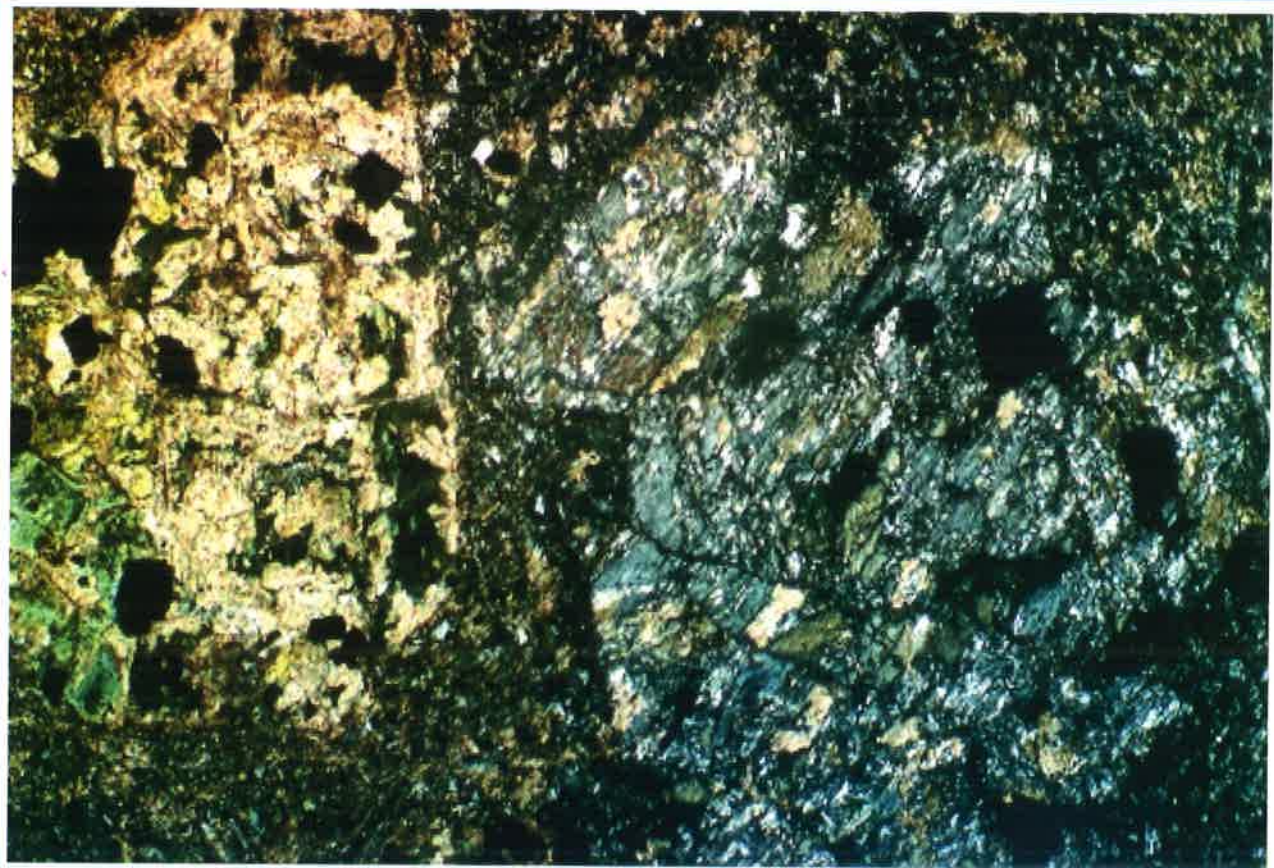


ISSN 1907-5367

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 6 No. 1 - 2011



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Badan Geologi
Pusat Sumber Daya Geologi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 6	No. 1	Halaman 1 - 49	Bandung Mei 2011	Terakreditasi sebagai Majalah Berkala ilmiah berdasarkan keputusan kepala LIPI No. 451/D/2010, Ketua P2MBI LIPI No. 237/Akred-LIPI/P2MBI/05/2010
--------------------------------	--------	-------	-------------------	---------------------	---

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 6 Nomor 1, Mei 2011

PENGANTAR REDAKSI

Setelah genap satu tahun Buletin Sumber Daya Geologi memperoleh predikat sebagai majalah ilmiah terakreditasi B, dewan redaksi semakin bersemangat untuk dapat menyajikan tulisan-tulisan berkualitas mengenai potensi sumber daya geologi Indonesia. Redaksi menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada para penulis yang selama ini rajin mengirimkan makalahnya sehingga buletin ini tetap eksis. Juga kepada para editor yang bekerja keras selalu membantu memperbaiki setiap makalah yang masuk sehingga dapat muncul tulisan-tulisan dapat diandalkan.

Untuk terbitan perdana tahun 2011 ini, dengan bangga redaksi menyajikan 5 (lima) makalah pilihan setelah melalui seleksi dan editing yang ketat. Topik makalah dalam edisi perdana ini sangat beragam mulai dari mineral, serpih minyak (*oil shale*), gas metan batubara (*Coal Bed Methane*, CBM) hingga panas bumi. Seperti diketahui bersama bahwa saat ini sudah terlihat pelaku usaha pertambangan semakin serius melirik potensi CBM dengan adanya beberapa usulan wilayah kerja yang akan segera ditawarkan oleh pemerintah. Satu makalah tentang potensi CBM di Sumatera Selatan diharapkan dapat menambah wawasan mengenai keberadaan sumber energi yang ramah lingkungan ini. Selain itu juga dewan redaksi mengajak pembaca untuk dapat menikmati dua tulisan yang mengulas mengenai metode-metode yang murah dan akurat dalam mendelineasi prospek panas bumi. Adanya sumber daya serpih minyak yang masih sangat kurang dikenal akan tersosialisasikan melalui tulisan mengenai serpih minyak di Sawahlunto. Satu makalah yang tak kalah menarik adalah mengenai mineralisasi logam mulia yang menjadi incaran semua orang karena saat ini harganya semakin melambung yaitu emas.

Pada kesempatan ini dewan redaksi tetap mengajak para ahli kebumiharian baik di lingkungan Badan Geologi maupun di institusi lain untuk memberikan kontribusi berupa makalah mengenai potensi sumber daya geologi Indonesia. Kontribusi para penulis sangat berarti bagi kelangsungan dan peningkatan kualitas buletin ini yang diharapkan menjadi majalah ilmiah terakreditasi A dan sekaligus merupakan sumbangsih penyebaranluasan informasi potensi sumber daya geologi kepada masyarakat pada umumnya.

Salam hangat

Dewan redaksi

Penasihat

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi
Ir. Calvin Karo Karo Gurusinga, M.Sc

Penanggungjawab

Kepala Bidang Informasi
Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc

Redaktur

Ir. Rina Wahyuningsih
Ir. Denni Widhiyatna
Dra. Ella Dewi Laraswati
Ir. Herry Rodiana Eddy, MT
Ir. Teuku Ishlah

Editor

Ir. Bambang Pardiarto
Ir. Kusdarto
Ir. Deddy Amarullah
Ir. Rahardjo Hutamadi
Ir. Kasbani, M.Sc

Desain Grafis dan Fotografer

Candra
Dani Swastika, ST

Sekretariat

Dra. Euis Soja Suciati
Wiwi Resmiasih, SH
Yedi Heryadi
Drs. Aman Tarman
Lili
Sarkoni

Mitra Bestari Edisi ini

Dr. Ir. Bambang Tjahjono S., M.Sc
Dr. Ir. Rukmana N. Adhi

DAFTAR ISI

MAKALAH ILMIAH

- 1 - 10 Delineasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Analisis Kelurusan Citra Landsat Di Candi Umbul - Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah
Oleh : Dudi Hermawan, Yuanno Rezky
- 11 - 22 Karakteristik Conto Batuan Serpih Minyak Formasi Sangkarewang, Di Daerah Sawahlunto - Sumatera Barat, Berdasarkan Geokimia Organik
Oleh : Robet Lumban Tobing
- 23 - 32 Arsen (as) Sebagai Unsur Penunjuk Mineralisasi Emas Tipe Epitermal Di Daerah Cisolok Kabupaten Sukabumi Jawa Barat
Oleh : Kisman
- 33 - 40 Model Sistem Panas Bumi Berdasarkan Data Gravity Pada Daerah Songa - Wayaua, Pulau Bacan, Maluku Utara
Oleh : Ahmad Zarkasyi Dan Yuanno Rezky
- 41 - 49 Kandungan Gas Metana Batubara Daerah Nibung, Kabupaten Musi Rawas, Provinsi Sumatera Selatan
Oleh : Sigit Arso W.

SARI MAKALAH

TOKOH

Oleh : Penny Oktaviany

KAMUS

Oleh : Penny Oktaviany

PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Oleh : Redaksi

DELINEASI DAERAH PROSPEK PANAS BUMI BERDASARKAN ANALISIS KELURUSAN CITRA LANDSAT DI CANDI UMBUL - TELOMOYO, PROVINSI JAWA TENGAH

Oleh:

Dudi Hermawan, Yuanno Rezky
Pusat Sumber Daya Geologi
Jln. Soekarno - Hatta No. 444 Bandung

SARI

Sistem rekahan yang merupakan media bagi fluida panas bumi untuk muncul ke permukaan dapat didelineasi dengan kelurusan pada citra *landsat*. Kelurusan-kelurusan yang diperoleh dari hasil analisis citra *landsat* sangat membantu dalam analisis struktur geologi, tetapi hal tersebut belum cukup dalam suatu kegiatan eksplorasi panas bumi. Perlu juga diketahui bagian mana yang memiliki struktur geologi paling intensif dan pola umum dari struktur geologi yang berkaitan dengan pembentukan sistem panas bumi daerah tersebut. Peta kerapatan kelurusan (*lineament density map*) akan sangat membantu dalam analisis struktur geologi kepanas-bumian sehingga bisa digunakan untuk mendelineasi perkiraan daerah prospek panas bumi.

Analisis kelurusan struktur di daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo menunjukkan bahwa anomali kerapatan struktur geologi yang tinggi dan diperkirakan sebagai daerah prospek panas bumi adalah di bagian utara kerucut muda Gunung Telomoyo. Anomali ini tersebar dari lereng barat laut kerucut muda Gunung Telomoyo ke utara-timurlaut sampai daerah Keningar dan Candi Dukuh dengan luas 39 km² serta di sekitar manifestasi Candi Umbul dengan luas 7 km². Hal ini didukung oleh kondisi geologi permukaan berupa pemunculan manifestasi mata air panas dan sebaran batuan ubahan bertipe argilik hingga argilik lanjut yang diasumsikan sebagai hasil interaksi fluida hidrotermal dengan batuan sekitar melalui jalur-jalur rekahan.

Kata Kunci : kelurusan, citra *landsat*, struktur geologi, daerah prospek.

ABSTRACT

A fractures system that act as conduit for hydrothermal fluid to flow upward to the surface might be delineated by lineament derived from landsat imagery. The lineaments analysis of landsat imagery is very helpful to analyze the geological structure. However this method is not quite useful for a geothermal exploration. Moreover it should also to be considered which part of the area has the most intensive geological structure and recognized the main pattern of the geological structure which is related to geothermal system. Lineament density map will greatly usefull in the analysis of geothermal geological structure so it can be applied to delineate area of geothermal prospect estimation.

Lineament analysis on Candi Umbul-Telomoyo geothermal area shows that area contain high density anomaly of the geological structure related to geothermal prospect is located at northern part of the young cone of Mount Telomoyo. This anomaly spreads from northwestern flank of young Mount Telomoyo cone and extends to the north-northeast to Keningar and Candi Dukuh area and around geothermal manifestation of Candi Umbul with areas of 39 km² and 7 km² respectively. This anomaly is supported by geological conditions with the occurrence of hot spring and an area of altered rock (argillic to advanced argillic type of alteration) which is assumed as the result of interaction of hydrothermal fluid with the surrounding rock through fracture.

Keywords : *lineament, landsat imagery, structural geology, geothermal prospect area*

PENDAHULUAN

Analisis kelurusan citra *landsat* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menentukan daerah yang memiliki anomali tinggi kerapatan struktur geologi yang dibentuk oleh hubungan dari patahan dan rekahan. Rekahan terbentuk oleh aktivitas tektonik, dan perkembangannya tergantung pada deformasi batuan selama aktifitas tektonik, seperti lipatan dan patahan.

Struktur ini berpotensi sebagai zona permeabel yang dapat berperan sebagai media bagi fluida panas mengalir dari reservoir di kedalaman dangkal. Telah terbukti dalam eksplorasi panas bumi dan eksploitasi bahwa zona permeabel adalah target pemboran yang signifikan untuk menemukan sumur produktif (Soengkono, 1999a dan 1999b).

Sampai saat ini metode analisis kelurusan pada citra *landsat* untuk eksplorasi panas bumi masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, makalah ini dibuat untuk menunjukkan bahwa analisis struktur geologi berdasarkan penarikan kelurusan citra *landsat* sangatlah diperlukan

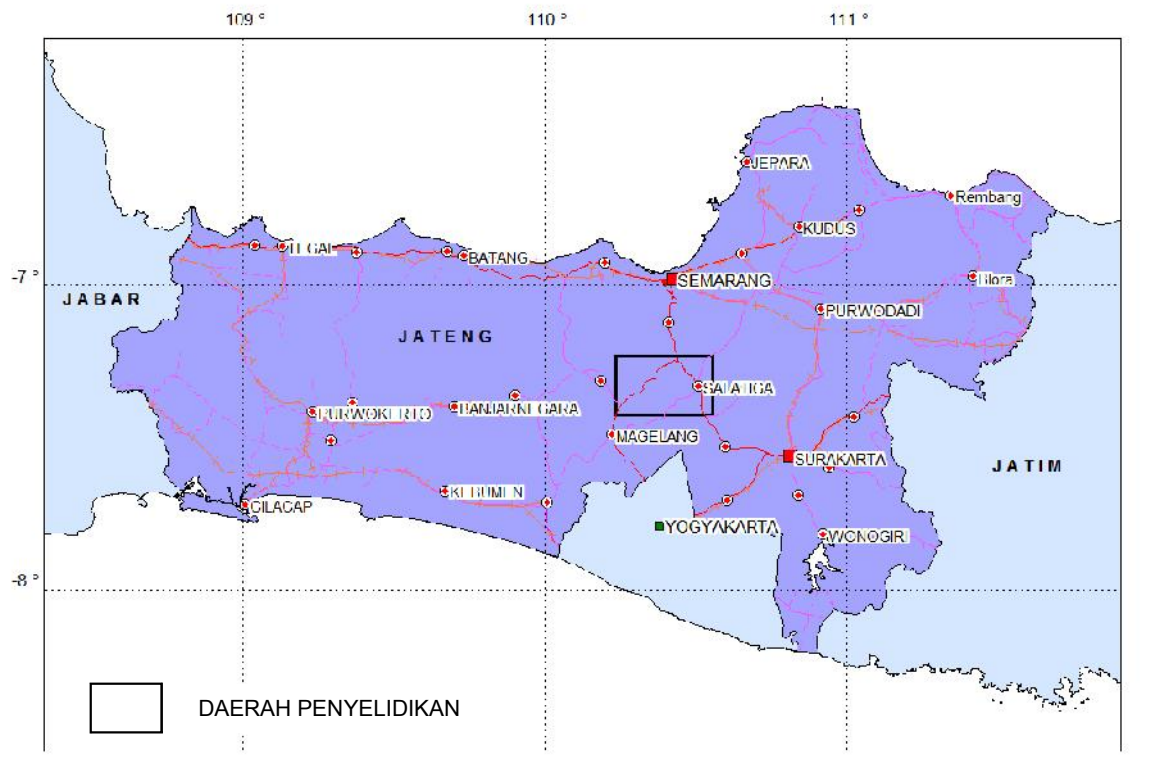
sebagai data awal dalam eksplorasi panas bumi.

Analisis kelurusan citra *landsat* ini dilakukan di daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah yang secara administratif dibatasi di bagian utara oleh Kabupaten Semarang, di bagian selatan oleh Kabupaten Magelang, di bagian barat oleh Kabupaten Temanggung, di bagian tenggara oleh Kabupaten Boyolali, dan di bagian timur oleh Kota Salatiga (Gambar 1).

Hasil analisis ini dapat digunakan untuk menunjang dan melengkapi data hasil survei terpadu geologi dan geokimia serta survei magnetotellurik yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi pada tahun 2010.

TATANAN GEOLOGI

Perkembangan tektonik di Indonesia tidak dapat dipisahkan dari pertemuan atau interaksi antara lempeng Eurasia dan Samudera Hindia. Interaksi ini menghasilkan suatu tatanan geologi yang khas di Pulau Jawa. Secara geologi, Pulau Jawa merupakan suatu kompleks sejarah



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penyelidikan

penurunan basin, pensesaran, perlipatan dan vulkanisme di bawah pengaruh *stress regime* yang berbeda-beda dari Paleogen-Neogen. Secara umum, ada tiga arah pola umum struktur geologi yaitu arah timurlaut–baratdaya yang disebut pola Meratus, arah utara–selatan atau pola Sunda dan arah timur–barat yang disebut pola Jawa (Gambar 2).

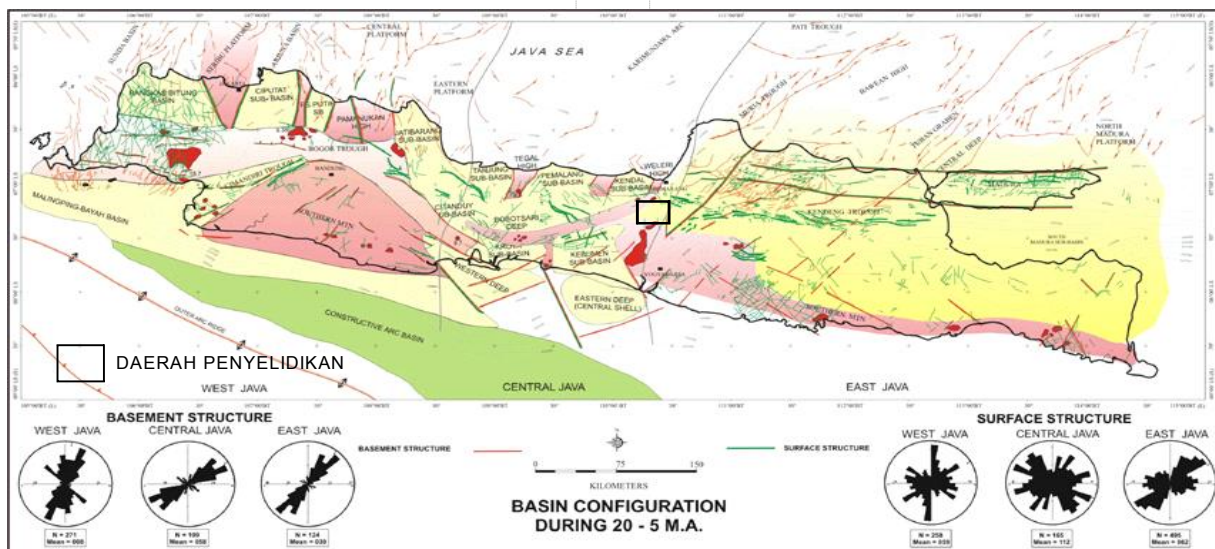
Secara fisiografis daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo termasuk pada zona *North Serayu Range* bagian ujung timur. Pada zona ini terbentuk suatu kompleks gunungapi yang memanjang berarah baratlaut-tenggara yaitu rangkaian Gunung Ungaran-Gunung Telomoyo-Gunung Merbabu-Gunung Merapi yang berada pada lingkungan geologi vulkanik Kuartar. Produk dari gunungapi tersebut berupa batuan piroklastik dan lava dengan komposisi andesit-basaltik.

Batuan tertua yang tersingkap di daerah Candi Umbul-Telomoyo adalah batuan sedimen berumur Miosen Tengah yang merupakan batuan sedimen turbidit dan diendapkan di lingkungan neritik. Pada Kala Pliosen Atas terjadi proses pengangkatan yang diikuti oleh pemunculan aktivitas vulkanik Ungaran Tua pada Kala Plistosen Awal yang diindikasikan dengan terbentuknya satuan lava Ungaran-1. Aktivitas vulkanik juga terjadi di sebelah tenggara Ungaran yaitu aktivitas vulkanik Telomoyo-1 yang menghasilkan produk lava dan batuan piroklastik. Letusan Gunung Telomoyo-1 menyebabkan terjadinya

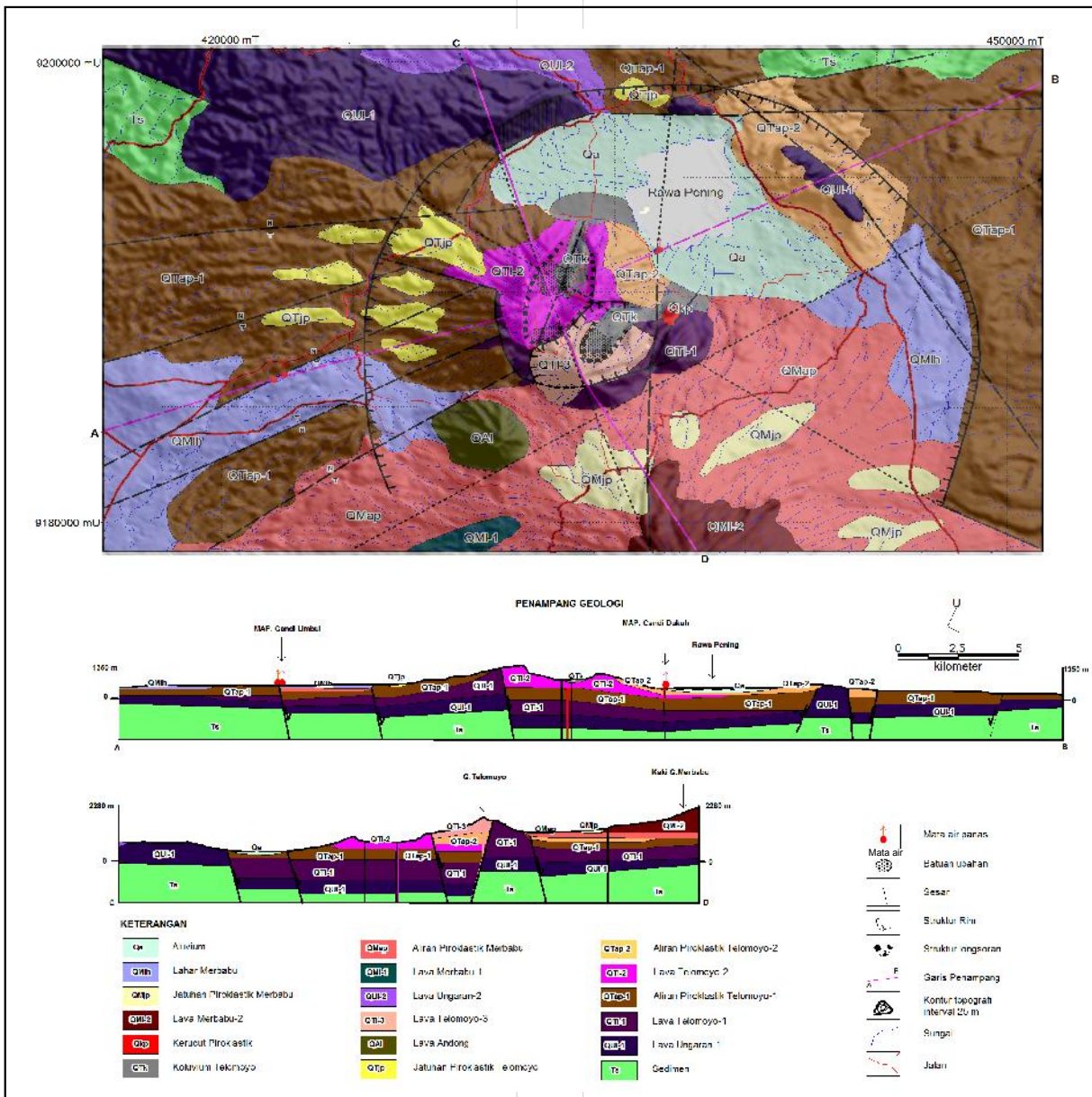
kekosongan di perut bumi sehingga akibat gaya gravitasi terjadi *collapse* di bagian tengah daerah survei yang dicirikan dengan adanya struktur rim kaldera depresi. Di bagian depresi yang merupakan zona lemah ini kemudian muncul kembali aktivitas vulkanik Telomoyo-2 yang menghasilkan produk lava dan batuan piroklastik. Aktivitas vulkanik ini terus berlanjut hingga membentuk kerucut Telomoyo sekarang dan kerucut Andong. Pada akhir aktivitas vulkanik Telomoyo terjadi erupsi setempat pada zona sesar yang membentuk satuan kerucut piroklastik berupa *scoria cone*. Hampir bersamaan dengan aktivitas vulkanik terakhir kompleks Telomoyo, di sebelah utara (Ungaran) dan sebelah selatan (Merbabu) juga terjadi aktivitas vulkanik yang menghasilkan produk lava dan batuan piroklastik.

Selanjutnya, proses erosi yang berlangsung sampai saat ini menghasilkan endapan lahar dan aluvium seperti yang banyak terdapat di sepanjang pedataran dan sungai-sungai besar (Gambar 3).

