida referensi, relatif lebih konvergen dengan nilai anomali magnetik berkisar -68,30 – 603,14 nT.

Data anomali medan magnetik total yang telah terdistribusi di bidang datar masih belum bersih dari efek anomali regional. Oleh karena itu efek anomali regional harus direduksi [7], mengingat target penelitian adalah struktur batuan di dekat permukaan atau lokal. Anomali magnetik regional dapat diperoleh melalui proses pengangkatan ke atas (*upward continuation*) terhadap data anomali magnetik total hingga variasi datanya menunjukkan *trend* yang relatif tetap [8]. Selanjutnya data anomali regional dikoreksikan terhadap data anomali magnetik

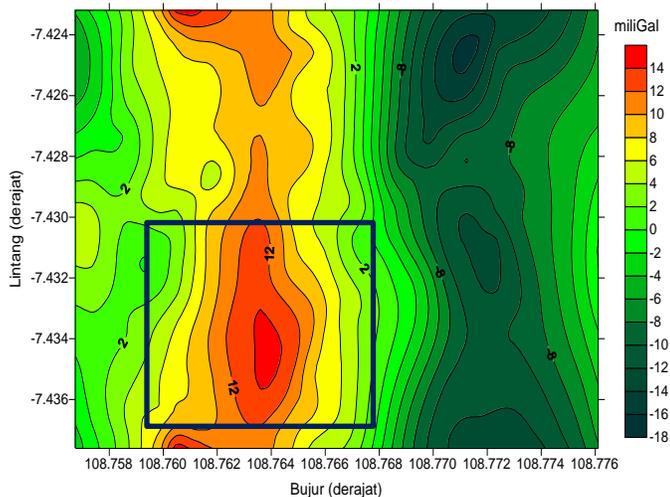
total yang terdistribusi pada bidang datar. Data hasil koreksi itu disebut sebagai data anomali magnetik lokal atau residual dengan peta kontur bisa dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta kontur anomali medan magnetik lokal (residual) daerah penelitian.

Peta kontur anomali magnetik lokal menunjukkan kerumitan *closure* anomali. Untuk memperjelas target anomali bawah permukaan maka dilakukan transformasi pseudogravitasi yaitu mentransformasi data anomali magnetik menjadi data anomali gravitasi semu. Metode ini merupakan cara untuk menginterpretasi anomali magnetik secara kualitatif. Hal tersebut bukan semata-mata karena distribusi medan gravitasi secara aktual sesuai dengan distribusi magnetik, namun karena anomali gravitasi dalam beberapa hal lebih instruktif dan mudah diinterpretasi. Kontur anomali pseudogravitasi seperti **Gambar 4** terlihat

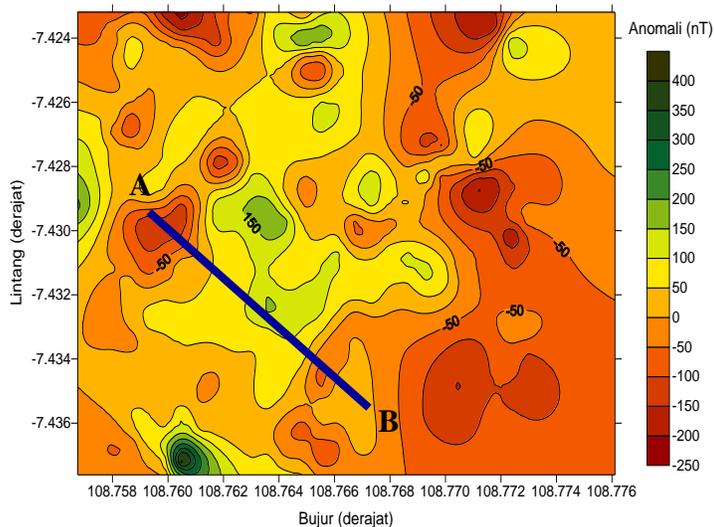
lebih sederhana dan informatif. Namun peta kontur tersebut hanya anomali gravitasi semu sehingga tidak dapat dimodelkan. Tetapi kontur pseudogravitasi dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan interpretasi kualitatif dan menentukan lokasi pemodelan anomali magnetik lokal, dengan tetap mengacu pada informasi geologi. Lokasi *source rock* rembesan minyak di daerah penelitian diinterpretasi berada dalam zona garis biru pada peta kontur pseudogravitasi, karena lapisan dasarnya diperkirakan berupa batuan beku yang memiliki densitas besar untuk memerangkap atau menampung rembesan minyak.