Struktur geologi yang berkembang terdiri dari struktur rim kaldera dan sesar-sesar normal berarah baratdaya-timurlaut yang terbentuk akibat aktivitas Gunung Telomoyo, serta sesar-sesar mendatar berarah relatif utara-selatan dan baratlaut-tenggara yang merupakan struktur regional dan sebagian sudah ditutupi oleh produk batuan yang lebih muda (Tim Survei Terpadu Panas Bumi, PSDG, 2010).



Gambar 2. Peta Pola Struktur Pulau Jawa (Sribudiyani, dkk, 2003)



Gambar 3. Peta Geologi Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo (Tim Survei Terpadu Panas Bumi, PSDG, 2010)

MANIFESTASI PANAS BUMI

Manifestasi panas bumi di daerah Candi Umbul-Telomoyo terdiri dari mata air panas yang tersebar di tiga lokasi yaitu mata air panas Candi Dukuh dengan temperatur berkisar antara 35-36°C, serta mata air panas Candi Umbul dan Pakis Dadu dengan temperatur berkisar antara 35-36°C.

Selain manifestasi berupa mata air panas, di daerah ini ditemukan juga batuan ubahan bertipe argilik hingga argilik lanjut yang tersebar cukup luas di tiga lokasi yaitu di daerah Sepakung, Keningar dan Kendal Duwur.

METODOLOGI

Aplikasi dari metode kerapatan kelurusan ini sangat penting diterapkan pada daerah yang memiliki potensi panas bumi. Hal ini disebabkan manifestasi panas bumi muncul dikarenakan adanya interaksi fluida panas dengan batuan sekitar pada zona patahan dan rekahan yang intensif. Dari citra *landsat* dapat diamati kelurusan-kelurusan yang diperkirakan merupakan struktur geologi berupa perbedaan kontras rona pada citra satelit. Kelurusan-kelurusan inilah yang mengontrol tinggi-rendahnya anomali kerapatan kelurusan.

Untuk mencapai sasaran diatas, metode yang dilakukan terdiri dari penajaman citra, *filtering*, dan penarikan kelurusan. Kelurusan ditarik secara manual berdasarkan kesamaan *color value*. Kelurusan yang didapat merupakan hasil interpretasi karena kelurusan yang tidak mencerminkan struktur tidak diperhitungkan sebagai kelurusan, misalnya *noise-noise* dari atmosfer, awan, jalan raya, dan lain sebagainya. Arah dari kelurusan ini kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa arah utama. Dari pengklasifikasian ini dapat dilihat pola utama struktur yang berkembang, sehingga bisa diperkirakan pola struktur yang mengontrol pemunculan manifestasi panas bumi. Setelah itu dilakukan pembuatan *gridding* untuk mendapatkan peta kerapatan patahan dan rekahan (*fault and fracture density map*) serta peta kerapatan perpotongan patahan dan rekahan (*fault and fracture dilational map*).

Grid area yang paling sesuai untuk

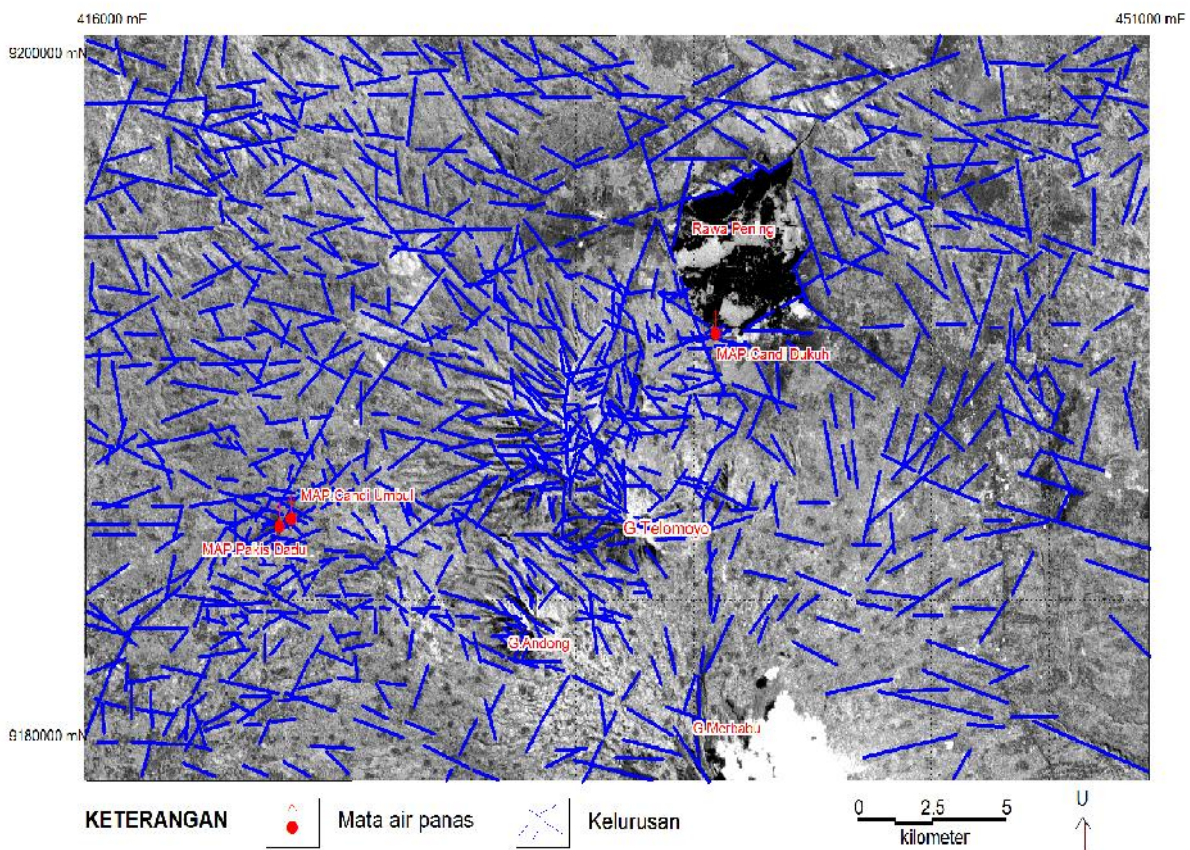
analisis kerapatan kelurusan suatu lapangan panas bumi adalah 1 km² dan unit yang diperoleh adalah km/km² Soenggono (1999).

Dari ke dua peta tersebut setelah dikompilasikan dapat ditarik deliniasi anomali kerapatan patahan dan rekahan sebagai batas daerah prospek panas bumi.

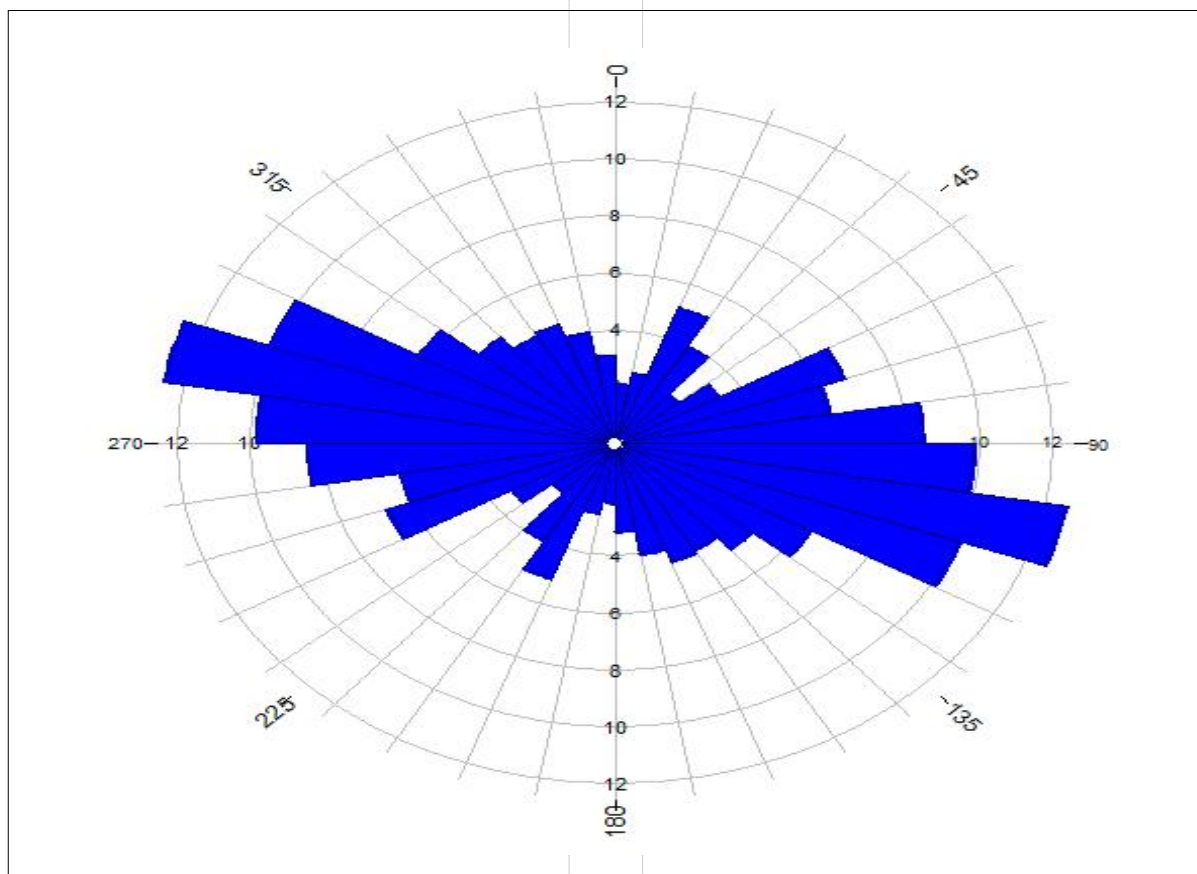
Citra *landsat* yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data USGS (*United State Geological Survey*) tahun 2003 dengan menggunakan *band 4-5-7* dan *band 3-2-1* dalam proses pengolahannya.

HASIL PENYELIDIKAN

Berdasarkan hasil penarikan kelurusan patahan dan rekahan (Gambar 4) yang kemudian dimasukkan ke dalam diagram Roset (Gambar 5), arah kelurusan struktur utama di daerah Candi Umbul-Telomoyo terdiri dari 4 (empat) arah struktur utama, yaitu arah N 100-110 °/E atau N 280-290 °/E, arah N 60-70 °/E atau N 240-250 °/E, arah N 20-30 °/E atau N 200-210 °/E, dan arah N 150-160 °/E atau N 330-340 °/E.



Gambar 4. Peta Kelurusan Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo



Gambar 5. Diagram Roset Pola Kelurusan

Peta Kerapatan Patahan dan Rekahan

Peta ini menggambarkan anomali kerapatan patahan dan rekahan yang diasumsikan sebagai *recharge area* yang memiliki permeabilitas paling baik.

Anomali kerapatan patahan dan rekahan dengan nilai diatas 6 km/km^2 terdapat di bagian utara kerucut muda Gunung Telomoyo sampai daerah Candi Dukuh, di daerah sekitar manifestasi Candi Umbul, di lereng barat Gunung Andong, serta di bagian barat laut Gunung Telomoyo (Desa Banyuurip) dan di perbukitan sebelah utara Kota Salatiga yaitu di daerah Bukit Payung (Gambar 6).

Peta Kerapatan Perpotongan Patahan dan Rekahan

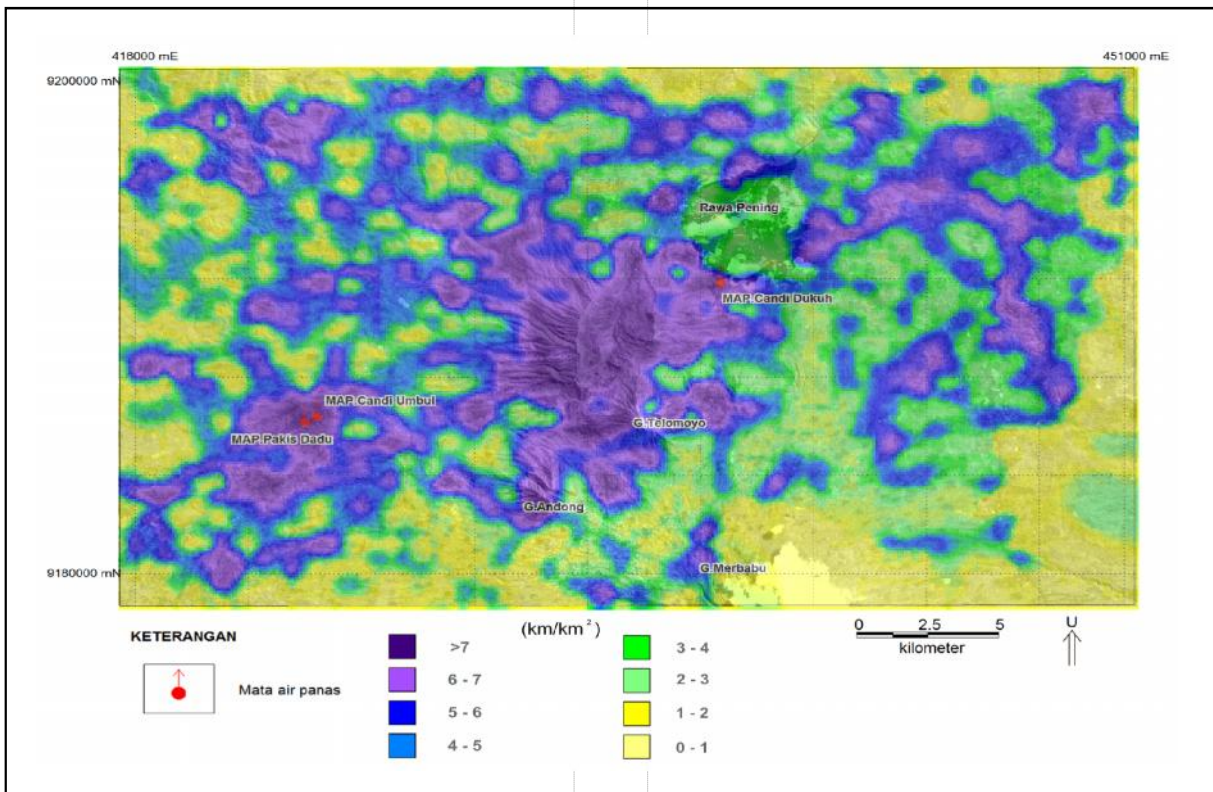
Peta ini menggambarkan zona bukaan struktur (jog) dari hasil perpotongan kelurusan yang memiliki anomali kerapatan tinggi sebagai media potensial bagi fluida panas bumi muncul ke permukaan.

Zona bukaan struktur yang memiliki anomali kerapatan tinggi dengan nilai diatas 6 km/km^2 terdapat di bagian utara kerucut

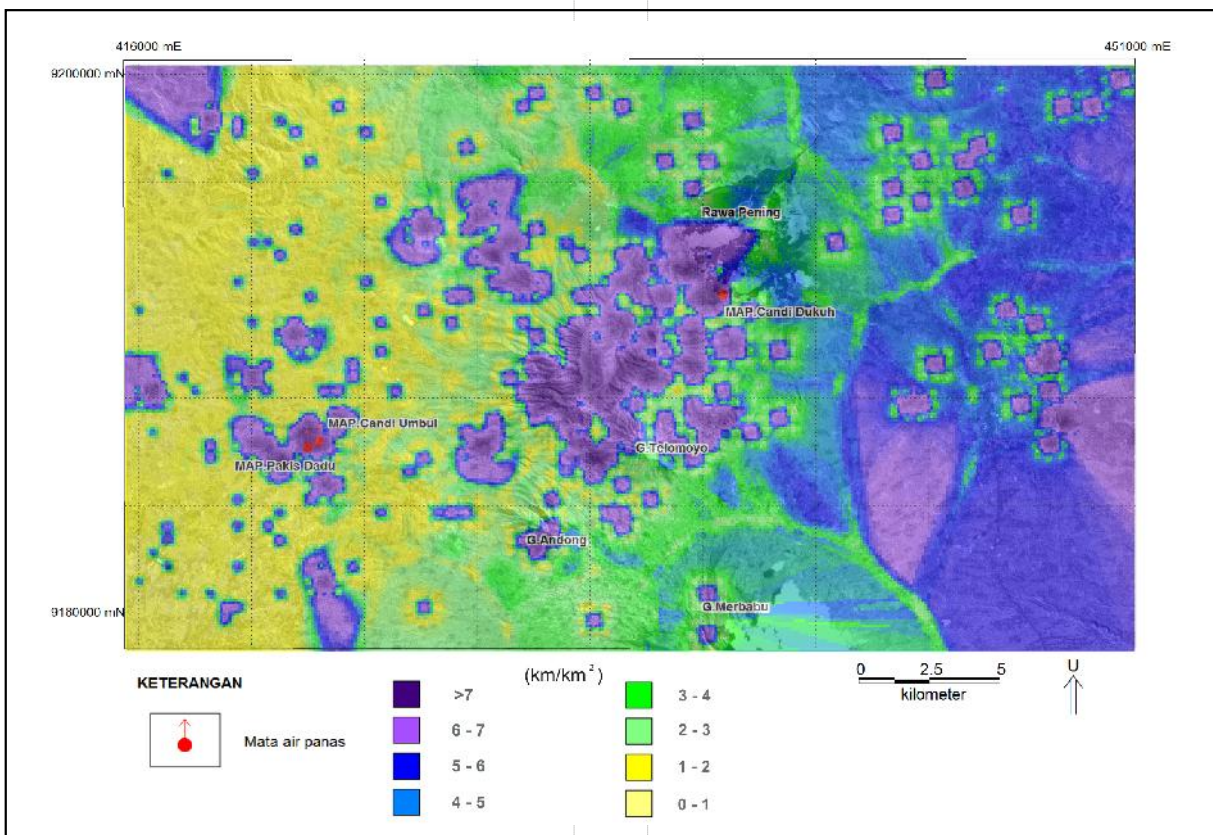
muda Gunung Telomoyo sampai daerah Candi Dukuh, di daerah sekitar manifestasi Candi Umbul, dan di barat laut Gunung Telomoyo yaitu di sekitar Desa Ngadisari (Gambar 7).

Peta Kompilasi Kerapatan Patahan dan Rekahan

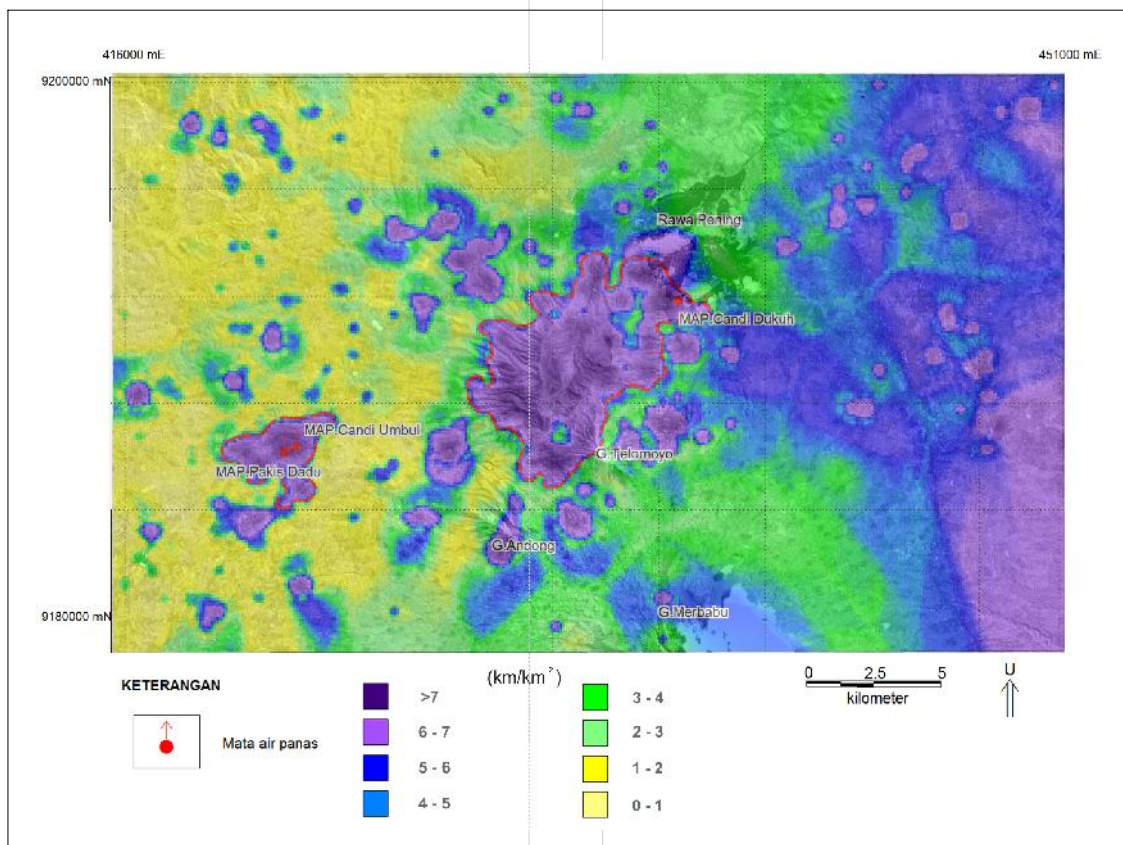
Peta ini merupakan peta kompilasi dari peta kerapatan patahan dan rekahan dan peta kerapatan perpotongan patahan dan rekahan. Dari peta ini dapat dideliniasi perkiraan daerah yang memiliki anomali kerapatan struktur geologi yang paling tinggi. Setelah dideliniasi, anomali kerapatan struktur geologi dengan nilai diatas 6 km/km^2 terletak di bagian utara kerucut muda Gunung Telomoyo yaitu dari lereng barat laut kerucut muda Gunung Telomoyo memanjang ke utara-timurlaut sampai daerah Keningar dan Candi Dukuh dengan luas sekitar 39 km^2 serta di daerah sekitar manifestasi Candi Umbul dengan luas sekitar 7 km^2 (Gambar 8).



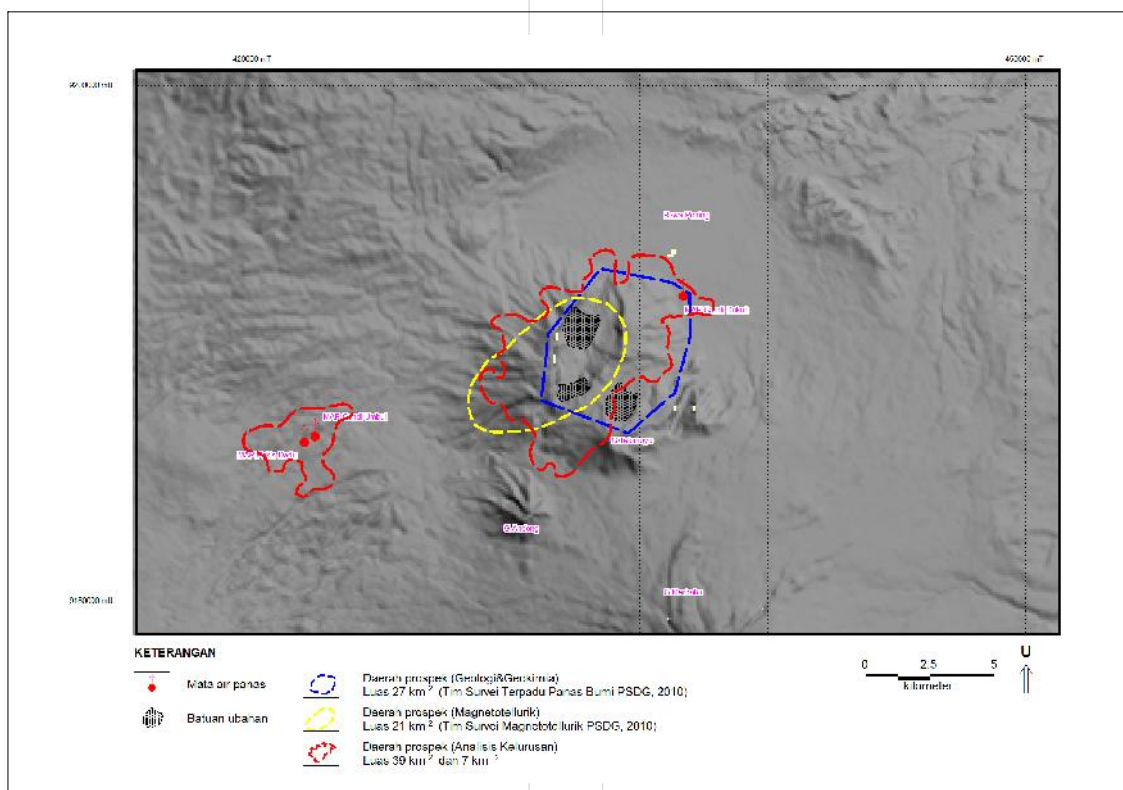
Gambar 6. Peta Kerapatan Patahan dan Rekahan Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo



Gambar 7. Peta Kerapatan Perpotongan Patahan dan Rekahan Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo



Gambar 8. Peta Kompilasi Kerapatan Patahan dan Rekahan Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo



Gambar 9. Peta Kompilasi Geosains Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo

PEMBAHASAN

Dari ke-empat arah kelurusan struktur utama tersebut, arah struktur yang paling dominan adalah arah N 100-110 °E atau N 280-290 °E dan struktur yang berarah N 20-30 °E atau N 200-210 °E. Struktur-struktur ini diperkirakan merupakan pola struktur termuda yang berkembang di daerah ini dan mengontrol pemunculan manifestasi panas bumi Candi Umbul-Telomoyo.

Arah utama struktur geologi di daerah ini sesuai dengan pola struktur regional (Gambar 2) yaitu searah dengan pola Jawa yang relatif berarah barat-timur.

Anomali kerapatan kelurusan yang tinggi menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan daerah prospek panas bumi yang memiliki kerapatan struktur geologi yang memadai untuk membentuk suatu sistem panas bumi.

Dari Peta Kompilasi Kerapatan Patahan dan Rekahan dapat diketahui bahwa daerah prospek panas bumi Candi Umbul-Telomoyo terletak di bagian utara kerucut muda Gunung Telomoyo yaitu dari lereng baratlaut kerucut muda Gunung Telomoyo memanjang ke utara-timurlaut sampai daerah Keningar dan Candi Dukuh dengan luas sekitar 39 km² serta di daerah sekitar manifestasi Candi Umbul dengan luas sekitar 7 km².

Apabila dibandingkan dengan peta kompilasi geosains (modifikasi dari Laporan Survei Terpadu Geologi dan Geokimia daerah Candi Umbul-Telomoyo dan Laporan Survei Magnetotellurik daerah Candi Umbul-Telomoyo, PSDG 2010), daerah prospek panas bumi Candi Umbul-Telomoyo yang dideliniasi dari peta kerapatan struktur ini mendukung hasil survei tersebut (Gambar 9).

DAFTAR PUSTAKA

Browne, P.R.L., 1989, *Investigation at The Rotokawa Geothermal Field Taupo Volcanic Zone*, Journal of Geothermal Research Society, New Zealand.

<http://glovis.usgs.gov>, diakses tanggal 22 Mei 2010

Robert E. Thaden, dkk, (1975), *Geologi Lembar Magelang dan Semarang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Soengkono, S., *Te Kopia geothermal system (New Zealand) - the relationship between its structure and extent*, Geothermics 28 (1999a), page 767-784.

Oleh karena itu metode penarikan kelurusan pada citra *landsat* ini layak digunakan sebagai metode awal yang dilakukan untuk suatu kegiatan eksplorasi panas bumi.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dengan metode pemetaan kerapatan struktur menunjukkan bahwa daerah prospek panas bumi Candi Umbul-Telomoyo terletak di bagian utara kerucut muda Gunung Telomoyo yaitu dari lereng baratlaut kerucut muda Gunung Telomoyo memanjang ke utara-timurlaut sampai daerah Keningar dan Candi Dukuh dengan luas sekitar 39 km², serta di daerah sekitar manifestasi Candi Umbul dengan luas sekitar 7 km².

Daerah prospek panas bumi yang dideliniasi dengan metode ini ternyata sangat sesuai dengan hasil survei sebelumnya (survei terpadu geologi, geokimia, dan geofisika, serta survei magnetotellurik).

Metode analisis struktur geologi berdasarkan penarikan kelurusan citra *landsat* sangat perlu untuk dilakukan pada tahap awal eksplorasi panas bumi. Dari hasil analisis ini bisa diketahui daerah yang memiliki anomali tinggi kerapatan struktur geologi yang berpotensi sebagai daerah prospek bagi pengembangan panas bumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada rekan-rekan dan tim editor yang telah mengoreksi dan memberikan saran dalam penyusunan makalah ini. Serta kepada dewan redaksi yang telah memberikan kesempatan makalah ini sehingga dapat diterbitkan.

- Soengkono, S., *Analysis of Digital Topographic Data for Exploration and Assessment of Geothermal System*, Proceeding 21st New Zealand Geothermal Workshop (1999b).
- Suryantini and Hendro Wibowo, *Application of Fault and Fracture Density (FFD) Method for Geothermal Exploration in Non-Volcanic Geothermal System; a Case Study in Sulawesi-Indonesia*. Proceedings World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia.
- Sugeng, 2005. Kajian Analisis Kelurusan Struktur dengan Citra Landsat Digital untuk Eksplorasi Mineralisasi Emas di Daerah Bayah, Kabupaten Lebak, Jawa Barat, *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*.
- Sabins, FF, 1996. *Principles And Interpretation*. New York: WH Freeman And Company.
- Sribudiyani, Nanang Muchsin, Rudy Ryacudu, Triwidiyo Kunto, Puji Astono, Indra Prasetya, Benyamin Sapiie, Sukendar Asikin, Agus H. Harsolumakso, Ivan Yulianto, 2003, *The Collision of The East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in The East Java Basin*. Proceeding Indonesian Petroleum Association, Twenty-Nine Annual Convention and Exhibition.
- Tim Survei Terpadu Geologi dan Geokimia, 2010. Laporan Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung (*unpublished report*).
- Tim Survei Magnetotellurik, 2010. Laporan Survei Magnetotellurik Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung (*unpublished report*).

Diterima tanggal 14 Maret 2011
Revisi tanggal 16 Juni 2011

KARAKTERISTIK CONTO BATUAN SERPIH MINYAK FORMASI SANGKAREWANG, DI DAERAH SAWAHLUNTO - SUMATERA BARAT, BERDASARKAN GEOKIMIA ORGANIK

Oleh:

Robet Lumban Tobing

Pusat Sumber Daya Geologi
Jln. Soekarno - Hatta No. 444 Bandung

SARI

Berdasarkan analisis geokimia organik, material organik di dalam conto batuan serpih minyak Formasi Sangkarewang berkisar 0,11-5,12%, berasal dari campuran alga dan tumbuhan tinggi, terendapkan pada lingkungan danau teroksidasi, merupakan kerogen Tipe II dan Tipe III, serta memiliki tingkat kematangan dengan kategori belum matang-awal matang.

Kata kunci: serpih minyak, material organik, kematangan.

ABSTRACT

Based on the analysis of organic geochemistry and organic material in the rock samples from oil shale in Sangkarewang Formation is about 0.11 to 5.12%, derived from a mixture of algae and higher plants, deposited in the oxidized lake environment, to form the kerogen Type II and III, and have immature to early mature level of maturity.

Key words: oil shale, organic material, maturity.

PENDAHULUAN

Ketergantungan pada minyak dan gas bumi sebagai sumber energi utama, diiringi dengan kenaikan harga minyak dan menurunnya cadangan minyak dalam negeri, menyebabkan perlunya menemukan sumber energi baru sebagai energi pengganti. Serpih minyak (*oil shale*) merupakan salah satu sumber energi alternatif pengganti minyak dan gas bumi konvensional. Serpih minyak adalah batuan sedimen berbutir halus yang mengandung material organik yang akan menghasilkan minyak ketika dilakukan *retorting* pada temperatur 550°C (Yen dan Chilingarian, 1976; Hutton, 1987; Dyni, 2006; Lee et al., 2007).

Menurut Dyni (2006), nilai ekonomis serpih minyak berkisar 25-40 liter minyak/ton batuan.

Maksud tulisan ini yaitu untuk mengetahui karakter conto batuan serpih minyak Formasi Sangkarewang yang

tersebar di daerah Sawahlunto dalam menghasilkan minyak serpih (*shale oil*).

Lokasi penelitian secara administratif merupakan wilayah Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatra Barat. Koordinat geografis daerah penelitian berada pada 0°27'00" - 0°44'00" LS dan 100°38'00" - 100°50'00" BT (Gambar 1).

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Morfologi di daerah penelitian dibedakan menjadi dua satuan morfologi, yaitu Satuan Perbukitan Berlereng Landai dan Satuan Perbukitan Berlereng Terjal. Satuan Perbukitan Berlereng Landai tersusun oleh batuan sedimen klastik berbutir halus, berumur Tersier dan batuan vulkanik berumur Kuarter. Satuan Perbukitan Berlereng Terjal tersusun oleh batuan sedimen klastik kasar berumur Pratersier-Tersier. Pola aliran sungai adalah subtrellis dan subdentritik (Amarullah, 2007).

Stratigrafi di daerah penelitian terdiri dari batuan Pratersier dan Tersier. Batuan Pratersier yang menjadi batuan dasar pada Cekungan Ombilin tersusun oleh Formasi Kuantan berumur Karbon-Perm, Formasi Silungkang berumur Perm-Trias, Formasi Tuhur berumur Trias. Secara tidak selaras, di atas batuan Pratersier terendapkan batuan Tersier tersusun oleh Formasi Brani yang menjemari dengan Formasi Sangkarewang berumur Eosen-Oligosen Tengah, Anggota Bawah Formasi Ombilin berumur Oligosen, Anggota Atas Formasi Ombilin berumur Miosen Awal-Tengah, dan Kelompok Vulkanik (Silitonga dan Kastowo, 1995). Menurut Koesoemadinata dan Matasak (1981) Kelompok Vulkanik dinamakan Formasi Ranau berumur Plio-Plistosen.

Struktur geologi yang berkembang berupa struktur sinklin berarah barat-laut-tenggara, dengan sudut kemiringan lapisan batuan berkisar 5° - 80° , serta struktur sesar mendatar dan sesar normal. Sesar yang memotong perlapisan batuan adalah sesar mendatar berarah utara-selatan (Amarullah, 2007).

SUMBER DATA

Data yang digunakan dalam tulisan ini adalah data yang diperoleh dari hasil pemetaan geologi dan pemboran endapan bitumen padat pada Formasi Sangkarewang di daerah Sawahlunto dan sekitarnya, yang dilakukan oleh tim pemetaan geologi dan pemboran, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung. Di lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi, serpih minyak dikenal dengan bitumen padat. Pengambilan conto batuan dilakukan pada lokasi-lokasi tertentu, yaitu empat conto batuan yang berasal dari pemboran inti (*coring*) sumur TL-1, yaitu TL-1/9, TL-1/23, TL-1/34, TL-1/42, empat conto batuan dari sumur TL-2, yaitu TL-2/5, TL-2/18, TL-2/22, TL-2/30, dan empat conto batuan yang berasal dari singkapan, yaitu KLM-1, SKR-11, SJT-1, dan AN-1. Total conto batuan yang dianalisis berjumlah 12 (dua belas) conto batuan.

DATA HASIL ANALISIS

Secara geokimia organik, karakter

serpih minyak meliputi kekayaan, tipe, kematangan termal material organik, serta asal mula dan lingkungan pengendapannya. Analisis laboratorium yang dilakukan terhadap conto batuan serpih minyak terdiri dari analisis TOC (*total organic carbon*), pirolisis menggunakan alat Rock-Eval, ekstraksi dan GC (*gas chromatography*).

Analisis TOC dari suatu conto batuan bertujuan untuk mengetahui kelimpahan material organik pada conto batuan. Analisis TOC yang dilakukan terhadap 12 (dua belas) conto batuan menunjukkan bahwa conto batuan mengandung karbon organik berkisar 0,11-5,21%, dengan nilai T_{maks} 367-443°C (Tabel 1).

Berdasarkan pirolisis Rock-Eval conto batuan, diperoleh nilai HI (*hydrogen index*) sebesar 350-608 miligram hidrokarbon/gram TOC (Tabel 1), mengindikasikan bahwa kemampuan conto batuan untuk menghasilkan hidrokarbon dikategorikan sedang-sangat banyak, kecuali conto batuan SKR-11 dengan nilai HI sebesar 54 miligram hidrokarbon/gram TOC, memiliki kecenderungan menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah relatif sedikit (Waples, 1985).

Menurut Peters dan Cassa (1994), nilai HI berkisar 50-200 miligram hidrokarbon/gram TOC, merupakan kerogen Tipe III, dan pada puncak kematangan akan menghasilkan gas. Kerogen Tipe III merupakan material organik darat yang kurang akan kandungan lemak atau zat lilin. Selulosa dan lignin merupakan material penyumbang terbesar kerogen tipe ini (Waples, 1985).

Data analisis ekstraksi dan kromatografi gas (Tabel 2; Gambar 2) yang dilakukan pada conto batuan TL-1/23, TL-1/34, TL-2/18 dan TL-2/22, menunjukkan nilai EOM (*Extraction Organic Material*) sebesar 2.382-6.039 ppm. Kandungan ekstraksi terbesar terdapat pada conto TL-2/18 dan TL-2/22 yaitu 5.665 dan 6.039 ppm, sedangkan pada conto TL-1/23 dan TL-1/34 sebesar 2.382 dan 2.714 ppm. Menurut Peters dan Cassa (1994), nilai EOM sebesar 2.000-4.000 ppm berpotensi menghasilkan

Tabel 1. Data analisis geokimia organik conto batuan serpih minyak pada sumur pemboran TL-1, TL-2, dan singkapan batuan (Amarullah, 2007).

No.	Kode Sampel	Kedalaman (m)	Geokimia Organik											
			TOC (%)	S1	S2	S3	PY	S2/S3	PI	PC	Tmax (oC)	HI	OI	
1	TL-1/9	12,00 - 13,40	3,89	1,04	18,93	0,13	19,97	145,62	0,05	1,66	443	487	3	
2	TL-1/23	32,35 - 32,75	3,93	2,09	19,24	0,33	21,33	58,30	0,10	1,77	441	489	8	
3	TL-1/34	46,90 - 48,90	4,06	2,45	22,69	0,05	25,14	453,80	0,10	2,09	439	559	1	
4	TL-1/42	57,88 - 58,64	3,87	2,36	20,75	0,14	23,11	148,21	0,10	1,92	439	536	4	
5	TL-2/5	13,00 - 15,00	4,65	1,83	23,11	0,39	29,94	59,26	0,07	2,07	437	497	8	
6	TL-2/18	39,00 - 41,00	4,79	2,11	28,07	0,19	30,81	151,05	0,07	2,50	442	599	2	
7	TL-2/22	47,00 - 49,00	4,66	2,13	28,34	0,09	30,47	314,89	0,07	2,53	443	608	2	
8	TL-2/30	63,00 - 64,00	4,8	2,26	23,21	0,54	25,47	42,98	0,09	2,11	441	483	11	
9	KLM-1	-	5,21	1,05	22,05	0,50	23,10	44,10	0,05	1,92	435	423	10	
10	SKR-11	-	0,11	0,05	0,06	0,15	0,11	0,40	0,45	0,01	367	54	134	
11	SJT-1	-	3,40	1,01	11,91	0,45	12,92	26,47	0,08	1,07	434	350	13	
12	AN-1	-	3,14	0,79	11,49	0,35	12,28	32,83	0,06	1,02	437	366	11	

Catatan :
 TOC : Total Organic Carbon (%)
 S1 : Volatile Hydrocarbon (mg/g)
 S2 : Hydrocarbon Generating Potential (mg/g)
 S3 : Organic Carbon Dioxide (mg/g)
 PY : Potential Yield =(S1 + S2) (mg/g)
 PI : Production Index=S1/(S1 + S2)
 PC : Pyrolysable Carbon
 Tmax : Maximum Temperatur S2
 HI : Hydrogen Index = (S2/TOC) x 100
 OI : Oxygen Index = (S3/TOC) x 100

Tabel 2.

Data analisis ekstraksi dan kromatografi gas conto batuan serpi minyak (Amarullah,2007).

Kode Sampel	TL-1/23	TL-1/34	TL-2/18	TL-2/22
Jenis Sampel	Inti bor	Inti bor	Inti bor	Inti bor
Kedalaman (m)	32,35 - 32,75	46,90 - 48,90	39,00 - 41,00	47,00 - 49,00
EOM (ppm)	2.392,43	2.714,85	3.665,15	6.039,25
TOC (%w)	3,93	4,06	4,79	4,66
Sat. (%w)	25,94	50,90	27,32	28,03
Aro. (%w)	9,21	9,00	7,16	7,97
NSO (%w)	64,85	40,10	65,22	64,00
HC (ppm)	123.900,47	276.371,73	329.543,80	338.560,36
Extr (mg/gTOC)	80,59	68,84	118,32	129,53
HC (mg/gTOC)	48.589,70	112.251,14	148.236,47	157.853,77
Pr/Ph	3,92	4,12	1,92	1,79
Pr/n-C ₁₇	2,31	1,95	2,58	2,14
Ph/n-C ₉	0,86	0,84	1,25	1,31
CPI	1,32	1,32	1,13	1,19
C ₂₉ -C ₃₃ /C ₁₅ -C ₁₉	0,62	0,81	0,85	0,84

Keterangan:
 EOM : gr bitumen/gr conto x 10³ (ppm)
 TOC : Total Organic Carbon (% w)
 Sat. : Saturated Fraction
 Aro. : Aromatic Fraction
 NSO : Non Polars Fraction
 Pr : Pristane
 Ph : Phytane
 n-C₁₇ : Normal alkane
 CPI : Carbon Preference Index
 CPI : (C₂₅-C₂₇+C₂₉)/(C₂₇+C₂₉+C₃₁)
 HC (ppm) : (% Sat + % Aro) x Extr (ppm)
 Extr (mg/gTOC) : Extract (ppm)/10 x TOC
 HC (mg/gTOC) : HC(ppm)/10 x TOC

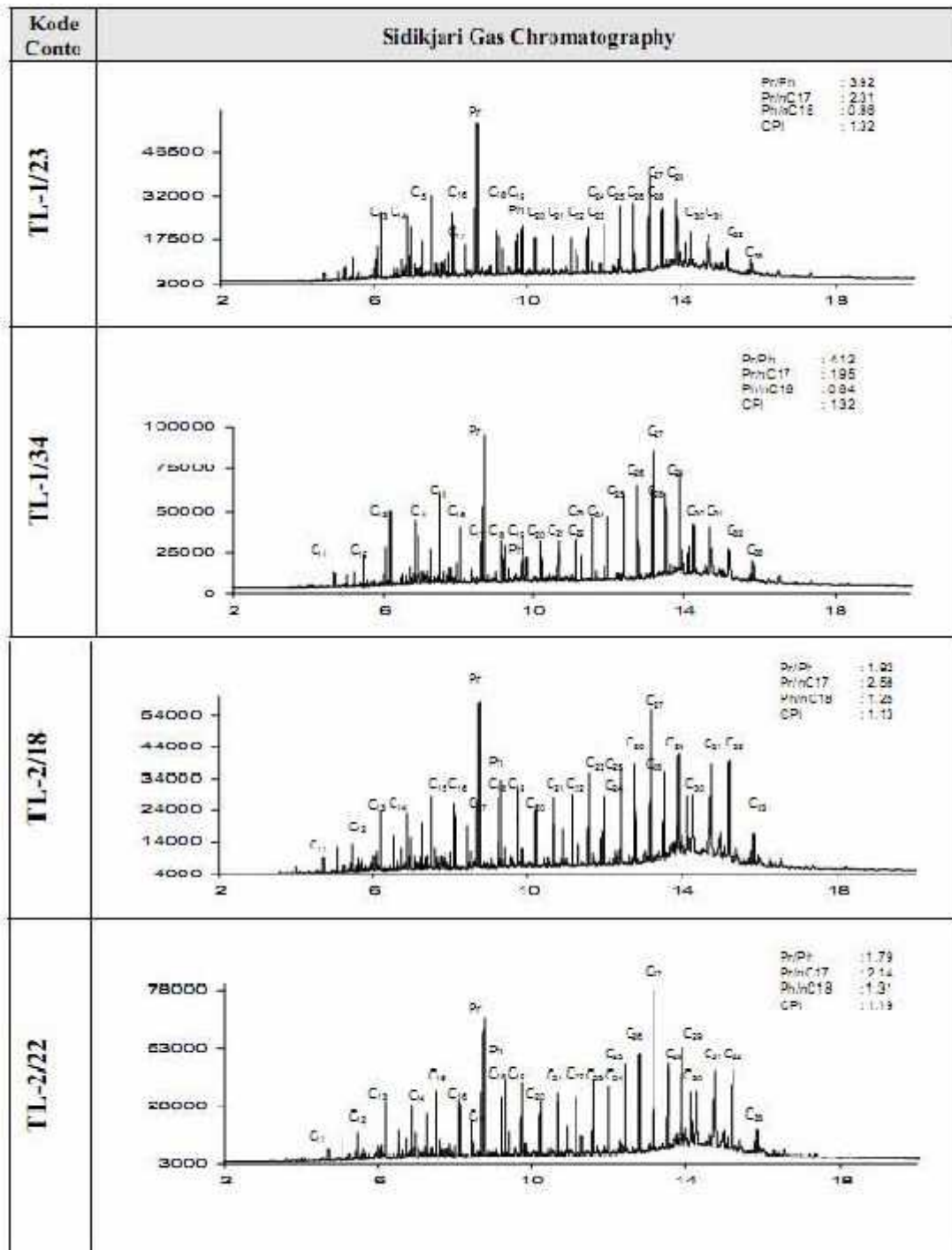
hidrokarbon dengan kategori sangat baik, dan nilai ekstraksi >4.000 ppm dikategorikan istimewa.

Berdasarkan data hasil analisis TOC pada Tabel 1 diperoleh kandungan karbon organik conto batuan berkisar 0,11-5,21%, kecuali conto SKR-11 yang mengandung karbon organik sebesar 0,11%. Menurut Waples (1985) conto batuan yang memiliki kandungan karbon organik >2,0% kemungkinan berpotensi baik-sangat baik sebagai batuan induk, sedangkan conto batuan yang memiliki kandungan karbon organik <0,5% kemampuan sebagai batuan induk dapat diabaikan karena memiliki kecenderungan menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah yang sangat kecil dan kemungkinan tidak terjadi ekspulsif. Korelasi antara TOC conto batuan hasil pemoran TL-1 dan TL-2 terhadap kedalaman berupa

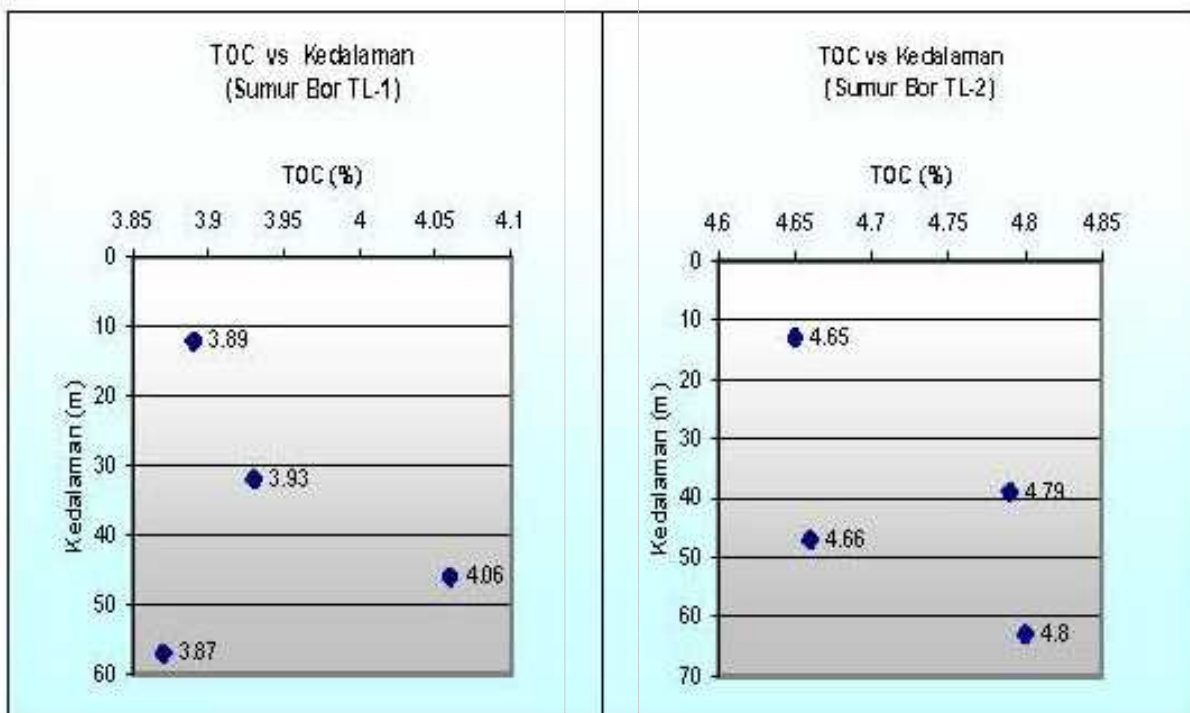
plot silang pada diagram TOC dan kedalaman.

Gambar 3), memperlihatkan bahwa kandungan material organik semakin berlimpah dengan bertambahnya kedalaman.