Gambar 4. Peta kontur anomali pseudogravitasi daerah penelitian (garis kotak biru diperkirakan sebagai lokasi *source rock* rembesan minyak)

Interpretasi dilakukan melalui informasi peta anomali pseudogravitasi. pemodelan numerik menggunakan *Mag2DC for Windows*. Langkah awal pemodelan ini adalah membuat lintasan (*line section*) dari zona anomali positif menuju ke anomali negatif atau sebaliknya yang diperkirakan sebagai target anomali magnetik yakni *source rock* rembesan minyak sesuai

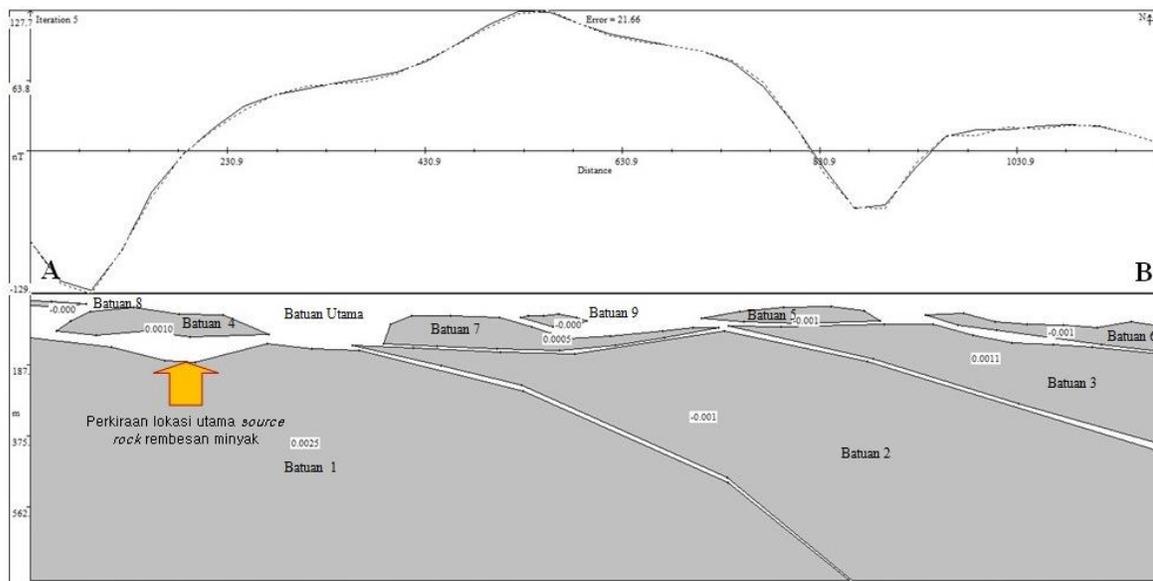
Lintasan dibuat di atas peta kontur anomali magnetik lokal seperti **Gambar 5**. Pemodelan dilakukan terhadap data-data anomali magnetik lokal yang diekstrak dari lintasan tersebut menggunakan perangkat lunak *Surfer 10*.



Gambar 5. Lintasan pemodelan di atas peta kontur anomali magnetik lokal daerah penelitian

Dalam melakukan pemodelan anomali magnetik diperlukan beberapa parameter medan magnetik bumi daerah penelitian yang meliputi nilai IGRF, sudut deklinasi, sudut inklinasi, dan beberapa parameter model lainnya. Parameter diunduh dari *National Geophysical Data Center (NGDC)* secara *online*, dengan hasil IGRF adalah 44963 nT, sudut deklinasi adalah $0,87^\circ$, dan sudut inklinasi adalah $-32,261^\circ$ [9]. Panjang *strike* diestimasi sebesar 100 meter dan kedalaman maksimum 750 meter. Pemodelan dilakukan pada lintasan AB yang panjangnya 1175,73 m dan membentang dari posisi $108,75988^\circ\text{BT}$ dan $7,42912^\circ\text{LS}$ hingga