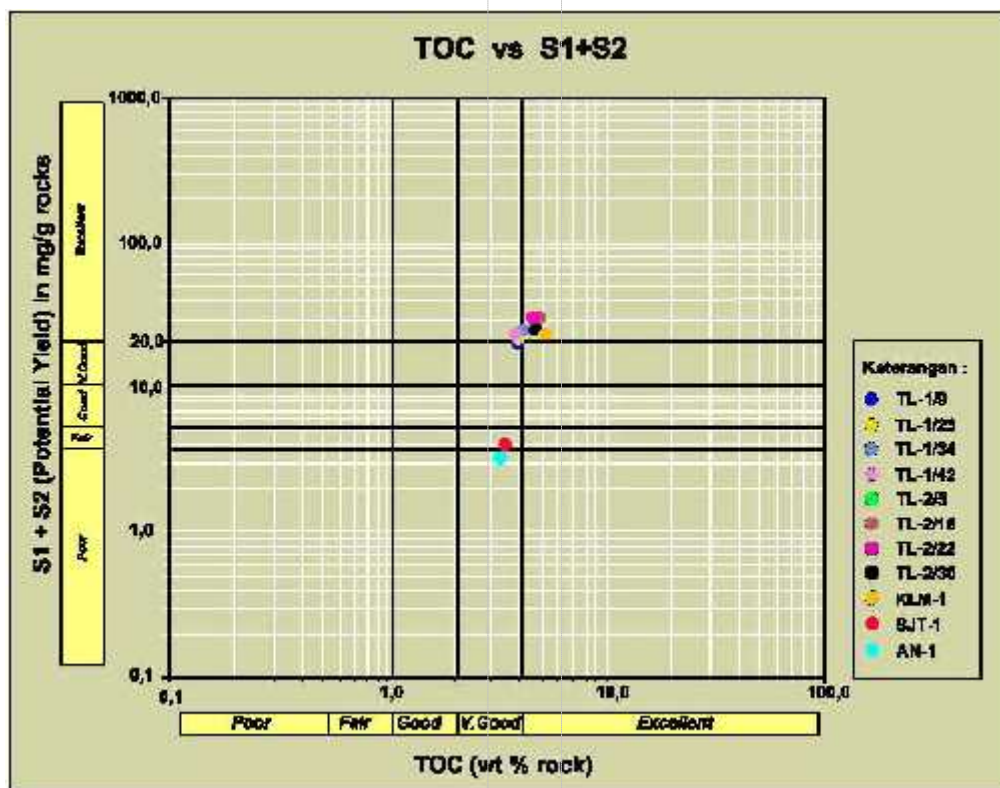
Penggunaan parameter TOC dan PY (*Potential Yields*) berupa plot silang pada diagram TOC terhadap PY (Gambar 4) memperlihatkan bahwa potensi conto batuan untuk menghasilkan hidrokarbon termasuk dalam kriteria sedang-istimewa (*fair-excellent*). Plot silang antara ekstraksi conto batuan dan karbon organik pada diagram ekstraksi terhadap TOC mengindikasikan bahwa conto TL-2/18 dan TL-2/22 memiliki kualitas yang paling baik sebagai batuan induk (Gambar 5).



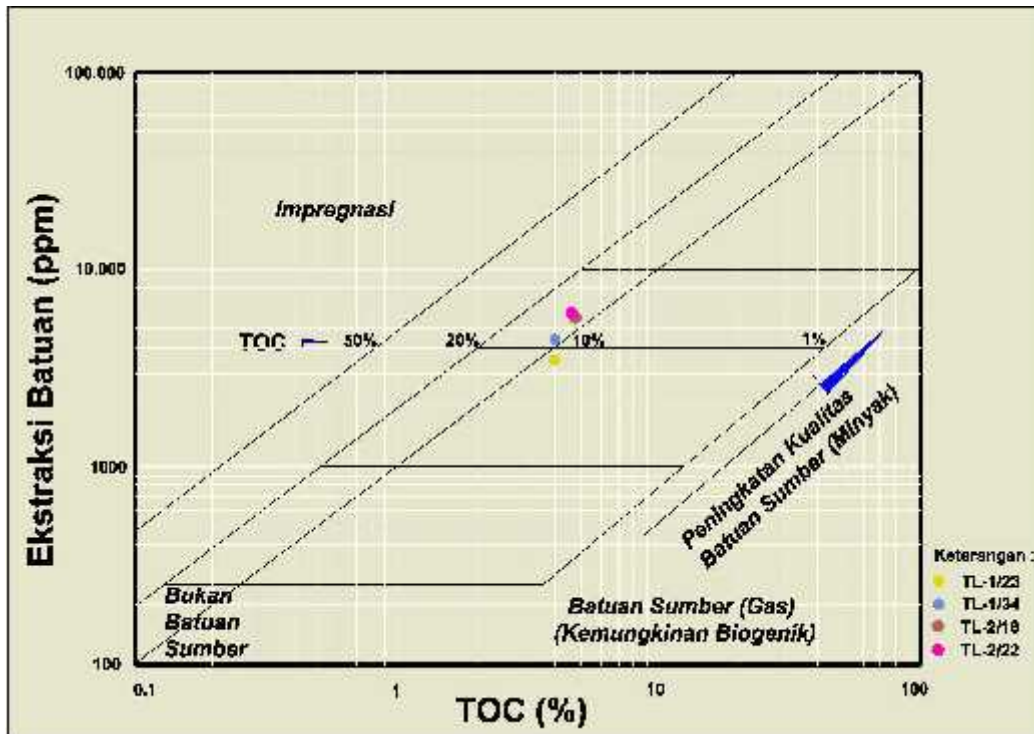
Gambar 2. Sidikjari kromatografi gas conto TL-1/23, TL-1/34, TL-2/18 dan TL-2/22 (Amarullah, 2007).



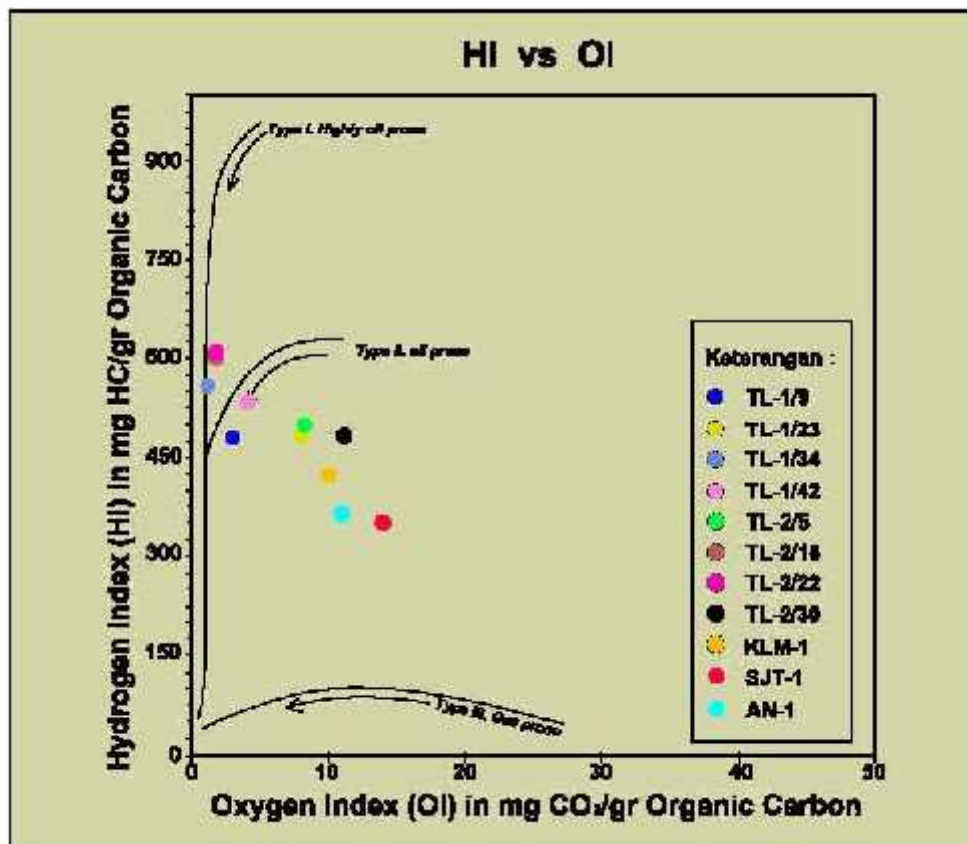
Gambar 3. Korelasi antara TOC sumur pemboran TL-1 dan TL-2 terhadap kedalaman.



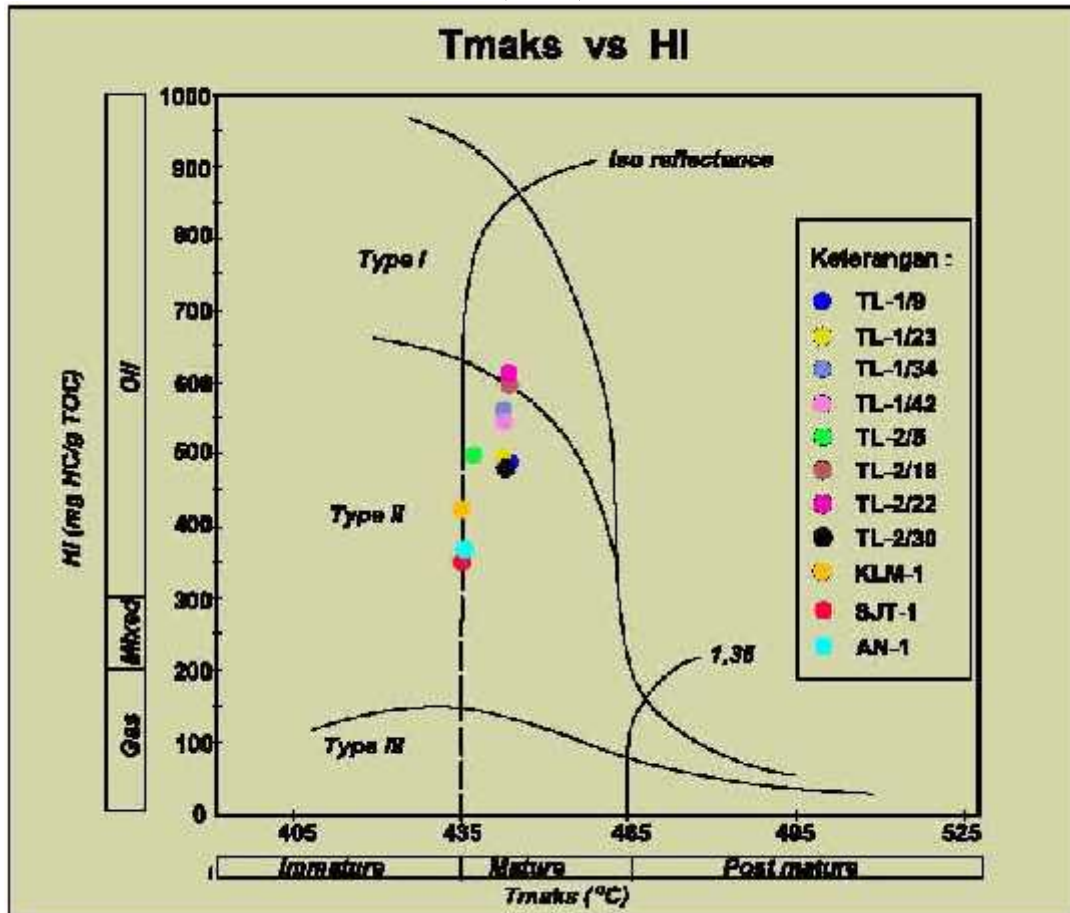
Gambar 4. Korelasi antara TOC terhadap PY.



Gambar 5. Plot silang antara TOC terhadap total ekstraksi conto TL-2/18 dan TL-2/22.



Gambar 6. Plot silang antara HI terhadap OI.



Gambar 7. Plot silang antara Tmaks terhadap HI.

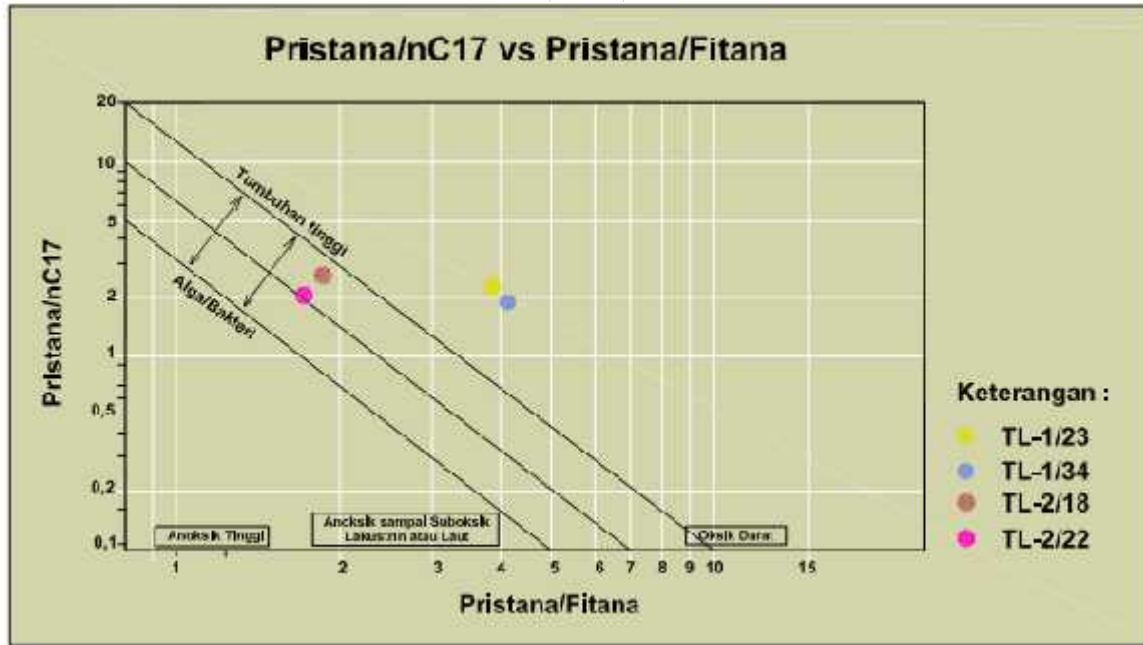
Plot silang antara HI terhadap OI (*oxygen index*) pada diagram van Krevelen (Gambar 6), memperlihatkan bahwa material organik di dalam conto batuan merupakan kerogen tipe II dan III. Menurut Waples (1985) kerogen tipe II memiliki kecenderungan menghasilkan minyak, sedangkan kerogen tipe III memiliki kecenderungan menghasilkan gas. Kuantitas minyak yang dapat dihasilkan oleh material organik akan ditentukan berdasarkan nilai HI. Semakin tinggi nilai HI, maka akan semakin besar jumlah minyak yang akan dihasilkan.

Berdasarkan data hasil pirolisis Rock-Eval diperoleh nilai Tmaks sebesar 367-443°C (Tabel 1). Nilai-nilai tersebut mengindikasikan material organik di dalam conto batuan dikategorikan belum matang-awal matang. Tahap awal matang material

organik berdasarkan pirolisis Rock-Eval adalah temperatur >4350C. Plot silang antara Tmaks dan HI pada diagram Tmaks terhadap HI juga mengindikasikan conto batuan berada pada tahap belum matang-awal matang (Gambar 7). Dari data hasil analisis kromatografi gas pada conto TL-1/23, TL-1/34, TL-2/18 dan TL-2/22 (Tabel 2) diperoleh nilai CPI (*Carbon Preference Index*) berkisar 1,13-1,32. Parameter ini juga mengindikasikan material organik conto batuan berada pada tahap belum matang (Philp, 1985).

PEMBAHASAN

Secara umum litologi Formasi Sangkarewang terdiri dari serpih napalan, batupasir arkose dan breksi andesitan (Silitonga dan Kastowo, 1995). Menurut Amarullah (2007), serpih di daerah



Gambar 8. Plot silang antara pristana/nC17 terhadap pristana/fitana.

penelitian berwarna kelabu gelap kehitaman-kecoklatan, karbonan, sedangkan batupasir berwarna kelabu terang, berbutir halus-kasar, kadang kala konglomeratan dan breksian.

Berdasarkan analisis TOC yang dilakukan pada conto batuan Formasi Sangkarewang menunjukkan bahwa conto batuan kaya/berlimpah akan kandungan material organik. Kelimpahan material organik pada formasi ini diduga disebabkan oleh kondisi lingkungan pengendapan relatif tenang dan produktivitas organik melimpah pada saat sedimentasi (Yen dan Chilingarian, 1976).

Konfigurasi sidikjari kromatografi gas conto batuan TL-1/23, TL-1/34, TL-2/18, TL-2/22 (Gambar 2) memperlihatkan dua puncak alkana normal (bimodal) yaitu nC27 dan nC15. Konfigurasi alkana normal seperti ini biasanya terdapat pada sedimen danau (lakustrin). Rasio antara pristana da

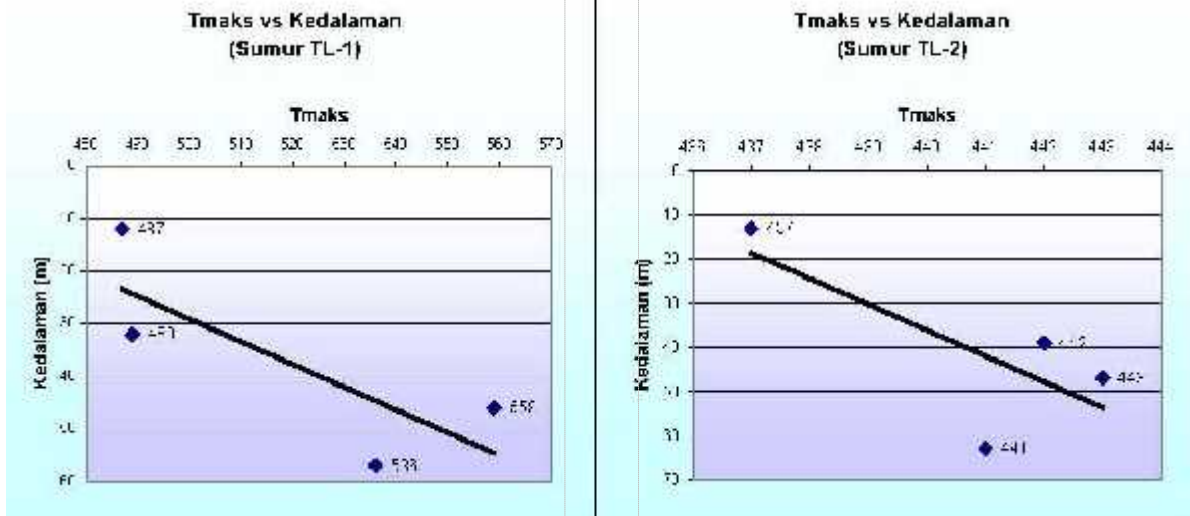
itana pada conto batuan adalah berkisar 1,79-4,12. Menurut Tissot dan Welte (1984), rasio pristana dan fitana >1 mencirikan lingkungan pengendapan pada kondisi teroksidasi. Tingginya nilai rasio tersebut diduga conto batuan terendapkan pada

bagian yang dangkal/bagian tepi yang banyak berasosiasi dengan oksigen/daerah terbuka.

Secara garis besar, kelimpahan material organik, dua gugusan alkana normal, rasio pristana dan fitana, serta kenampakan litologi berupa serpih, batupasir berbutir halus-kasar, batupasir konglomeratan dan breksian, maka diduga conto batuan Formasi Sangkarewang terendapkan pada lingkungan danau di bagian tepi.

Plot silang antara pristana/nC17 terhadap pristana/fitana (Gambar 8), mengindikasikan material organik conto batuan TL-1/23 dan TL-1/34 berasal dari tumbuhan tinggi, sedangkan pada conto TL-2/18 dan TL-2/22 berasal dari campuran antara alga dan tumbuhan tinggi. Kehadiran nC15 pada sidikjari kromatografi gas juga menjadi penciri material organik yang berasal dari alga, sedangkan nC27 merupakan penciri material organik yang berasal dari tumbuhan tinggi (Waples, 1985).

Korelasi antara Tmaks dan kedalaman conto batuan sumur pemboran TL-1 dan TL-2 pada diagram Tmaks terhadap kedalaman (Gambar 9) mengindikasikan kematangan



Gambar 9. Korelasi antara Tmaks terhadap kedalaman.

material organik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman. Peningkatan kematangan ini terjadi ketika suatu material organik mengalami temperatur tinggi untuk jangka waktu yang cukup lama (Waples, 1985). Meningkatnya temperatur di bawah permukaan dapat disebabkan oleh penurunan cekungan (*subsidence*) karena pembebanan lapisan penutup, konduktifitas panas yang berasal dari batuan disekitarnya, atau tekanan akibat tektonik (Stone dan Cook, 1979; Teichmuller, 1987; dalam Herudiyanto, 2006).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis geokimia organik, conto batuan serpih minyak Formasi Sangkarewang di daerah Sawahlunto dan sekitarnya memiliki kandungan material organik berkisar 0,11- 5,21%, atau rata-rata

dari 12 (dua belas) conto batuan sebesar 3,88%. Material organik pada conto batuan berasal dari alga dan tumbuhan tinggi yang terendapkan pada lingkungan danau di bagian tepi, dan merupakan kerogen Tipe II dan III. Kerogen Tipe II memiliki kecenderungan menghasilkan minyak, sedangkan Tipe III memiliki kecenderungan menghasilkan gas. Tingkat kematangan material organik dikategorikan belum matang-awal matang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Ir. Dedy Amarullah dan Ir. Asep Suryana yang telah memberikan izin pemakaian data dan dukungannya, serta kepada Ir. S.M. Tobing, M.Sc. yang telah memberikan masukan-masukan sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Amarullah, D., 2007. Inventarisasi potensi kandungan minyak dalam endapan bitumen padat di daerah Sawahlunto, Kota Sawah Lunto, Provinsi Sumatera Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung.

Dyni, J.R., 2006. Geology and resources of some world oil-shale deposits, Scientific investigation report 2005-5294, USGS, Reston, Virginia.

Herudiyanto, 2006. Laporan kajian awal potensi batuan induk hidrokarbon daerah sangata

Cekungan Kutai, Provinsi Kalimantan Timur, Pusat Sumberdaya Geologi, Badan Geologi, Bandung.

Hutton, A.C., 1987. Petrographic classification of serpih minyak: International Journal of Coal Geology, 203-231, Elsevier science publisher B.V., Amsterdam.

Koesoemadinata, R.P. dan Matasak, T., 1981. Stratigraphy and sedimentation Ombilin Basin Central Sumatra (West Sumatra Province), Proceedings Indonesian Petroleum Association, 10th Annual Convention, 217-249.

Lee, Sunggyu, Speight, J.G., Loyalka, S.K., 2007. Handbook of alternative fuel technologies, CRC Press, Taylor and Francis Group.

Peters, K.E., Cassa, M.R., 1994. Applied source rock geochemistry: The petroleum system from source rock to trap, AAPG, Memoirs 60.

Philp, R.P., 1985. Biological markers in fossil fuel production, In: Beaumont, E.A. and Foster, N.H. (eds), Geochemistry, 337-390.

Silitonga P.H. & Kastowo, 1995. *Peta geologi lembar Solok, Sumatera*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Waples, D.W., 1985. Geochemistry in petroleum exploration, International Human Resources Development Cooperation, Boston.

Yen, T.F., Chilingarian, G.V., 1976. Serpih minyak, Elsevier, Amsterdam.

Diterima tanggal 21 Maret 2011 Revisi tanggal 16 Juni 2011

ARSEN (As) SEBAGAI UNSUR PENUNJUK MINERALISASI EMAS TIPE EPITERMAL DI DAERAH CISOLOK KABUPATEN SUKABUMI JAWA BARAT

Oleh:

Kisman

Pusat Sumber Daya Geologi
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung

SARI

Mineralisasi emas yang terdapat di zona alterasi biasanya ditandai dengan adanya mineral sulfida sebagai mineral penunjuk. Unsur As dalam bentuk mineral arsenopyrite (FeAsS_2) adalah salah satu unsur yang memiliki hubungan dengan keberadaan emas di daerah penyelidikan. Korelasi antara unsur Au dan As memiliki angka positif 0,1375 hal ini berarti bahwa keduanya memiliki hubungan keterjadian sehingga arsen dapat dijadikan sebagai unsur penunjuk mineralisasi tipe epitermal karena pembentukan unsur arsen pada suhu rendah.

Alterasi yang terdapat pada lingkungan batuan vulkanik yang diterobos oleh batuan intrusi yang lebih muda akan menghasilkan mineralisasi endapan emas primer yang ideal.

Kata kunci : zona alterasi, mineral arsenopirit, mineralisasi emas, unsur arsen

ABSTRACT

Gold mineralization occurred in the alteration zones are usually characterized by the presence of sulfide minerals as mineral guide. Arsenic (As) element in the mineral forms of arsenopyrite (FeAsS_2) is one of the element that have positive correlation with the gold in research area. The correlation of Au and As elements have positive number of 0.1375 that indicated the two element have genetic relations, so arsenic element can be used as pathfinder in epithermal mineralization type since the arsenic element formed at low temperature.

The alteration is contained in the environment of volcanic rocks, intruded by the younger intrusive rock to generate primary gold deposits mineralization ideally.

Keywords : alteration zone, arsenopyrite mineral, gold mineralization, arsenic element

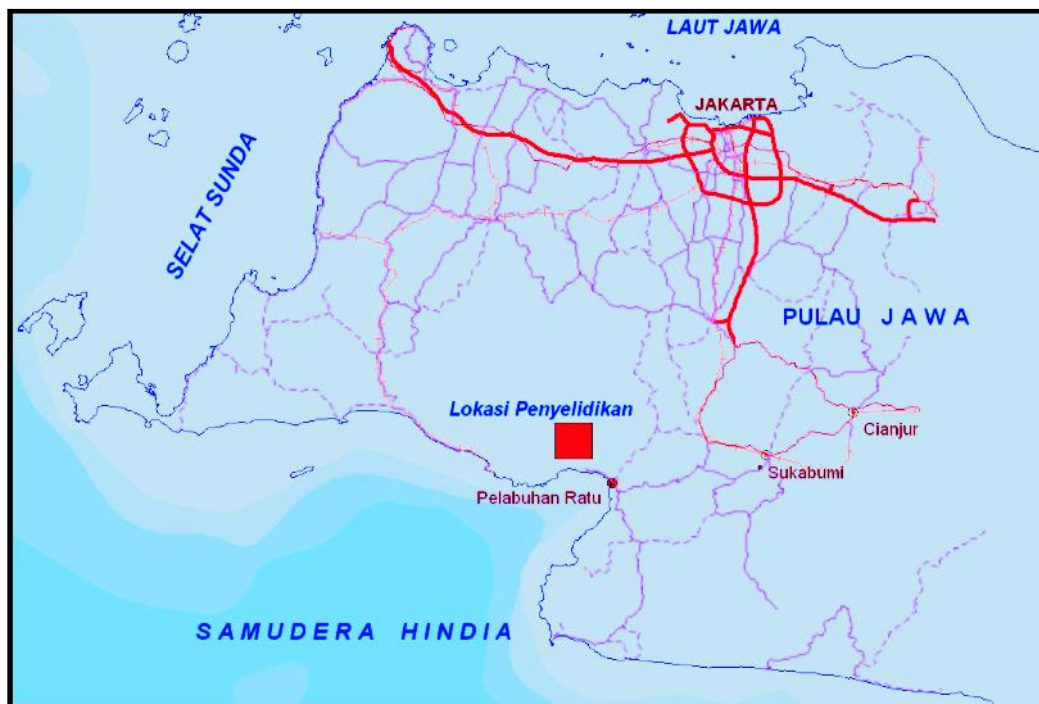
PENDAHULUAN

Cebakan logam dasar dan logam mulia (emas) dibentuk oleh proses hidrotermal dan termasuk cebakan yang umum ditemukan di Indonesia. Keterdapatannya cebakan atau mineralisasi sudah dikenal hampir diseluruh daratan wilayah Indonesia, karena sebagian besar merupakan jalur gunungapi terutama Pulau Jawa. Jalur gunungapi yang terdapat di Pulau Jawa yang dikenal dengan Jalur Pegunungan Selatan Jawa terbukti pada beberapa tempat memiliki kandungan mineral logam yang cukup menjanjikan secara ekonomis. Daerah penyelidikan Cisolok Kabupaten Sukabumi

termasuk di dalam jalur tersebut (Gambar 1).

Pembentukan gunungapi sangat erat hubungannya dengan magmatisme yang menerobos lapisan batuan hingga muncul di permukaan. Intrusi magma akan menyebabkan terjadinya ubahan dan mineralisasi pada batuan sekitarnya.

Tulisan ini dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara mineralisasi emas yang berasosiasi dengan arsen (As) sehingga dapat diketahui seberapa besar korelasinya dan apakah dapat dijadikan sebagai mineral penunjuk (pathfinder) pada penentuan mineralisasi tipe epitermal.



Gambar 1. Peta Lokasi Penyelidikan

GEOLOGI UMUM DAN MINERALISASI

Lajur pegunungan selatan Jawa Barat sangat dipengaruhi oleh proses tektonik regional Jawa Barat sebagai akibat Tangential stress dengan arah umum UUT – SSB (Katilli dan Koesoemadinata, 1962 dalam Soeharto 1993, dalam Sahat 2002), akibat pergerakan aktif tektonik lempeng Samudera Hindia yang berada di bagian selatannya. Lempeng tersebut menyusup masuk ke benua Asia, menyebabkan munculnya aktivitas orogenesis dan vulkanisma, yang diikuti oleh proses ubahan hidrotermal dan mineralisasi secara berulang. Salah satu akibat adanya tektonik tadi telah menghasilkan sistim struktur geologi Kubah Bayah (Bayah Dome) dengan arah umum utara – selatan, diperkirakan mempunyai hubungan erat dengan penyebaran urat-urat kuarsa yang termineralisasi.

Daerah penyelidikan ditempati oleh batuan dengan susunan batuan tertua di daerah ini adalah Formasi Citirem terdiri dari aliran lava berkomposisi diabas, basalt, syenit dan spilit yang berumur Kapur (Sujatmiko dan S. Santosa, 1992 dalam Sahat 2002). Formasi Citirem ditutupi tidakselarasi oleh Komplek Melange Ciletuh, terdiri dari batuan berkomposisi basa dan ultrabasa (gabbro, peridotit dan serpentinit),

sekis, klorit, pirit dan berbagai batuan sedimen.

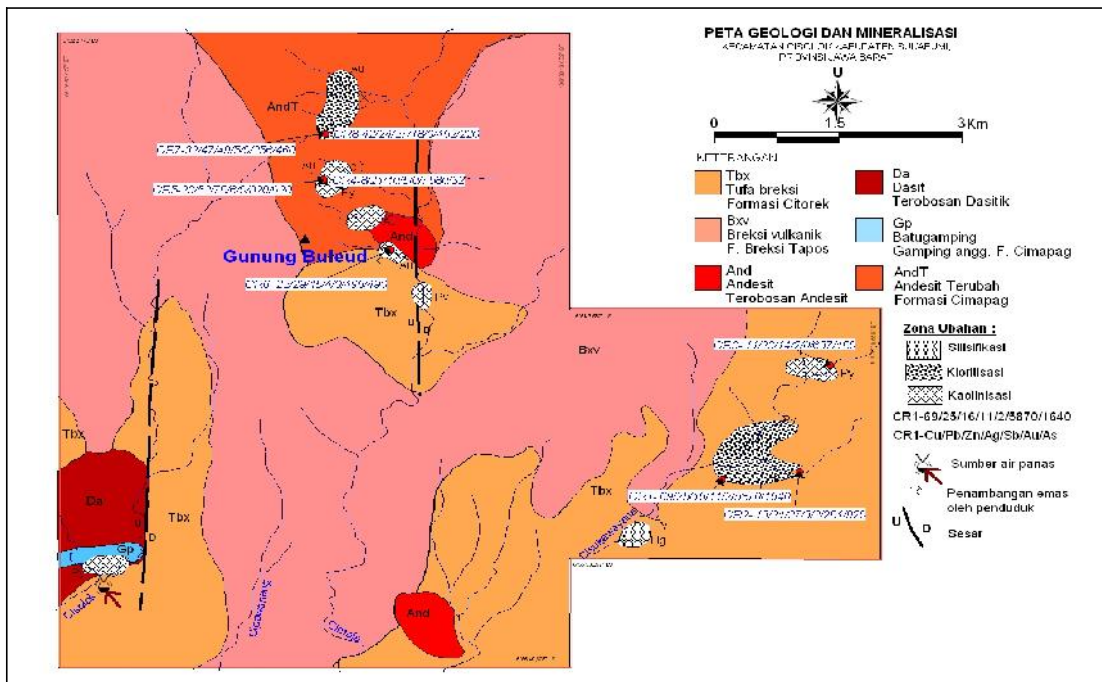
Formasi Ciletuh ditutupi tidakselarasi oleh Formasi Jampang berumur Oligosen – Miosen yang telah mengalami ubahan propilitisasi akibat diterobos batuan berkomposisi andesitik dan basaltik. Beberapa terobosan batuan beku dari berbagai umur tersebar di beberapa tempat diantaranya adalah :

- Batuan diorit porfir berumur Oligosen Atas
- Batuan porfir Cilegok dan dasit Ciemas, andesit hornblende berumur Miosen Bawah
- Batuan diorit kuarsa dan dasit berumur Miosen Tengah
- Batuan andesit hornblenda dan andesit piroksen berumur Pliosen.

Batuan tersebut diatas pada umumnya menerobos batuan-batuan gunung api yang menyebabkan terjadinya ubahan dan mineralisasi di beberapa tempat.

Batuan-batuan sedimen vulkanik yang disebut Formasi Old Andesit berumur Tersier (Sahat, 2002), di beberapa tempat telah mengalami ubahan hidrotermal dan mineralisasi akibat diterobos batuan yang lebih muda.

Sedangkan di daerah Jampang ditemukan urat-urat kuarsa yang kedudukannya hampir berarah utara-selatan



Gambar 2. Peta Geologi dan Mineralisasi Daerah Cisolok, Kabupaten Sukabumi Jawa Barat

biasanya sebagai pembawa mineralisasi (Soemarto B.,K.,1994).

Urut-urur kuarsa di dalam batuan terkarsikan dan argilic overprinting propylitic rock menunjukkan tekstur colloform serta terdapatnya asosiasi kuarsa-serisit-sulfida yang diduga sebagai tipe epitermal (Sahat, 2002).

GEOLOGI DAN MINERALISASI DAERAH CISOLOK

Morfologi pegunungan dicirikan oleh topografi yang umumnya membentuk punggung berarah utara-selatan. Beberapa titik ketinggian yang termasuk kedalam satuan morfologi ini diantaranya adalah Gunung Buleud dan Gunung Gombong. Batuan-batuan yang membentuk morfologi ini adalah tufa breksi, breksi vulkanik, andesit terubah serta batuan terobosan andesit (Gambar 2).

Pada Gambar 2 disajikan pula hasil analisis kimia batuan yang dilengkapi dengan nomor conto dan titik lokasi pengambilannya, sehingga lebih jelas formasi batumannya sebagai induk mineralisasi yang terjadi. Penulisan hasil analisis kimia pada gambar tersebut berturut-turut menunjukkan nomor kode conto dan nilai kadar unsur Cu, Pb, Zn, Ag,

Sb, Au dan As. Titik lokasi dengan tanda lingkaran kecil merah terdapat dua lokasi yang berimpit yaitu CR4 dengan CR5 dan CR7 dengan CR8. Conto-conto diambil semuanya dari batuan yang mengalami alterasi baik silisifikasi, kloritisasi dan kaolinisasi.

Batuan terobosan yang ditemukan di daerah ini yaitu batuan andesit dan batuan dasit. Batuan terobosan andesit ditemukan di bagian utara (sekitar Gunung Buleud) dan di bagian selatan menerobos satuan batuan andesit dan tufa breksi. Secara megaskopis batuan ini memperlihatkan warna abu-abu kehijauan, tekstur porfiritik dengan fenokrist piroksen dan amfibol. Batuan ini diperkirakan sebagai pembawa mineralisasi logam di daerah ini. Batuan terobosan dasit ditemukan di bagian baratdaya daerah penyelidikan, secara fisik berwarna abu-abu, tekstur porfiritik, membentuk perbukitan yang agak menonjol daripada daerah sekitarnya.

Berdasarkan pengamatan lapangan ada dua struktur sesar normal yang berkembang di daerah ini yaitu sesar normal Gunung Buleud dan sesar normal Nagrak. Kedua sesar ini berarah hampir utara-selatan. Beberapa indikasi terdapatnya sesar ini antara lain adalah berupa breksi sesar di Sungai Cikadu dan beberapa mata

air panas salah satunya di Sungai Cisolok pada posisi sudut kiri bawah pada peta daerah penyelidikan.

Mineralisasi yang menarik di bagian timur dan tenggara daerah penyelidikan (sekitar Desa Cileungsing) adalah munculnya mineral-mineral yang biasanya terbentuk pada suhu rendah dan dangkal seperti stibnit dan sinabar. Kedua mineral ini dijumpai di Sungai Cipinang (CR2).

Ubahan silisifikasi dengan hadirnya kalsedon bersama dengan pirit dijumpai pada tufa breksi di Sungai Sukawayana dalam lubang bekas penggalian penduduk setempat (Gambar 4). Ke arah timur daerah penyelidikan (Sungai Cipinang dan Sungai

Cilarangan) pada umumnya merupakan zona alterasi kloritisasi dan kaolinisasi yang menyebar secara luas hingga ke arah tenggara, yang juga teramati di punggung-punggungan.

Hasil Analisis Laboratorium

Hasil analisis kimia delapan conto batuan termineralisasi dari daerah Kecamatan Cisolok/Cikakak Sukabumi disajikan pada Tabel-1 dan korelasi antar unsur pada Tabel-2, foto singkapan urat kuarsa dan sebagian hasil analisis petrografi dan mineragrafi dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 8.

Tabel 1.
Hasil Analisis Kimia Conto Batuan Daerah Cisolok/Cikakak, Kabupaten Sukabumi (Sahat, 2002)

KODE CONTO	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Sb (ppm)	Au (ppb)	As (ppm)
CR1	69	25	16	11	2	5870	1640
CR2	13	21	27	3	2	281	920
CR3	11	23	14	2	0	637	180
CR4	8	21	10	5	0	7580	32
CR5	23	52	78	6	0	820	920
CR6	22	29	45	4	0	496	490
CR7	32	47	49	5	0	256	460
CR8	42	24	27	18	0	462	220

Tabel 2.
Korelasi antar unsur Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Au dan As Conto Batuan Daerah Cisolok/Cikakak, Kabupaten Sukabumi

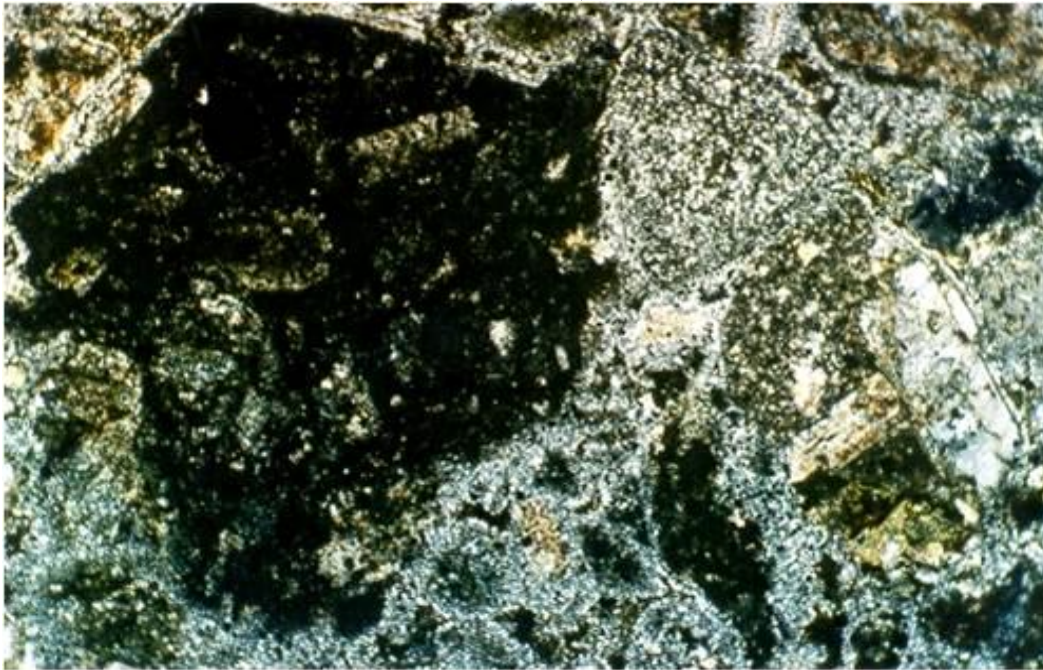
	Cu	Pb	Zn	Ag	Sb	Au	As
Cu	1,0000						
Pb	0,0635	1,0000					
Zn	-0,0431	0,9001	1,0000				
Ag	0,6907	-0,1095	-0,0961	1,0000			
Sb	0,4118	-0,3662	-0,3165	0,0292	1,0000		
Au	0,1993	-0,3576	-0,5279	0,0958	0,2162	1,0000	
As	0,6610	0,1547	0,1714	0,1145	0,7839	0,1375	1,0000



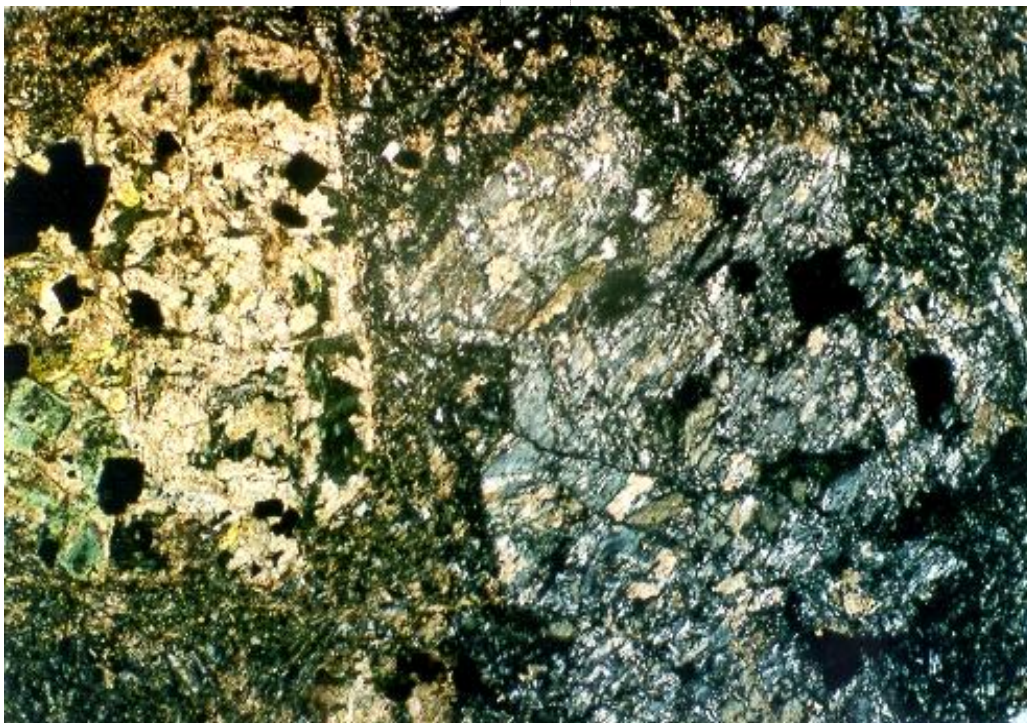
Gambar 3. Foto Urat kuarsa (CR7) $U10^{\circ}T/60^{\circ}$, lebar 10-15 cm dalam batuan andesit terubah, mengandung Au 256 ppb, As 460 ppm



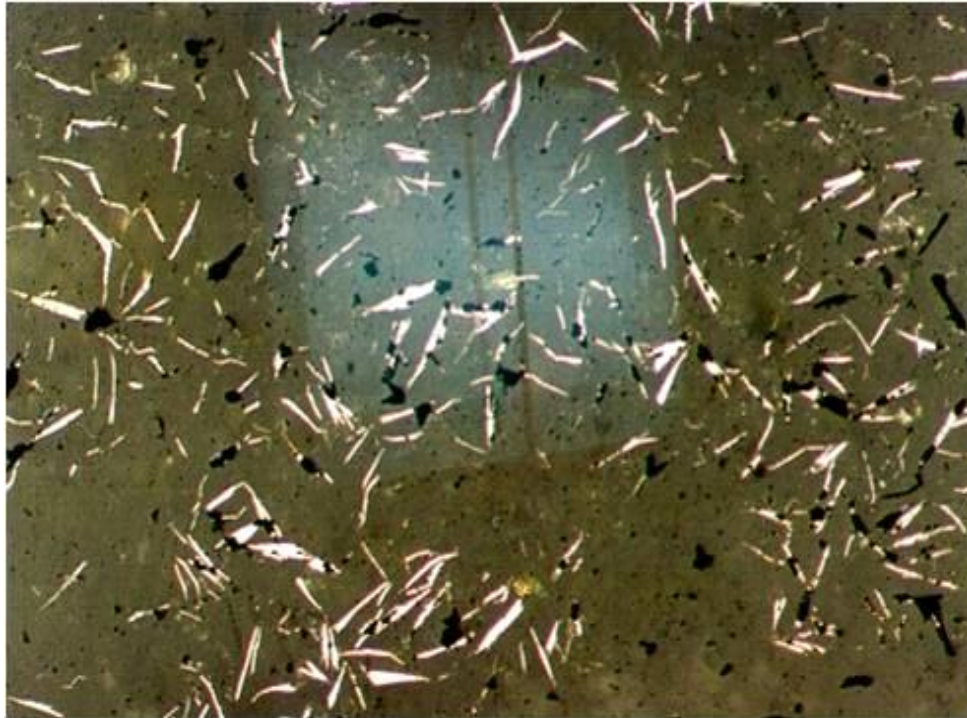
Gambar 4. Foto Lubang penambangan emas oleh penduduk disekitar Gunung Peti, Kecamatan Cisolok, urat kuarsa mengandung emas



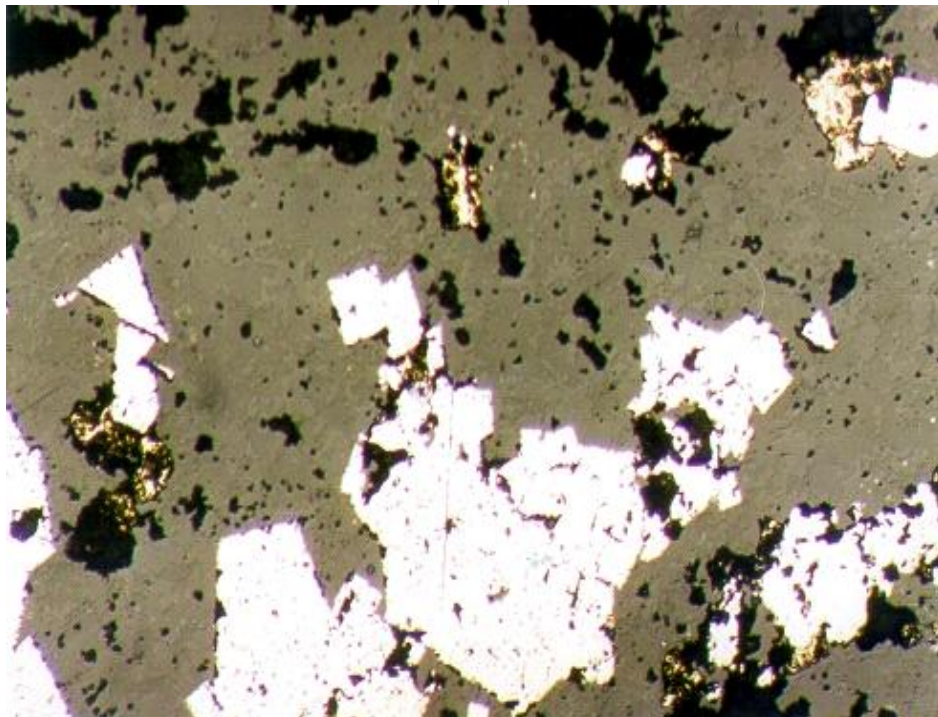
Gambar 5. Fotomikrograf sayatan tipis batuan tufa breksi (CR2). Tampak fragmen batuan telah mengalami ubahan-lempung-serisit dan kuarsa dengan pengisian kuarsa lempung sekunder sebagai semen (nikol bersilang 32 x)



Gambar 6. Fotomikrograf sayatan tipis andesit terubah (CR4), tampak fenokrist plagioklas dan mineral mafik terubah menjadi karbonat-kalsit-mineral opak tertanam di dalam masadasar mikrolit plagioklas mafik dan opak (nikol bersilang 32 X).



Gambar 7. Fotomikrograf sayatan poles (CR1) mengandung arsenopirit bentuk memanjang di dalam masadasar silikat (sinar pantul 40x)



Gambar 8. Fotomikrograf sayatan poles (CR8), tampak pirit bersama arsenopirit dan kalkopirit (warna kuning) di dalam masa dasar silikat (sinar pantul 400 x)

PEMBAHASAN

Banyak mineral-mineral yang mengandung As sangat besar, akan tetapi hanya beberapa mineral saja untuk keperluan praktis termasuk di dalamnya adalah mineral arsenopirit, lollingit, realgar, orpiment enargit, tennantit, luzonit (Maria Foldvari, 1978). Mineral arsenopirit (FeAsS_2) menjadi penting dalam tulisan ini karena sebagian besar contoh yang diambil dari daerah penyelidikan terdapat mineral tersebut terutama unsur As.

Hasil uji laboratorium delapan conto batuan terubah/terminalisasi yang dianalisis dari daerah Cisolok/Cikakak, menunjukkan kandungan kadar logam seperti pada Table 1. Pada tabel tersebut unsur logam Cu, Pb, Zn, Ag, dan Sb memperlihatkan kandungan yang sangat kecil < 100 ppm, sementara unsur Au menunjukkan nilai kandungan yang cukup berarti (0,28 gr/ton – 7,6 gr/ton). Selain kadar Au yang tinggi juga kandungan As yang cukup signifikan dengan nilai 1.640 ppm.

Sehubungan dengan nilai kadar As yang cukup tinggi bersamaan dengan nilai Au, maka secara tidak langsung dapat dikatakan keduanya memiliki hubungan kekerabatan dalam proses keterjadiannya. Pada sumber lain disebutkan bahwa pada dasarnya mineral bijih sulfida secara umum akan terdapat unsur *traces* dari As, Sb dan Bi (Hole M., 1981). Arsen dan antimon merupakan unsur *pathfinder* yang positif untuk mencari keterjadian emas (<http://www.azomining.com/news.aspx?newsID=2506&lang=id>).

Nilai rata-rata kadar As dari delapan conto batuan 607,75 ppm adalah suatu angka yang menunjukkan jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi As rata-rata dari batuan vulkanik yang bersifat asam sebesar 3,5– 5,9 ppm atau pada batuan granitik sebesar 1,4 – 1,7 ppm (Onishi dan Sandell, 1956 dalam Maria Foldvari, 1978). Nilai unsur Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Au dan As jika dikorelasikan antar sesamanya sehingga dapat terlihat seperti pada Tabel 2, dengan

cara melihat susunan unsur pada baris di atas dan kolom unsur sebelah kiri, maka pertemuan angka sebelah kanan menunjukkan hubungan antar unsur

tersebut. Sedangkan bila angka pertemuan dengan unsur yang sama nilainya satu. Nilai-nilai positif yang mendekati angka satu menunjukkan adanya hubungan keterjadian, sebaliknya nilai yang negatif tidak ada hubungan.