$108,76731^\circ\text{BT}$ dan $7,43662^\circ\text{LS}$. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Mag2DC for Windows* dengan mencocokkan kurva anomali model terhadap kurva anomali observasi. Setelah dicapai kecocokan antara kedua kurva, maka diperoleh 9 (sembilan) benda anomali yang diasumsikan sebagai batuan bawah permukaan di daerah penelitian seperti **Gambar 6**. Berdasarkan informasi geologi, batuan lingkungan bawah permukaan di daerah penelitian diinterpretasi sebagai perselingan batupasir-batulempung dengan sisipan napal dan breksi, dengan estimasi suseptibilitas magnetik rata-rata sebesar 0,00250cgs unit [10].



Gambar 6. Hasil pemodelan menggunakan *software Mag2DC for Window* terhadap data-data pada lintasan AB (panjang lintasan AB adalah 1175,73 meter dan *error* 21,66 nT)

Sedangkan hasil interpretasi litologi, kontras suseptibilitas magnetik ($\Delta\chi$), dan estimasi nilai suseptibilitas magnetik blok batuan (χ) ditunjukkan pada **Tabel 1**. Berdasarkan informasi geologi rembesan minyak bumi diperkirakan terletak di bagian utara *antiklin* yang berarah barat – timur.

Proses migrasi minyak yang berasal dari batuan induk menuju batuan reservoir (*source rock*) diduga berasal dari selatan menuju ke utara. Migrasi minyak mengisi struktur-struktur antiklin yang terbentuk kemudian di kawasan utara dan terjebak pada puncak-puncak antiklin tersebut [11].

Tabel 1. Interpretasi hasil pemodelan data-data anomali magnetik pada lintasan AB berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik dalam satuan cgs

Batuan ke	Kedalaman (meter)	$\Delta\chi$ (cgs units)	Estimasi χ (cgs units)	Interpretasi Formasi dan Jenis Batuan
1	(141,045 – 758,955)	0,00260	0,00510	Batuan beku basaltik
2	(98,507 – 758,955)	-0,00110	0,00140	Perselingan antara batupasir dan batulempung dengan sisipan napal dari Formasi Halang
3	(35,821 – 114,179)	0,00100	0,00350	Batuan breksi basaltik dari Formasi Kumbang
4	(80,597 – 396,269)	0,00110	0,00360	Perselingan batulempung-batupasir dengan sisipan napal dan breksi (lebih kompak) dari Formasi Halang
5	(33,582 – 78,358)	-0,00100	0,00150	Batulempung dari Formasi Tapak
6	(51,493 – 152,239)	-0,00100	0,00150	Batulempung dari Formasi Tapak
7	(58,209 – 149,254)	0,00050	0,00300	Perselingan batulempung-batupasir dengan sisipan napal dan breksi dari Formasi Halang
8	(17,910 – 33,582)	-0,00050	0,00200	Perselingan batupasir-batulempung dari Formasi Halang
9	(53,731 – 87,313)	-0,00050	0,00200	Perselingan batupasir-batulempung dari Formasi Halang

Berdasarkan hasil pemodelan di atas *source rock* diinterpretasi sebagai perselingan antara batulempung dan batupasir dengan sisipan napal dan breksi (meliputi batuan 4, batuan 7, dan batuan lingkungan yang terletak di atas batuan 1). Sedangkan fosil *foraminifer* planktonik yang diperkirakan merupakan sumber minyak diperkirakan terdapat dalam batuan-batuan

sedimen. Aliran minyak diinterpretasi mengarah relatif dari kanan (selatan) menuju ke kiri (utara) dan selanjutnya terkumpul di dalam batuan reservoir seperti terlihat pada **Gambar 6**. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut, kedalaman *source rock* diperkirakan adalah 132,09 meter di bawah ketinggian rata-rata topografi dengan posisi $108,76164^\circ\text{BT}$ dan $7,43089^\circ\text{LS}$. Berdasarkan

hasil analisis mikropaleontologi terhadap sampel-sampel batuan yang ditemukan di sekitar lokasi rembesan minyak diidentifikasi adanya fosil *foraminifera* planctonik [11].

4. Simpulan

Akuisisi data medan magnetik total di daerah Cipari Kabupaten Cilacap telah dilakukan di 283 titik lokasi yang membentang pada posisi $108,75675^{\circ}$ – $108,77611^{\circ}$ BT dan $7,42319^{\circ}$ – $7,43761^{\circ}$ LS, dengan nilai $43.724,57$ – $45.789,43$ nT. Selanjutnya data tersebut dikoreksi dan direduksi sehingga diperoleh data anomali magnetik lokal yang bernilai $-215,03$ – $456,42$ nT pada ketinggian rata-rata topografi yaitu $95,32$ meter di atas sferoida referensi. Transformasi pseudogravitasi diterapkan pada data anomali magnetik lokal untuk memperjelas lokasi target anomali bawah permukaan, dan menghasilkan data anomali berkisar $-16,73$ – $15,20$ miliGal. Berdasarkan peta kontur anomali pseudogravitasi yang didukung informasi geologi, dilakukan pemodelan terhadap data anomali magnetik lokal menggunakan perangkat lunak *Mag2DC for Windows* yang menghasilkan sembilan buah benda anomali. Berdasarkan hasil pemodelan, batuan reservoir (*source*

rock) diinterpretasi merupakan perselingan antara batulempung dan batupasir dengan sisipan napal dan breksi. Lokasi *source rock* utama terletak pada posisi geografis $108,76164^{\circ}$ BT dan $7,43089^{\circ}$ LS dengan kedalaman $132,09$ meter di bawah topografi rata-rata.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Rektor UNSOED dan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UNSOED atas dana penelitian yang diberikan. Terima kasih disampaikan kepada Kepala Laboratorium Elektronika, Instrumentasi, dan Geofisika FMIPA UNSOED atas peralatan PPM dan GPS yang disediakan. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh tim yang terdiri atas dosen dan mahasiswa yang telah bekerja secara sinergis dan bahu-membahu melakukan akuisisi data medan magnetik total di Desa Cipari, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap.

6. Referensi

1. Sehad, Raharjo, S.A., Dewi, R. (2012). Pemanfaatan Data Seismisitas untuk Memetakan Tingkat Resiko

- Bencana Gempabumi di Kawasan Eks-Karesidenan Banyumas Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Sumberdaya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II*, 27 – 28 Nopember 2012. 7 – 15. Purwokerto.
2. Alamdar, K., Ansari, A.H., Ghorbani, A. (2009). Edge Detection of Magnetic Body Using Horizontal Gradient of Pseudogravity Anomaly. *Geophysical Research*, Vol. 11. EGU2009 – 4082.
 3. Blakely R.J. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
 4. Nurdianto, B., Wahyudi, Suyanto, I. (2004). Analisis Data Magnetik untuk Mengetahui Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Air Panas di Lereng Utara Gunungapi Ungaran. *Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia*. Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-29. 5 – 7 Oktober 2004. 36 – 45. Yogyakarta.
 5. Syirojudin, M. (2010). Penentuan Karakteristik Sesar Cimandiri Segmen Pelabuhan Ratu Citarik dengan Metode Magnet Bumi. *Skripsi-S1*. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
 6. Zulekho, S. (2015). Pendugaan Bawah Permukaan Situs Arkeologi Fosil Berdasarkan Data Magnetik di Sekitar Museum Manusia Purba Sangiran Sragen. *Skripsi-S1*. Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Semarang.
 7. Sehad, Raharjo, S.A., Wibowo, O. (2014). Pendugaan Model Sumber Anomali Magnetik Bawah Permukaan di Area Pertambangan Emas Rakyat Desa Paningkaban, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas. *Jurnal Fisika Indonesia*, XVIII (53): 38 – 42.
 8. Satiawan, S. (2009). Aplikasi Kontinuasi ke Atas dan Filter Panjang Gelombang untuk Pemisahan Anomali Regional – Residual pada Data Geomagnetik. *Skripsi – S1*. Program Studi Teknik Geofisika. Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan. ITB. Bandung.
 9. National Geophysical Data Center,

- (06 Juni 2015). *Magnetic Field Calculator*. National Center for Environmental Center. Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). URL: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web>.
10. Simanjuntak, T.O., dan Surono. (1992). *Peta Geologi Lembar Pangandaran, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G). Bandung.
11. Anonim, (05 Juni 2015). *Geologi Cekungan Jawa; Blog Geografi Lingkungan*. URL: <http://geoenviron.blogspot.com>.