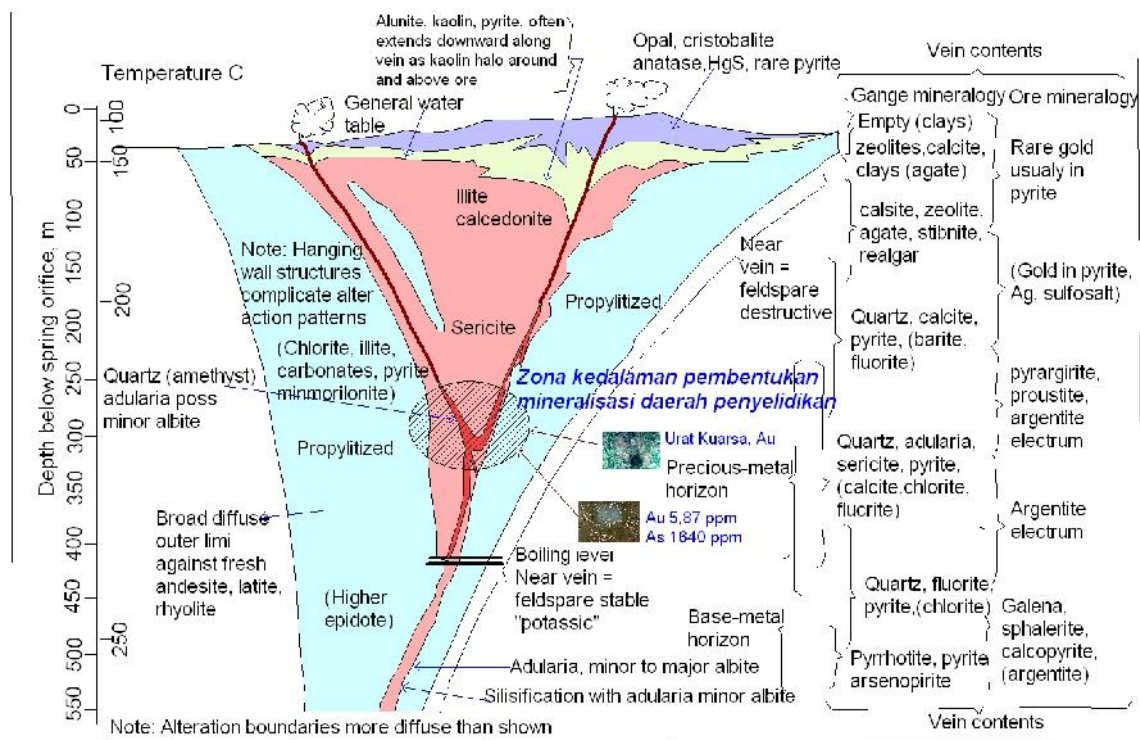
Nilai Au dengan unsur-unsur logam dasar, relatif rendah bahkan ada yang negatif. Kalau angkanya negatif berarti bahwa unsur Au tidak memiliki korelasi dengan unsur logam yang bersangkutan untuk dapat dijadikan sebagai *pathfinder* dalam melokalisir anomali emas. Sedangkan hubungan unsur Au dengan As menunjukkan angka positif 0,1375, hal ini berarti bahwa meskipun rendah namun masih memiliki kaitan yang dapat dijadikan sebagai *pathfinder* dalam melokalisir anomali emas. Begitupun unsur Au dengan Sb menunjukkan nilai positif 0,2161, karena As dan Sb sebagaimana telah disebutkan di atas merupakan unsur-unsur *pathfinder* yang positif dalam mencari keterjadian emas.

Berkaitan dengan unsur penunjuk disebutkan pula bahwa *pathfinder* adalah indikasi yang jelas dengan nilai ambang 100 ppm As, 1 ppm Hg, and 50 ppm Sb (Ashton, L. W., 1989). Bijih epitermal banyak mengandung arsen, merkuri dan antimon seperti halnya emas dan perak (Nelson, Carl E., 1990). Dua pernyataan tersebut di atas dihubungkan dengan nilai yang dimiliki unsur As dari daerah penyelidikan, maka hal ini merupakan bukti bahwa arsen sebagai unsur penunjuk mineralisasi tipe epitermal di daerah Cisolok.

Selain itu juga dapat dilihat bukti fisik pada Gambar 3 dan Gambar 4 yang menunjukkan pengambilan conto batuan andesit yang terubah menjadi propilitik bahkan sampai ubahan kuat menjadi kaolinit di lokasi penggalan batuan oleh masyarakat di Gunung Peti.

Fotomikrograf sayatan tipis Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan fragmen batuan telah mengalami ubahan-lempung-serisit dan andesit terubah dengan fenokris yang tertanam dalam masadasar mikrolit plagioklas. Ubahan seperti tersebut menghasilkan nilai unsur Au cukup signifikan.

Pada Fotomikrograf sayatan poles Gambar 7 dan Gambar 8 yang mengandung mineral arsenopirit. Pada Gambar 7 terlihat



Gambar 9. Visualisasi model mineralisasi emas daerah Cisolak (Modifikasi dari Buchanan, 1980)

jenis mineral arsenopirit yang berbentuk memanjang di dalam masadasar silikat. Hampir seluruh permukaan dipenuhi oleh arsenopirit tanpa mineral lain, hal ini wajar dengan hasil analisis kimia yang cukup signifikan untuk kadar Au dan As paling tinggi diantara kedelapan conto batuan. Pada Gambar 8 terlihat mineral sulfida pirit bersama arsenopirit dan kalkopirit dalam masadasar silikat. Conto CR8 ini diambil pada zona ubahan kloritisasi di utara Gunung Buleud (lihat Gambar 2).

Berdasarkan karakteristik di atas diperkirakan kemungkinan pembentukan emas di daerah Cisolak/Cikakak adalah mineralisasi tipe epitermal dari jenis *low sulfidation* pada lingkungan batuan produk gunungapi. Kondisi mineralisasi di daerah Cisolak secara kasar ditafsirkan bahwa model atau tipe cebakan emas diuraikan dengan mengadopsi model Buchanan, 1980 seperti Gambar 9.

Adanya mineral-mineral stibnit dan sinabar di bagian selatan daerah penyelidikan dalam zona alterasi silisifikasi memberi petunjuk kemungkinan mineralisasi

emas tipe epitermal, pada bagian penudung *cap rock* berada di sekitar daerah ini. Hanya *cap rock* yang dimaksud, saat ini sudah tidak ada karena terkikis akibat proses pelapukan dan erosi.

Keterdapatannya urat-urat kuarsa diperkirakan bersamaan dengan pengendapan emas secara intensif di bagian utara daerah penyelidikan dan tidak ditemukan di bagian selatan/tenggara. Keadaan ini diindikasikan bahwa bagian atas dari sistem epitermal berada di bagian selatan hingga tenggara dan bagian bawahnya ke arah utara. Gambar 9 menunjukkan bahwa pada awal terjadinya mineralisasi emas pada kedalaman sekitar 350 m. Kontrol struktur pascamineralisasi teramati sepanjang zona breksiasi berarah utara-selatan di hulu Sungai Cimaja. Struktur ini menjadi pengontrol posisi urat-urat kuarsa dan di bagian barat dari bidang patahan sebagai *hanging wall*, sehingga merupakan daerah keterdapatannya urat-urat kuarsa yang mengandung emas dan arsen secara intensif.

KESIMPULAN

Mineral arsenopirit (FeAsS_2) di daerah penyelidikan Cisolok menjadi penting keberadaannya karena dapat membuktikan unsur As sebagai penunjuk keterdapatannya emas primer di daerah tersebut. Pembuktian secara visual dengan contoh yang sama pada mineragrafi dan analisis kimia dimana banyaknya kandungan arsenopirit juga kadar Au dan As lebih tinggi (contoh CR1).

Korelasi unsur Au dengan As pada angka positif 0,1375 hal ini menunjukkan bahwa antara kedua unsur tersebut memiliki hubungan keterjadian. Nilai rata-rata kadar As dari delapan contoh cukup signifikan sebesar 607,75 ppm, angka ini jauh lebih tinggi daripada angka yang disyaratkan oleh

Ashton, L. W., 1989 sebagai *pathfinder* dengan nilai ambang 100 ppm As.

Ditemukannya urat-urat kuarsa mengandung arsenopirit, emas, stibnit dan sinabar yang merupakan mineral-mineral hasil pembentukan pada suhu rendah adalah menunjukkan bahwa mineralisasi emas di daerah Cisolok merupakan tipe epitermal dari jenis *low sulfidation* pada lingkungan batuan produk gunungapi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Geologi, kepada Bapak Ir. Bambang Pardiarto, Ir. Teuku Islah dan Ir. Rahardjo Hutamadi yang telah memberikan koreksi dan masukan dalam perbaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashton, L. W., 1989, Geochemical exploration guidelines to disseminated gold deposits, AIME Transactions Volume 286
- Foldvari Maria-Vogl, 1978, Theory and Practice of regional Geochemical Exploration, Akademiai Kiado, Budapest. p.22.
- Hole M., 1981, Pathfinder applications of arsenic, antimony and bismuth in geochemical exploration, Applied Geochemistry Research Group, Imperial College, London England
- Koesmono, M. dkk, 1996; Peta Geologi lembar Sindangbarang dan Bandarwaru, Jawa, skala 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Nelson, Carl E., 1990, Bulk Mineable Epithermal Precious Metal Deposits Of The Circum-Caribbean Region
- Soemarto Bambang K., 1994, Studi Mineragrafi Bijih dan Batuan Ubahan Silikat di daerah Prospek Surade, Kabupaten Sukabumi, Puslitbang Geoteknologi LIPI.
- Sahat S., dkk, 2002, Inventarisasi dan Evaluasi Mineral di Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat, Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral.
- Sutisna, D.T. dkk 1991; Eksplorasi Logam Mulia di daerah Jampang (Kabupaten Sukabumi- Cianjur) dan Bayah (Kabupaten Lebak), Jawa Barat, Kolokium 1991, Hasil Penyelidikan Sumberdaya Mineral Indonesia, Bandung 27 – 28 Nopember 1991, Direktorat Sumberdaya Mineral.
- Sukamto, Rab. 1975; Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Jawa, skala 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sujatmiko dan Santosa.S, 1992 ; Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa, skala 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- <http://www.azomining.com/news.aspx?newsID=2506&lang=id> download
- [.aspx?newsID=2506&lang=id](http://www.azomining.com/news.aspx?newsID=2506&lang=id) download

Diterima tanggal 11 April 2011 Revisi tanggal 16 Juni 2011

MODEL SISTEM PANAS BUMI BERDASARKAN DATA GRAVITY PADA DAERAH SONGA - WAYAUA, PULAU BACAN, MALUKU UTARA

Oleh:

Ahmad Zarkasyi dan Yuanno Rezky
Pusat Sumber Daya Geologi
Jln. Soekarno - Hatta No. 444 Bandung

SARI

Daerah panas bumi Songa-Wayaua merupakan salah satu area panas bumi yang menarik, yang berada di Pulau Bacan, Provinsi Maluku Utara. Manifestasi panas bumi di permukaan yang terdapat di Songa-Wayaua mempunyai temperatur berkisar 65 – 103,5^oC berupa mata air panas, fumarol, kolam lumpur, tanah panas dan batuan teralterasi. Survei gaya berat yang dilakukan pada tahun 2006 bertujuan untuk mengidentifikasi sistem panas bumi dan area prospeknya. Pemodelan gaya berat dengan inversi 3 dimensi menunjukkan sistem panas bumi Songa-Wayaua terkonsentrasi di bawah struktur Graben Songa, di antara Bukit Lansa dan Bukit Pele.

Kata Kunci : Panas bumi, Songa-Wayaua, gaya berat, model.

ABSTRACT

Songa-Wayaua geothermal area is one of several interesting geothermal areas that located in the Bacan Island, North Maluku Province. Surface thermal features (65 – 103,5^oC) in the Songa-Wayaua area consist of hot springs, fumarole, mud pool, hot grounds, and altered rocks. Gravity surveys conducted in 2006 was intended to identify geothermal system and its prospect in this area. 3 D-inversion model from gravity a revealed geothermal system concentrated under Songa graben structure, between Bukit Lansa dan Bukit Pele.

Keyword: *geothermal, Songa-Wayaua, gravity, model*

PENDAHULUAN

Daerah Songa-Wayaua berada di Pulau Bacan, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara (Gambar 1). Pada tahun 2006, Pusat Sumber Daya Geologi melakukan eksplorasi panas bumi terpadu: geologi, geokimia dan geofisika. Metode gaya berat merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan pada saat itu dengan asumsi metode ini cukup dalam untuk mendeliniasi struktur geologi berupa sesar maupun struktur batuan bawah permukaan berdasarkan perbedaan densitas batuan.

Pada suatu sistem panas bumi, fluida panas terakumulasi pada suatu lapisan bersifat poros yang disebut sebagai lapisan reservoir. Fluida panas ini tertahan oleh lapisan yang bersifat kedap air (lapisan penudung). Fluida panas ini dapat muncul ke

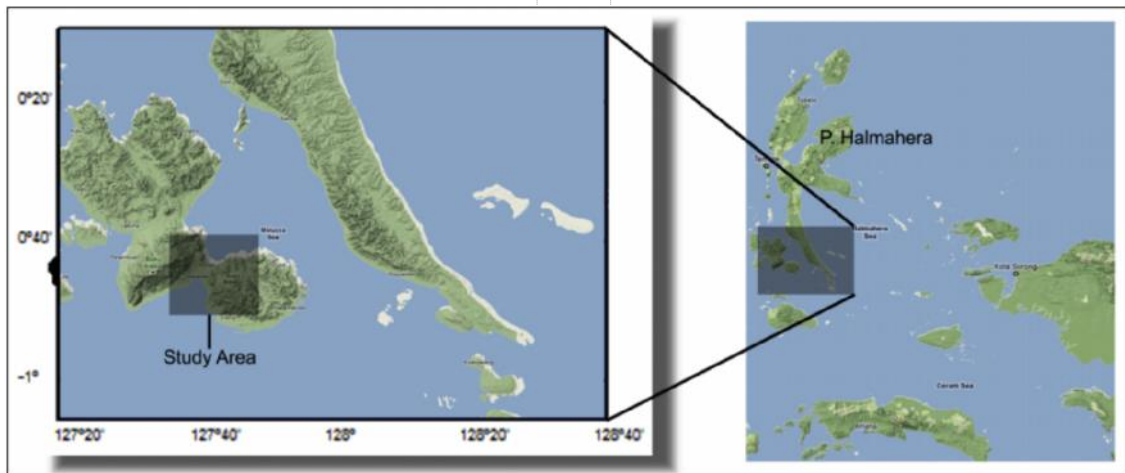
permukaan sebagai manifestasi panas bumi, melalui kontrol struktur geologi berupa sesar. Sumber panas dan fluida panas dapat menyebabkan perubahan densitas massa batuan pada lingkungan di sekitarnya. Metode gaya berat akan memberikan gambaran bawah permukaan yang dapat digunakan untuk penafsiran struktur batuan bawah permukaan dan sesar yang digunakan sebagai jalur oleh fluida panas bumi menuju permukaan.

Pemodelan dalam geofisika adalah suatu proses estimasi model dan parameter model untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan berdasarkan data amat di permukaan. Proses pemodelan dalam fisika dapat menggunakan teknik pemodelan ke depan (*forward modelling*) dan teknik pemodelan ke belakang (*inverse modelling*).

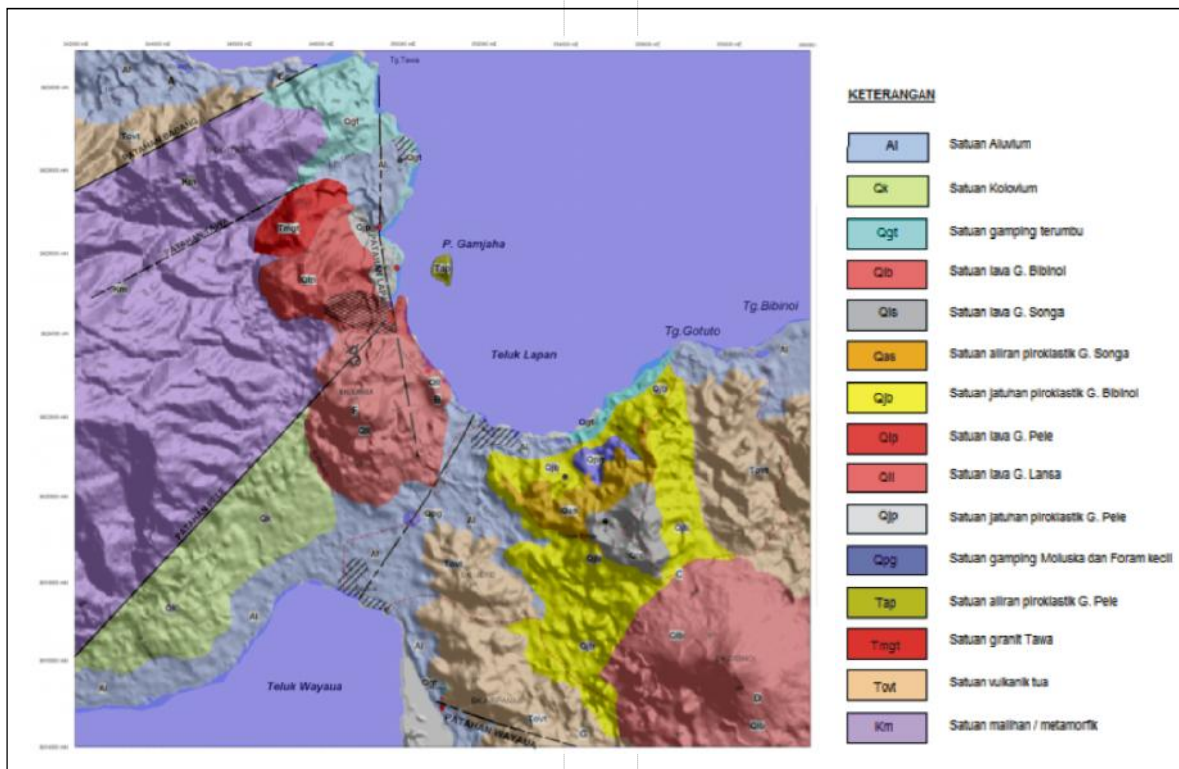
Pada makalah ini diperlihatkan pemodelan inversi 3 dimensi untuk merepresentasikan kondisi bawah permukaan di daerah panas bumi Songa-Wayaua dengan menggunakan anomali gaya berat residual. Anomali gaya berat yang di sampaikan dalam makalah ini merupakan hasil proses ulang dari data gaya berat yang diambil pada tahun 2006.

REVIEW GEOLOGI DAN MANIFESTASI PANAS BUMI

Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan oleh Tim Survei Terpadu (Pusat Sumber Daya Geologi, 2006), daerah Songa-Wayaua dikelompokkan menjadi 15 satuan batuan yang terdiri dari batuan malihan berupa sekis amfibolit, sekis amfibolit kuarsa dan meta diorit, batuan



Gambar 1. Peta lokasi daerah panas bumi Songa-Wayaua



Gambar 2 . Peta geologi Songa-Wayaua (modifikasi dari peta geologi Songa-Wayaua dari Tim Survey Terpadu, 2006)

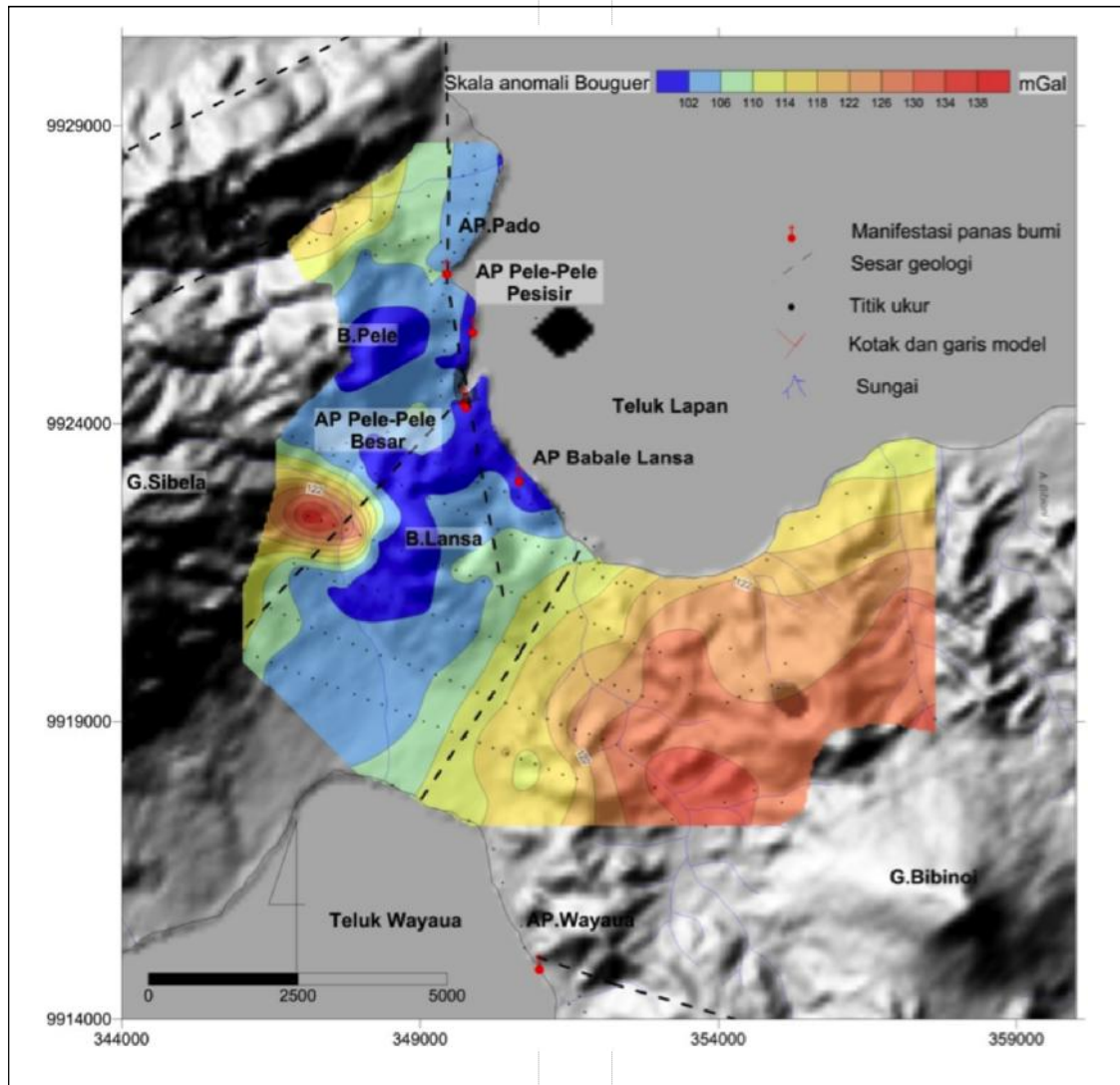
sedimen berupa batugamping, batuan terobosan berupa granit, serta batuan vulkanik berupa lava dan piroklastik, dan endapan permukaan aluvium dan koluvium (Gambar 2). Batuan yang terpetakan berumur Kapur hingga Kuartar, (berdasarkan metode *fission-track*, lava Gunung Lansa (QII) berumur $0,2 \pm 0,0$ juta tahun (Plistosen Akhir)). Struktur geologi yang berkembang di daerah ini berupa kelurusan kerucut G. Bibinoi, G. Lansa/ G. Pele, danau kawah G. Songa, 4 kawah di G. Lansa, 2 struktur sesar timurlaut-baratdaya, 1 sesar utara baratlaut-selatan tenggara dan 1 sesar normal arah utara timurlaut-selatan baratdaya

Manifestasi panas bumi yang ditemukan di daerah ini berupa mata air

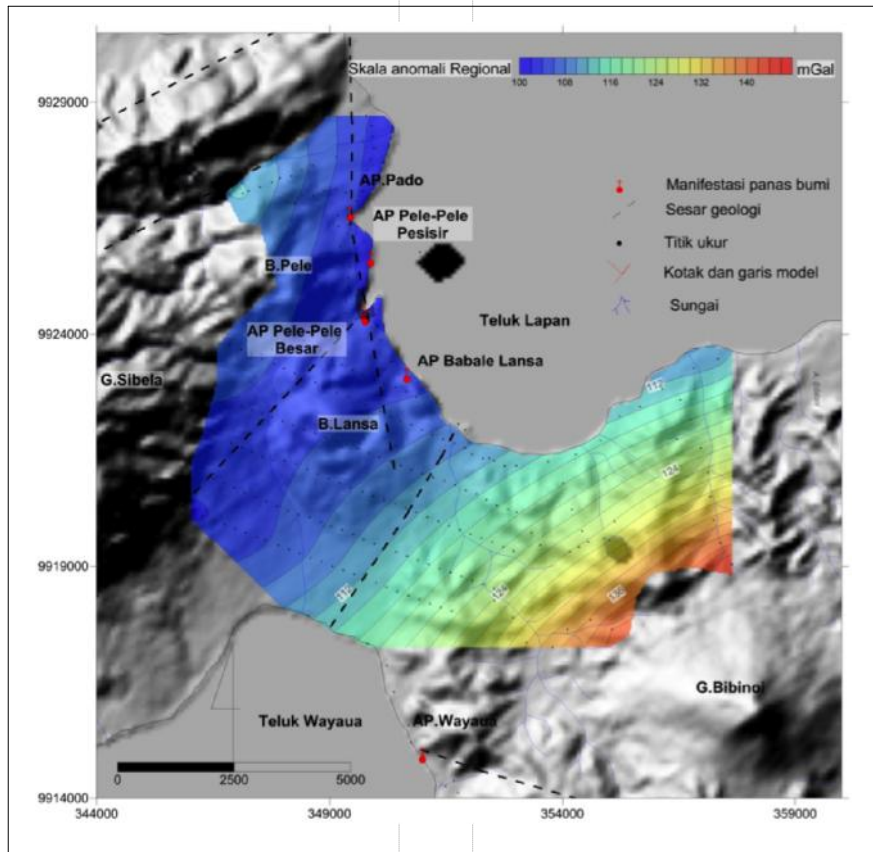
panas, fumarol, kolam lumpur (*mud pool*), tanah panas dan batuan ubahan yang muncul di beberapa lokasi. Manifestasi panas ini tersebar di sepanjang dataran pantai dari daerah Songa sampai Tawa (manifestasi Pelepele Besar, Pelepele Pesisir, Padopado, Babale Lansa) dengan temperatur $45 - 103,5$ °C, sedangkan sebelah selatan dijumpai adanya mata air panas di pantai Wayaua dengan temperatur $65 - 69$ °C.

ANOMALI GAYA BERAT

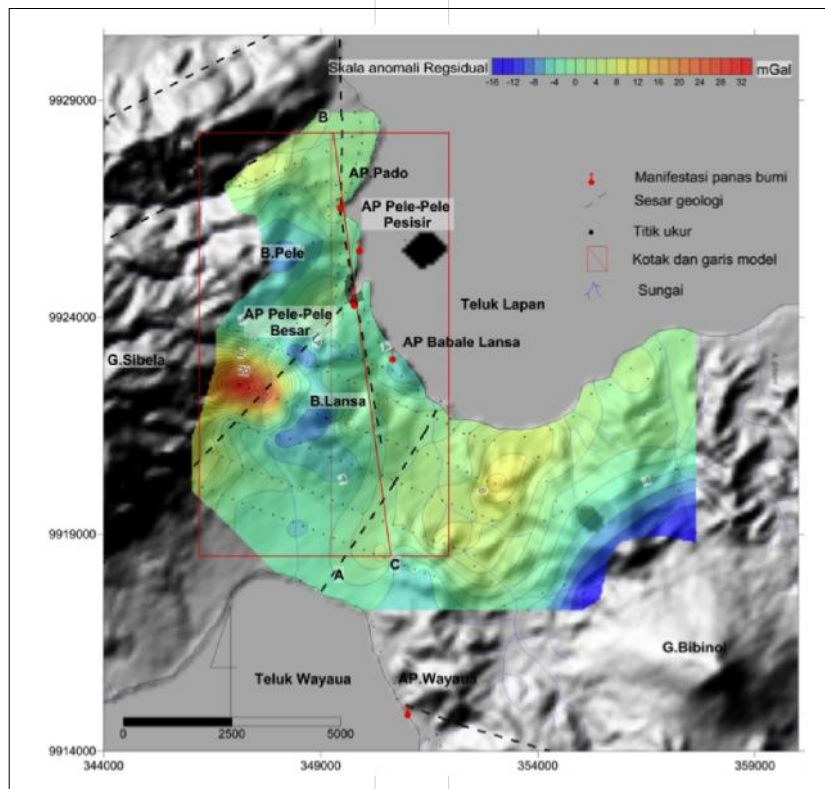
Data gaya berat yang dihasilkan berupa anomali Bouguer densitas $2,6$ gr/cm³. Filterisasi pada anomali Bouguer dilakukan untuk mendapatkan anomali



Gambar 3. Peta anomali gaya berat Bouguer daerah Songa-Wayaua



Gambar 4. Peta anomali gaya berat regional daerah Songa-Wayau



Gambar 5. Peta anomali gaya berat residual daerah Songa-Wayau

residual dengan menggunakan polinomial orde 2 menjadi anomali residual dan regional (Gambar 3, 4 dan 5).

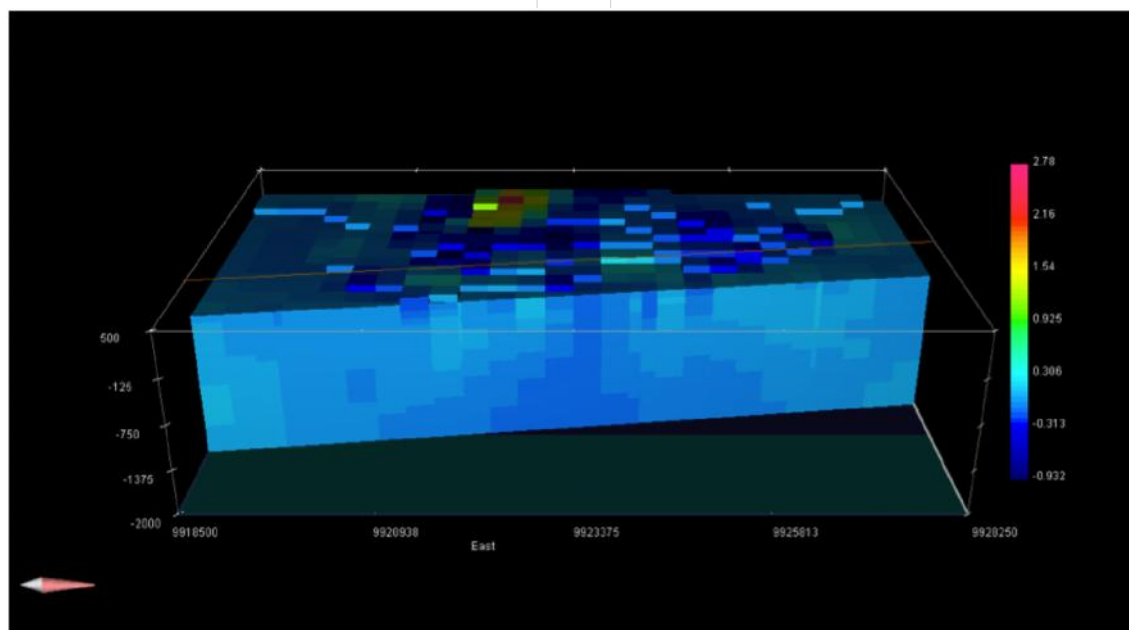
Analisis pada peta anomali gaya berat Bouguer dan Residual yang dikompilasi dengan sesar geologi menunjukkan anomali tinggi berada di barat laut ke arah Bukit Sibela, utara ke arah Tawa dan tenggara ke arah Gunung Bibinoi sedangkan bagian tengah (Songa dan Wayaua) berupa anomali relatif rendah.

Untuk mencapai sasaran diatas, anomali tinggi di barat laut merupakan respon batuan metamorf yang membentuk Bukit Sibela sedangkan anomali tinggi di tenggara merupakan representasi dari batuan vulkanik produk dari Gunung Bibinoi. Bagian tengah (Songa-Wayaua) merupakan zona endapan hasil erosi dari daerah perbukitan tinggi (Sibela dan Bibinoi) sehingga nilai anomali gaya berat di daerah tengah ini direspon dengan nilai anomali yang relatif lebih rendah dari sekitarnya. Perbedaan densitas batuan yang menyusun daerah sisi tenggara dan barat laut ini terlihat jelas pada anomali regional yang menunjukkan anomali tinggi di kedua sisi tersebut dan rendah di bagian tengah.

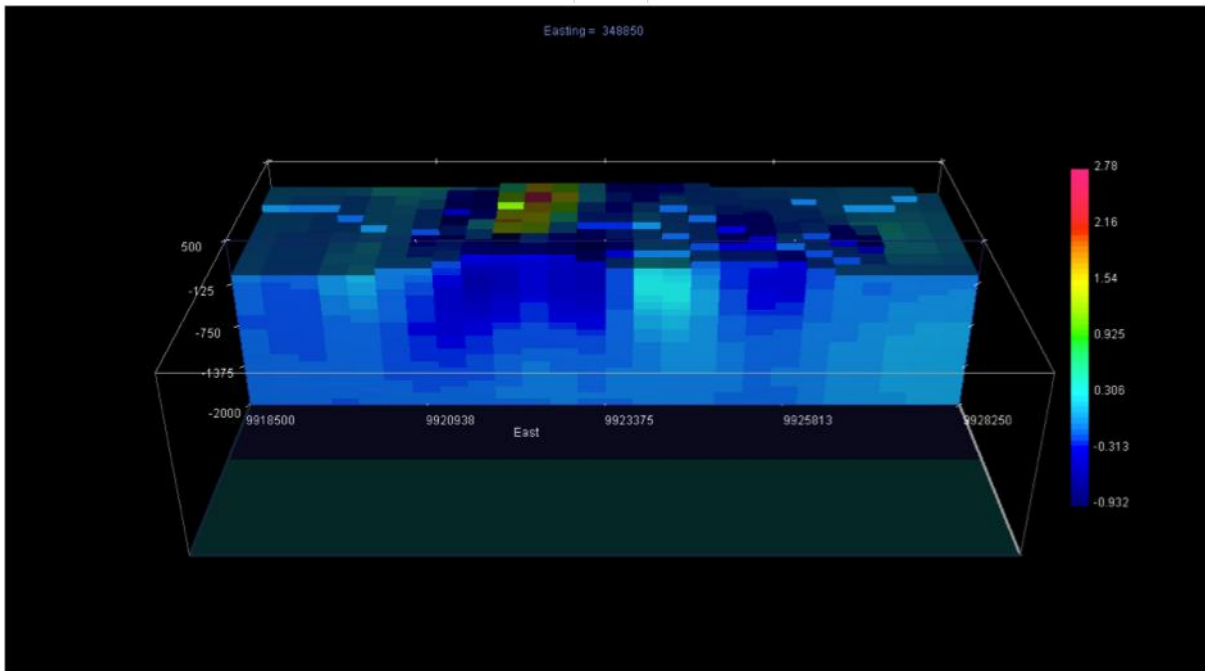
Anomali Bouguer dan residual di

sekitar manifestasi panas bumi di pesisir Teluk Lapan (Padopado, Pelepele Besar, Babale Lansa) berada pada nilai rendah Anomali ini sebagai respon batuan yang telah terkekarkan akibat struktur geologi yang berkembang di zona ini yaitu Patahan Pele dan Lapan. Hal ini juga dimungkinkan akibat batuan yang terubah karena pengaruh fluida panas yang diindikasikan dengan banyaknya manifestasi panas bumi di daerah tersebut.

Zona anomali rendah di sekitar kompleks manifestasi panas bumi Pelepele dan Babale Lansa tersebut terlihat jelas dalam model hasil inversi 3-D dari anomali residual (Gambar 6 dan 7). Batuan ubahan yang ditandai dengan densitas rendah berada di sekitar manifestasi Babale Lansa dan Pelepele yang terdeteksi dari permukaan sampai kedalaman sekitar 500 meter dari permukaan laut. Densitas mulai meninggi kembali yang diperkirakan merupakan zona batas resevoir sedangkan densitas tinggi berupa spot-spot dari pemodelan mengindikasikan tubuh dari Bukit Lansa, Pele dan Gunung Sibela. Struktur geologi berupa sesar yang diperkirakan mengkontruksi sistem panas bumi dan mengontrol munculnya



Gambar 6. Penampang model gaya berat berarah hampir tenggara-baratlaut



Gambar 7. Penampang model gaya berat berarah Selatan-Utara (x=348850)

manifestasi panas bumi adalah Sesar Pele yang berarah baratdaya-timurlaut dan berada di antara Bukit Lansa dan Pele.

PEMBAHASAN

Data geologi daerah Panas Bumi Songa-Wayaua menunjukkan adanya batuan yang memiliki sifat impermeable dengan kandungan mineral lempung argilik (*argilic clay*) yang cukup tinggi pada daerah ubahan di sekitar air panas. Zona ubahan ini dicerminkan oleh anomali densitas rendah dari model hasil inversi 3-D dari anomali Residual di sekitar manifestasi Babale Lansa, Pelepele dan Padopado. Anomali ini diinterpretasikan sebagai lapisan batuan ubahan akibat interaksi fluida panas dengan batuan di sekitarnya yang tersebar dari utara ke selatan melewati mata air panas Padopado, Pelepele dan Babale Lansa. Tebal lapisan batuan ubahan ini diperkirakan lebih dari 500 meter yang berperan sebagai lapisan penudung yang dapat menahan fluida panas didalam reservoir.

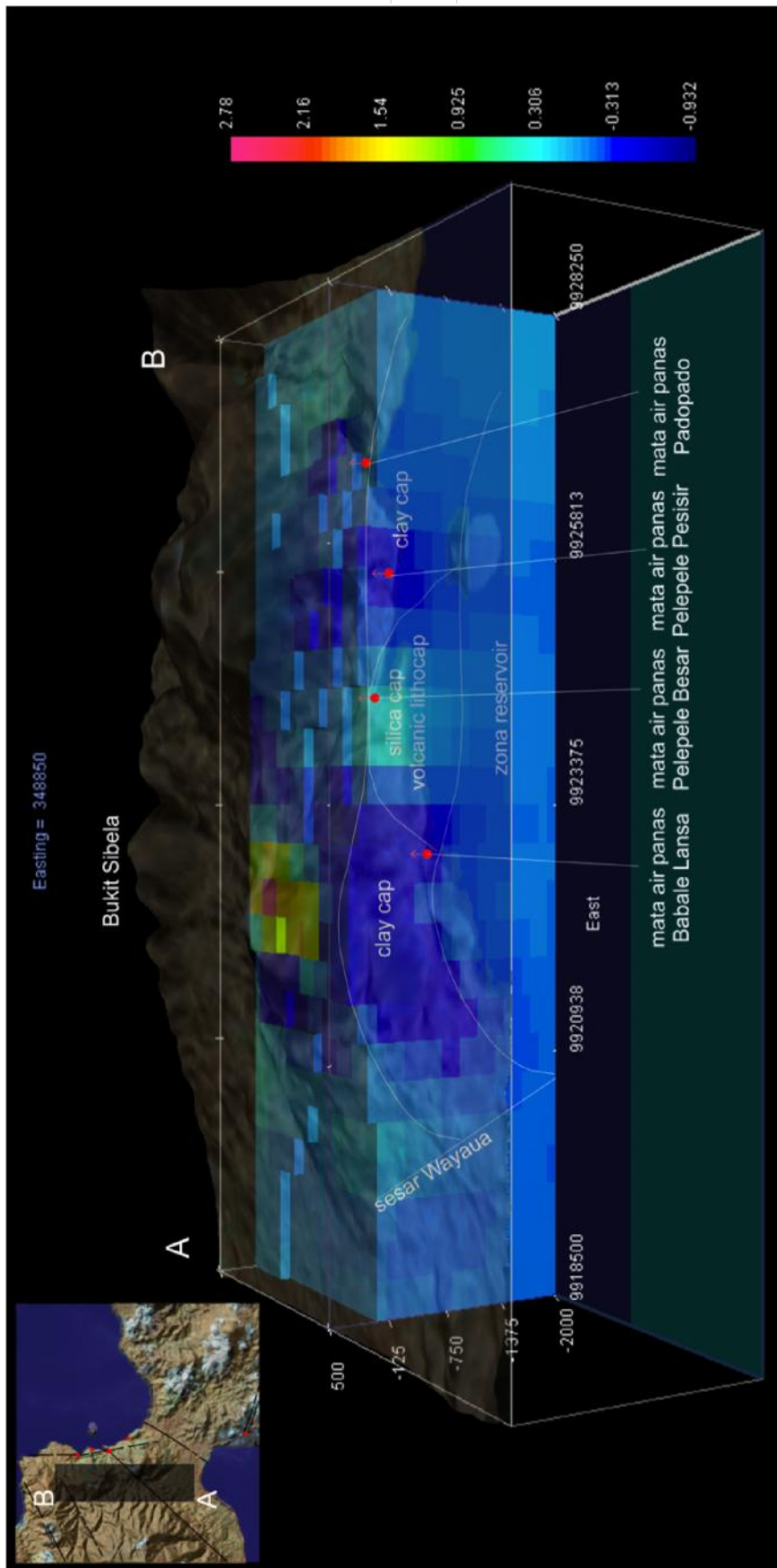
Batuan yang memungkinkan sebagai pembentuk reservoir diduga pada batuan Metamorf Sibela yang dicerminkan oleh nilai densitas 2.83 gr/cm^3 . Batuan ini

telah mengalami proses deformasi sehingga memungkinkan membentuk pola rekahan yang intensif dan bersifat permeabel.

Batas atas reservoir dari pemodelan inversi 3-D terlihat tren lapisan batuan dengan densitas meninggi mulai kedalaman >750 meter. Diperkirakan mulai kedalaman tersebut merupakan zona batas lapisan penudung dan reservoir. Dibagian timur laut reservoir dibatasi oleh sesar Wayaua yang terlihat pada model ini, sedangkan bagian baratdaya diperkirakan dibatasi oleh batas litologi antara batuan metamorf dan granit serta sesar yang berarah relatif sama dengan sesar Wayaua dibawah manifestasi Padopado, walaupun tidak tercermin pada model. Sumber panas (*heat sources*) untuk sistem panas bumi Songa-Wayaua dicirikan oleh anomali tinggi yaitu dibawah Bukit lansa dan Pele.

KESIMPULAN

Pemodelan gaya berat inversi 3-D dapat digunakan sebagai acuan dalam menginterpretasi sistem panas bumi di daerah Songa-Wayaua. Hasil pemodelan menunjukkan lapisan penudung yang dicerminkan oleh anomali densitas rendah



Gambar 8. Interpretasi sistem panas bumi Songa-Wayayau berdasarkan model gaya berat

ditemukan di sekitar manifestasi Babale Lansia, Pelepele dan Padopado. Batuan yang memungkinkan sebagai pembentuk reservoir dicerminkan oleh nilai densitas 2.83 gr/cm³ yang diinterpretasikan mempunyai batas atas reservoir pada kedalaman >750 meter, dengan sisi timur laut dibatasi oleh sesar Wayaua.

Sumber panas (*heat sources*) dicirikan oleh anomali tinggi yang berada dalam zona anomali rendah yaitu dibawah Bukit lansia dan Pele. Secara geologi kedua tubuh tersebut mencerminkan batuan vulkanik termuda dan diperkirakan menjadi

sumber panas pada sistem panas bumi di daerah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada tim editor dan dewan redaksi atas saran dan masukan, serta kepada rekan-rekan Pusat Sumber Daya Geologi yang telah membantu penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Apandi, T., dkk., 1980. Peta Geologi Lembar Ternate, Maluku Utara, Skala 1: 250.000. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Aquila, L.G., 1977: Magnetic and Gravity surveys Suriagao Geothermal Field, The Comvol letter, v.IV, No 5 & 6
- Burger, H.R., 1992, Exploration Geophysics of shallow Sub Surface, Prentice Hall.
- Dobrin, M.B; 1976: Introduction to Geophysical Prospecting. Mc. Grow Hill, p.357-475.
- Kadir, W.G.A., 2000, Eksplorasi Gaya Berat dan Magnetik, Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.
- Parasnis, D.S., 1979: Principles of Applied Geophysics, Chapman and Hall, p. 59-96.
- Santoso, Djoko, Pengantar Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A., 1990, Applied Geophysics, Cambridge University Press, London.
- Tim Survei Terpadu, 2006, Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Songa-Wayaua, Pulau Bacan, Maluku Utara, Pusat Sumber daya Geologi, Bandung.

Diterima tanggal 14 Maret 2011
Revisi tanggal 10 April 2011

KANDUNGAN GAS METANA BATUBARA DAERAH NIBUNG, KABUPATEN MUSI RAWAS, PROVINSI SUMATERA SELATAN

Oleh:

Sigit Arso W.

Pusat Sumber Daya Geologi
Jln. Soekarno - Hatta No. 444 Bandung

SARI

Gas metana (CH_4) merupakan salah satu gas yang terdapat dalam batubara yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Berdasarkan perhitungan rata-rata dengan metode *desorption test*, gas metana (CH_4) di dalam conto batubara Formasi Muaraenim adalah 0,48 m^3/ton (Lapisan Mangus), 0,46 m^3/ton (Lapisan Suban) dan 0,20 m^3/ton (Lapisan Petai). Sedangkan untuk analisis *adsorption isotherm* diketahui bahwa kandungan abu Lapisan Mangus dan Suban adalah sebesar 2,07% dan 59,63%.

Kandungan gas metana Lapisan Mangus lebih besar dikarenakan kandungan abu Lapisan Mangus lebih sedikit dibandingkan dua lapisan lainnya.

Kata Kunci : Nibung, Formasi Muaraenim, Batubara, Gas Metana (CH_4)

ABSTRACT

Methane (CH_4) is one of gas found in coal that can be use as energy resources. Based on calculation with desorption test method, methane (CH_4) in coal sample on Muaraenim Formation is about 0.48 m^3/ton (Seam Mangus), 0.46 m^3/ton (Seam Suban) and 0.20 m^3/ton (Seam Petai). The analysis of adsorption isotherm is produce data that the ash content on Seam Mangus and Suban are 2.07% and 59.63%, respective.

Methane in Seam Mangus has a higher content because ash content on Seam Mangus is less than two other seam.

Keyword : Nibung, Muaraenim Formation, Coal, Methane (CH_4)

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat digunakan untuk sumber energi. Sumber energi yang terdapat dalam batubara adalah energi panas yang pemanfaatannya mempunyai cakupan yang sangat luas diantaranya untuk bahan bakar, pembangkit listrik, dan lain sebagainya. Selain itu batubara juga memiliki kandungan gas diantaranya CO_2 , CH_4 , H_2 , O_2 , N_2 dan lain-lain. Kandungan gas tersebut ada yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dan ada pula yang tidak. Salah satu gas yang dapat dimanfaatkan untuk sumber energi adalah

CH_4 atau metana.

Metana menurut wikipedia adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH_4 . Keberadaan metana di alam diantaranya terdapat di tumpukan sampah, kotoran hewan, batubara dan lain sebagainya

Gas metana batubara merupakan campuran gas hidrokarbon dengan komposisi dominan gas metana (CH_4) (90-95%) dan gas lainnya seperti karbondioksida (CO_2) dan nitrogen (N_2) dalam jumlah yang sedikit (Alan A. Bayrak, 2010).

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui kandungan gas metana (CH₄) dalam batubara di Formasi Muaraenim.

Metode yang digunakan untuk mengetahui kandungan gas metana dalam batubara diantaranya adalah *desorption test*, analisis *adsorption isotherm* dan *gas chromatograph*. *Desorption test* digunakan untuk mengetahui jumlah total kandungan gas yang terdapat dalam batubara. Metode ini mengadopsi metode dari USGS, secara matematis dapat digambarkan sebagai berikut:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

dimana;

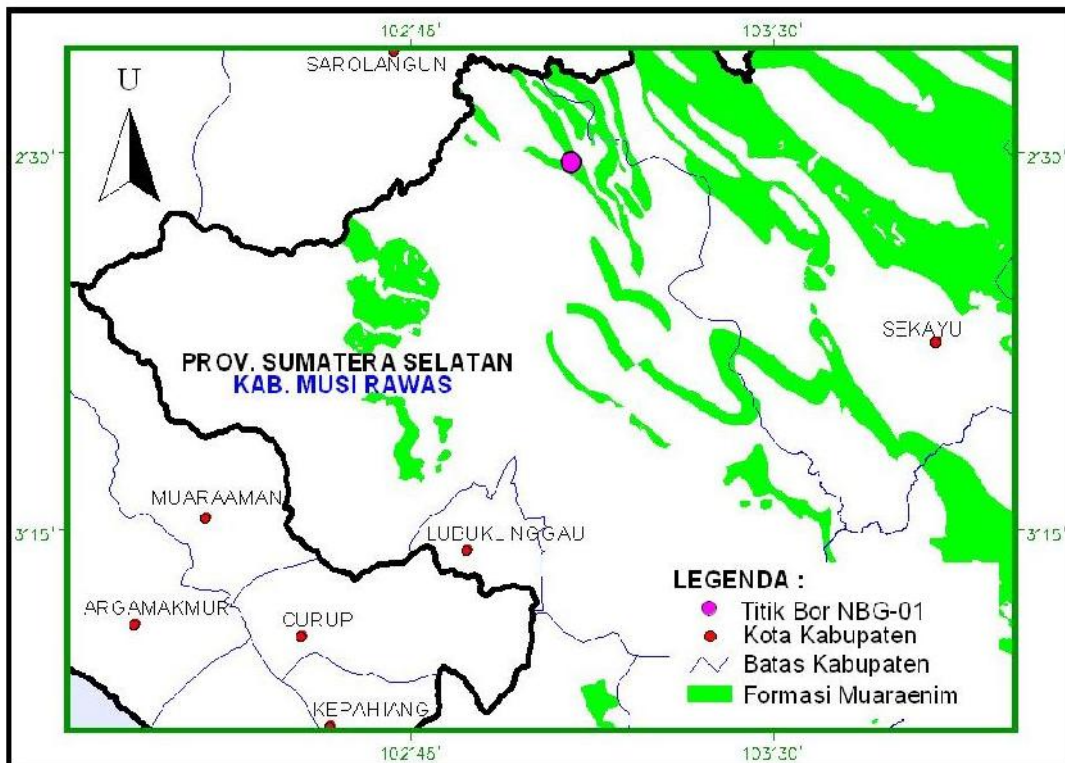
- Q_T : Jumlah Total Kandungan Gas (cc)
- Q₁ : Kandungan Gas yang Hilang (Lost Gas) (cc)
- Q₂ : Kandungan Gas yang Diukur dalam canister (cc)
- Q₃ : Kandungan Gas Sisa (Saat Crusher) (cc)

Hasil Q₁ atau *lost gas* didapatkan dari analisa regresi linier yang didapatkan setelah pengukuran gas di canister atau Q₂ telah

selesai dilakukan. Q₂ didapat dari hasil pengukuran gas yang keluar dari canister sedangkan untuk Q₃ dihasilkan dari pengukuran gas yang keluar dari batubara pada saat batubara di *crusher* atau digerus.

Analisis berikutnya adalah *adsorption isotherm* dilakukan berdasarkan metode *volumetric* dari CSIRO untuk menentukan kapasitas serap (sorption capacity) batubara sebagai fungsi tekanan. Atau dengan kata lain *adsorption isotherm* diekspresikan sebagai hubungan antara volume gas terserap dengan tekanan gas tersebut, dalam hal ini gas yang digunakan adalah gas metana (CH₄) ± 99,9% *purity*. Sedangkan *gas chromatograph* digunakan untuk mengetahui komposisi gas yang terdapat dalam lapisan batubara.

Sebanyak 26 conto batubara yang dianalisa kandungan gasnya diambil dari satu titik bor (NBG-01) dengan total kedalaman 391 m. Lokasi titik bor terletak di koordinat 1030229,80" Bujur Timur dan 22741,34" Lintang Selatan dimana secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Musi Rawas, Provinsi Sumatera Selatan (**Gambar 1**).



Gambar 1. Peta Lokasi Titik Bor Daerah Nibung

Geologi

Daerah penelitian termasuk di dalam Peta Geologi Lembar Sarolangun, Sumatera Skala 1 : 250.000 (N. Suwarna, Suharsono, S. Gafoer, T. C. Amin, Kusnama dan B. Hermanto, 2007).

Geologi daerah penelitian termasuk dalam Cekungan Sumatera Selatan. Menurut de Coster (1974), Cekungan Sumatera Selatan dan Cekungan Sumatera Tengah adalah suatu cekungan besar yang dicirikan oleh kesamaan sedimentasi batuan dan dipisahkan oleh Tinggian Tigapuluh yang terbentuk akibat pergerakan ulang sesar bongkah pada batuan berumur Pra Tersier diikuti oleh kegiatan vulkanik.

Kandungan Gas Metana Daerah Nibung

Contoh batubara daerah Nibung termasuk ke dalam Anggota M2, Formasi Muaraenim. Sebanyak 26 contoh batubara

diambil dari titik bor NGB-01 kemudian dimasukkan ke dalam canister dan telah dilakukan beberapa analisis diantaranya *desorption test*, *adsorption test* dan *gas chromatograph* dimana sebanyak 20 contoh termasuk ke dalam Lapisan Mangus, 5 contoh Lapisan Suban dan 1 contoh Lapisan Petai. Kedalaman dan ketebalan batubara untuk masing-masing lapisan tersebut adalah sebagai berikut ;

Lapisan Mangus terdapat di kedalaman 237, 58 – 251,22 m dengan ketebalan 13, 64 m, Lapisan Suban terdapat di kedalaman 275,85 – 278,55 m dengan ketebalan 2,70 m dan Lapisan Petai terdapat di kedalaman 282,15 – 283,15 m dengan ketebalan 1,00 m (**Tabel 1**).

Contoh batubara yang dianalisis hanya pada kedalaman 237 – 283 m, hal ini dikarenakan pada kedalaman tersebut diperkirakan memiliki potensi kandungan gas CH₄ yang cukup besar.

U m u r	Formasi	Daerah Nibung - Jambi - Sumatra Selatan (Modifikasi dari Sumaatmadja, dkk., 2001)		Cekungan Sumatra Selatan (Shell, 1978)			
		Deskripsi	Lapisan	Lapisan	Deskripsi		
M i o s e n	Kasai (QTK)				Batupasir tufaan, lempung tufaan, abu-abu putih, biru-hijau, batuapung		
		A k h i r	M4	Batulempung hijau-biru, abu-abu, kaya material vulkanik, sisan batupasir abu-abu hijau dan putih, beberapa lapisan batubara. Tebal 180 - 240 m.		Niru Lematang Benakat/Bebat Enim Keben	Lempung tufaan, hijau-biru, dan lempung pasiran, pasir halus-kasar, abu-abu & putih, glaukonitan, lapisan batuapung
				Perselingan batupasir abu-abu muda dan batulempung abu-abu hijau serta sisipan lapisan batubara, batulempung dan batupasir mengandung nodul ironstone dengan rongga-rongga gas. Tebal 115 - 365 m.	Benjang B. nung	Benuang Bunung	Perselingan batupasir dan batulanau menindih lempung biru-hijau dan abu-abu, horizon batupasir tebal 3-6 m
				Perselingan batulempung coklat dan batupasir abu-abu kehijauan, lapisan batubara dengan kandungan tuf biotit terpujarkan. Tebal 45 - >100 m.	Mangus 1 2 Suban	1 2 Mangus Suban Petai	Batulempung coklat, abu-abu, batulempung pasiran, batupasir halus, hijau-abu-abu di bagian bawah, sedimen interseam Mangus batupasir tufaan mengandung biotit
				Batupasir hijau-biru, batulempung hijau dan sisipan batulanau. Tebal 100 - 150 m.	Merapi Kaci	Merapi Kaci	Batupasir, batulanau, batu empung coklat, abu-abu, dengan batupasir glaukonitan
				Batulempung abu-abu kecoklatan, batupasir abu-abu kekuningan, glaukonitan, mengandung cangkang moluska dan foraminifera			Batulempung abu-abu - coklat, biru, serpih pasiran hijau - abu-abu, hijau, glaukonitan
		T e n g a h	M1				
				Air Benakat (Tma)			
		A w a l	Gumai (Tmg)	Perselingan serpih, napal dan batulempung. Napal setempat mengandung pirit.			Perselingan serpih, napal dan batu empung gampingan

Catatan : - - - - - Horizon Marker

Gambar 2. Kolom Stratigrafi Daerah Nibung (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

Dari perhitungan dengan menggunakan metode *desorption test* didapatkan hasil rata-rata total kandungan gas adalah sebagai berikut ; Lapisan Mangus 1,14 m³/ton, Lapisan Suban 1,08 m³/ton dan Lapisan Petai 0,99 m³/ton (**Tabel 2**). Sedangkan untuk analisis *adsorption isotherm* hanya dilakukan di dua lapisan batubara saja yaitu Lapisan Mangus dan Suban. Lapisan Mangus dan Suban mempunyai kemampuan untuk menyimpan gas mencapai 12,43 m³/ton dan 6,15 m³/ton pada tekanan 474 dan 617 psi (**Tabel 3**).

Hasil analisis rata-rata *gas chromatograph* untuk ketiga lapisan tersebut adalah sebagai berikut : Lapisan Mangus, O₂

7,79%; N₂ 49,28%; CH₄ 42,21%; CO 0,34%; CO₂ 0,07%; dan H₂ 0,31%. Lapisan Suban, O₂ 3,07%; N₂ 53,30%; CH₄ 43,50%; CO 0,00%; CO₂ 0,13%; dan H₂ 0,00%. Lapisan Petai, O₂ 4,55%; N₂ 74,00%; CH₄ 20,66%; CO 0,00%; CO₂ 0,21%; dan H₂ 0,58%

Berdasarkan hasil analisis kimia diketahui pula bahwa nilai kalori untuk Lapisan Mangus berkisar antara 5542 – 6346 kal/gr dan Lapisan Suban antara 3161 – 6135 kal/gr. Sedangkan untuk kandungan abu Lapisan Mangus berkisar antara 2,25 – 17,26 % dan Lapisan Suban antara 3,00 – 48,54 % (**Tabel 6**).

Tabel 1.
Data Kedalaman Lapisan Batubara di Titik Bor NBG-01
(Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

LUBANG BOR	KOORDINAT		KEDALAMAN LAPISAN BATUBARA (M)		TEBAL (M)	LAPISAN	KET.
	BT	LS	ATAP	LANTAI			
NBG-01	103°02'29,80"	2°27'41,34"	75,55	78,65	3,10	1	Conto BB diambil untuk Analisis Gas BB
			157,20	159,05	1,85	2	
			179,50	180,00	0,50	3	
			198,75	199,35	0,60	4	
			217,25	220,50	3,30	5	
			237,58	251,22	13,64	6 (Mangus)	
			275,85	278,55	2,70	7 (Suban)	
			282,15	283,15	1,00	8 (Petai)	
			297,42	300,95	2,58	9	
			313,70	314,00	0,30	10	

Tabel 2.
Hasil Perhitungan *Desorption Test* dan Analisis Gas *Chromatograph*

No.	LAPISAN BATUBARA	TOTAL KANDUNGAN GAS (SCF/TON)	TOTAL KANDUNGAN GAS (M ³ /TON)	KOMPOSISI GAS METANA (%)	KANDUNGAN GAS METANA (M ³ /TON)
1	Mangus	40,10	1,14	42,21	0,48
2	Suban	38,27	1,08	43,50	0,46
3	Petai	35,10	0,99	20,66	0,20

Tabel 3.

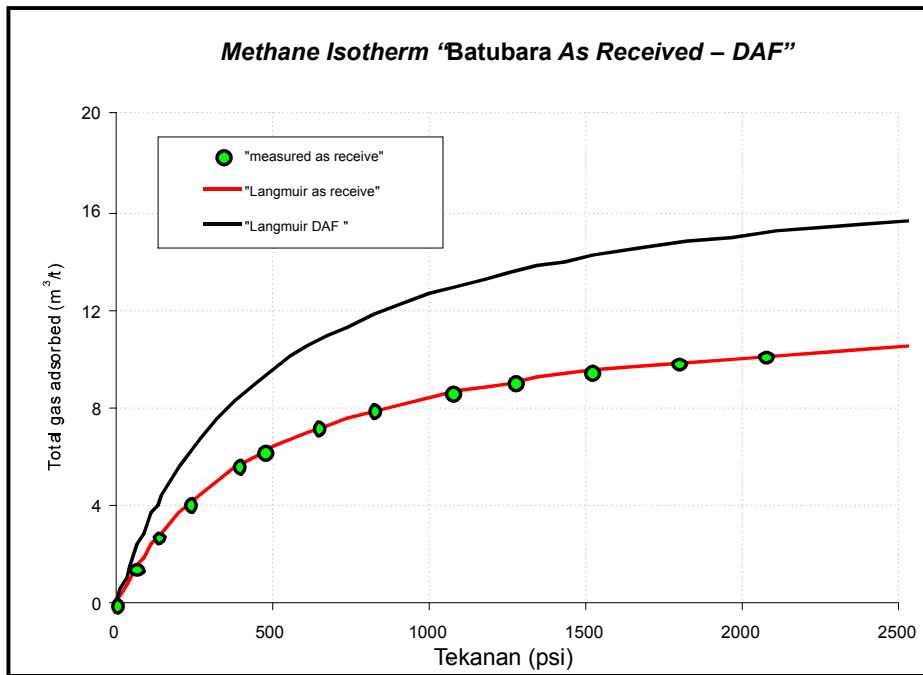
Hasil analisis adsorption isotherm conto batubara Canister 10 (Lapisan Mangus) dan Canister 23 (Lapisan Suban) - (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

No	Conto Batubara	Kedalaman (m)	Suhu °C	Volume Langmuir, VL (m ³ /ton)	Tekanan Langmuir, PL (psi)
1	Canister 10	243,10-243,60	30	12,43	474
2	Canister 23	275,60-276,00	30	6,15	617

Tabel 4.

Hasil analisis adsorption isotherm Canister 10, Lapisan Mangus (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

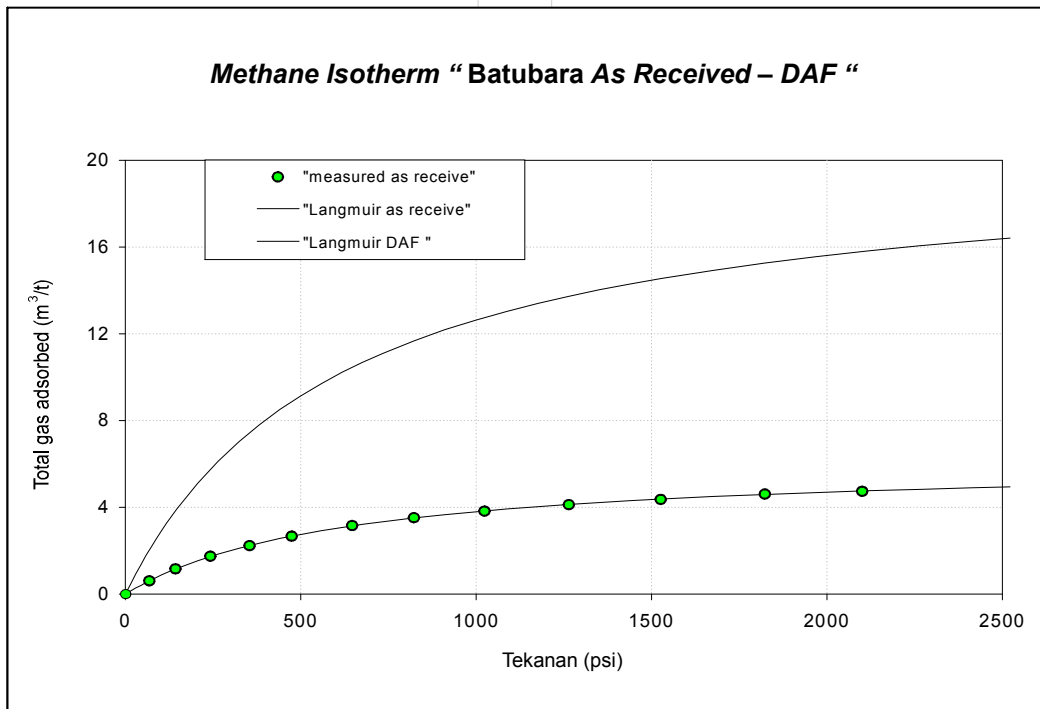
<p>Conto No : Canister - 10 Kedalaman, m : 243,10-243,60 Suhu, °C : 30</p>		<p><i>Adsorption Isotherm</i> $c = V$ c: kandungan gas ; p: tekanan VL, PL: parameter Langmuir VL (m³/t) = 12,43 PL (psi) = 474</p>																																													
<p>Analisis Proximate</p> <p>Moisture, Adb : 31,15 Zat Terbang : 33,74 Fixed Carbon : 33,04 Kandungan Abu : 2,07</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tekanan (psi)</th> <th colspan="2">gas adsorbed</th> </tr> <tr> <th colspan="2">measured</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>0,00</td><td></td></tr> <tr><td>64</td><td>1,48</td><td></td></tr> <tr><td>137</td><td>2,77</td><td></td></tr> <tr><td>233</td><td>4,09</td><td></td></tr> <tr><td>392</td><td>5,65</td><td></td></tr> <tr><td>476</td><td>6,25</td><td></td></tr> <tr><td>645</td><td>7,18</td><td></td></tr> <tr><td>823</td><td>7,89</td><td></td></tr> <tr><td>1077</td><td>8,65</td><td></td></tr> <tr><td>1274</td><td>9,04</td><td></td></tr> <tr><td>1524</td><td>9,49</td><td></td></tr> <tr><td>1802</td><td>9,86</td><td></td></tr> <tr><td>2075</td><td>10,13</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tekanan (psi)	gas adsorbed		measured		2	0,00		64	1,48		137	2,77		233	4,09		392	5,65		476	6,25		645	7,18		823	7,89		1077	8,65		1274	9,04		1524	9,49		1802	9,86		2075	10,13	
Tekanan (psi)	gas adsorbed																																														
	measured																																														
2	0,00																																														
64	1,48																																														
137	2,77																																														
233	4,09																																														
392	5,65																																														
476	6,25																																														
645	7,18																																														
823	7,89																																														
1077	8,65																																														
1274	9,04																																														
1524	9,49																																														
1802	9,86																																														
2075	10,13																																														
<p>Densitas Batubara</p>	1,28 gr cm ⁻³																																														
<p>Tekanan Hidrostatik pada Kedalaman Lap.</p>	358 psi																																														
<p>Adsorbed CH₄ Storage capacity pada Kedalaman Lap. (m³/ton)</p>	Ar	Daf																																													
	5.35	8.00																																													
4a	4b																																														



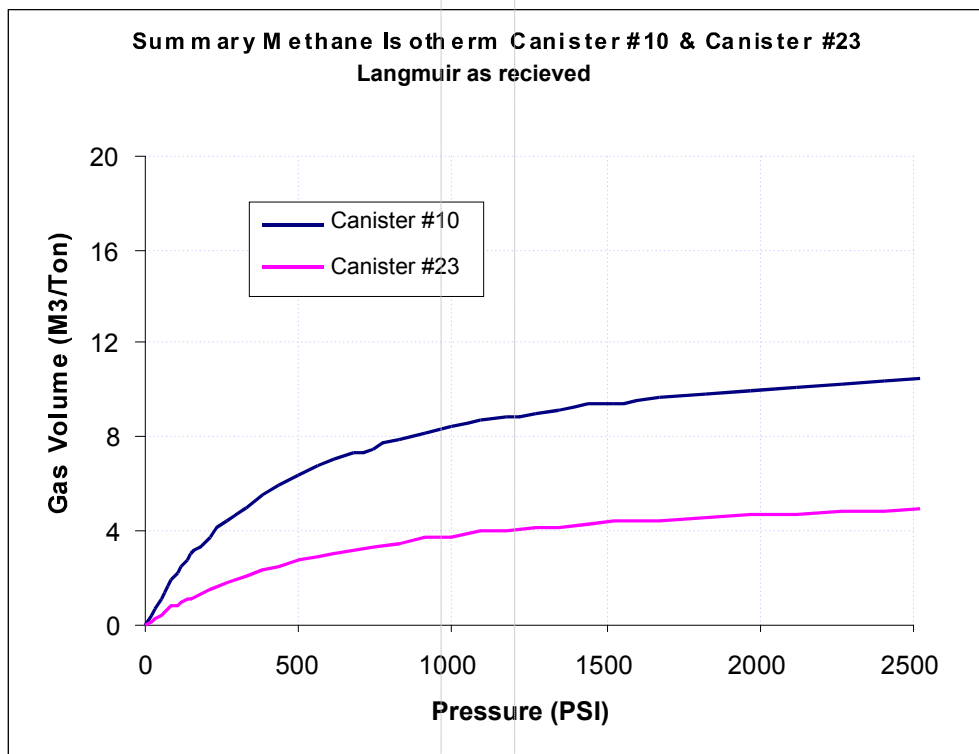
Gambar 3. Kurva Volume vs Tekanan Langmuir yang diperoleh dari conto Lapisan Mangus (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

Tabel 5. Hasil analisis adsorption isotherm Canister 23, Lapisan Suban (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

<p>Conto No : Canister - 23</p> <p>Suhu, °C : 30</p>		<p>Analisis Proximate</p> <p>Moisture, Adb : 10,26 Zat Terbang : 15,87 Fixed Carbon : 14,24 Kandungan Abu : 59,63</p>		<p>Adsorption Isotherm $c = VLp/(p+PL)$ c: kandungan gas ; p: tekanan gas VL, PL: parameter Langmuir VL (m³/t) = 6,15 PL (psi) = 617</p>																																																	
<p>Densitas Batubara : 1,735 gr cm⁻³</p> <p>Tekanan Hidostatik pada Kedalaman Lap. : 405 psi</p>		<p>Adsorbed CH₄ Storage capacity pada Kedalaman Lap. (m³/ton)</p> <table border="1"> <tr> <td>Ar</td> <td>Daf</td> </tr> <tr> <td>2,44</td> <td>8,10</td> </tr> </table>		Ar	Daf	2,44	8,10	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tekanan (psi)</th> <th colspan="2">gas adsorbed (m³/ton)</th> </tr> <tr> <th>measured</th> <th>fitted</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>0,00</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>68</td><td>0,61</td><td>0,61</td></tr> <tr><td>143</td><td>1,16</td><td>1,16</td></tr> <tr><td>243</td><td>1,75</td><td>1,74</td></tr> <tr><td>354</td><td>2,23</td><td>2,24</td></tr> <tr><td>474</td><td>2,67</td><td>2,67</td></tr> <tr><td>647</td><td>3,15</td><td>3,15</td></tr> <tr><td>823</td><td>3,52</td><td>3,51</td></tr> <tr><td>1024</td><td>3,82</td><td>3,84</td></tr> <tr><td>1264</td><td>4,12</td><td>4,11</td></tr> <tr><td>1526</td><td>4,37</td><td>4,38</td></tr> <tr><td>1823</td><td>4,61</td><td>4,60</td></tr> <tr><td>2101</td><td>4,74</td><td>4,76</td></tr> </tbody> </table>		Tekanan (psi)	gas adsorbed (m ³ /ton)		measured	fitted	2	0,00	0,02	68	0,61	0,61	143	1,16	1,16	243	1,75	1,74	354	2,23	2,24	474	2,67	2,67	647	3,15	3,15	823	3,52	3,51	1024	3,82	3,84	1264	4,12	4,11	1526	4,37	4,38	1823	4,61	4,60	2101	4,74	4,76
Ar	Daf																																																				
2,44	8,10																																																				
Tekanan (psi)	gas adsorbed (m ³ /ton)																																																				
	measured	fitted																																																			
2	0,00	0,02																																																			
68	0,61	0,61																																																			
143	1,16	1,16																																																			
243	1,75	1,74																																																			
354	2,23	2,24																																																			
474	2,67	2,67																																																			
647	3,15	3,15																																																			
823	3,52	3,51																																																			
1024	3,82	3,84																																																			
1264	4,12	4,11																																																			
1526	4,37	4,38																																																			
1823	4,61	4,60																																																			
2101	4,74	4,76																																																			
(5a)		(5b)																																																			



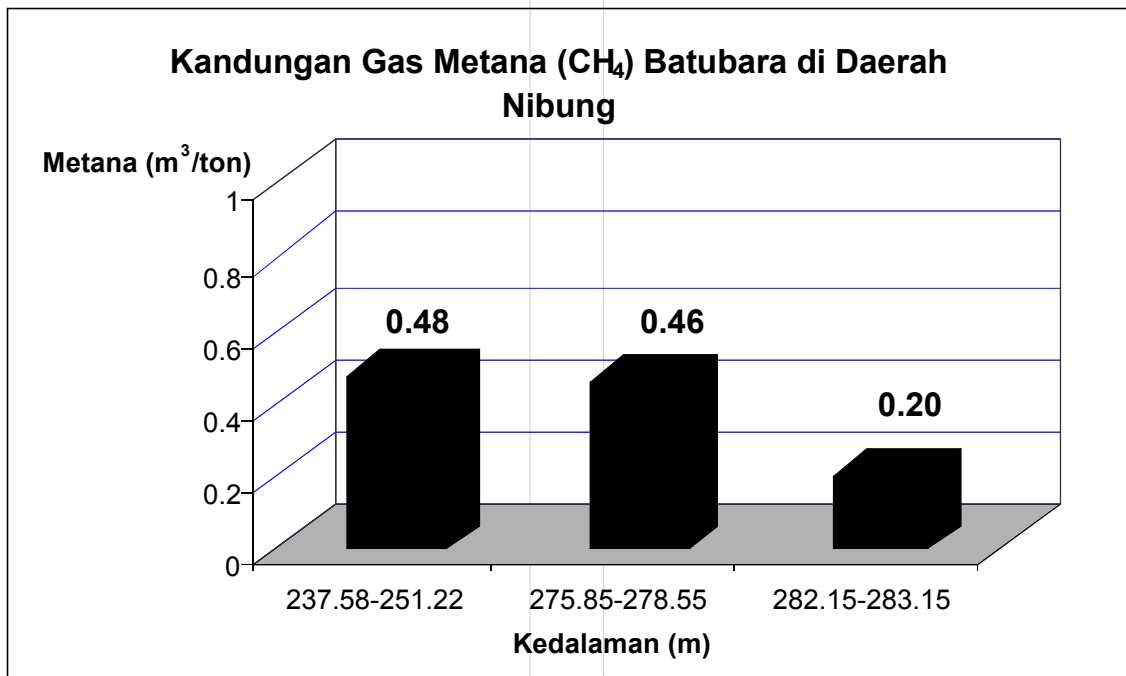
Gambar 4. Kurva Volume vs Tekanan Langmuir yang diperoleh dari conto Lapisan Suban (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)



Gambar 5. Gabungan Kurva Volume vs Tekanan Langmuir yang diperoleh dari conto Canister 10 (Lapisan Mangus) dan Canister 23 (Lapisan Suban) (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

Tabel 6.
 Hasil Analisis Kimia Nilai Kalori dan Kandungan Abu terhadap
 conto batubara Lapisan Mangus dan Suban
 (Modifikasi dari Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010)

No	Lapisan Batubara	Kedalaman (m)	Nilai Kalori (kal/gr)	Kandungan Abu (%)
1	Mangus	237,58-251,22	5542-6346	2,25-17,26
2	Suban	275,85-278,55	3161-6135	3,00-48,54



Gambar 6. Kurva kandungan gas metana batubara di daerah Nibung

Pembahasan

Dalam beberapa literatur disebutkan bahwa keterdapatan gas metana (CH₄) dalam batubara dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor tersebut adalah kedalaman dimana semakin dalam lapisan batubara tersebut berada maka semakin besar pula kandungan gas metana yang terdapat didalamnya. Penelitian yang dilakukan di daerah Nibung menunjukkan hasil analisis yang berbeda dimana semakin dalam keterdapatan batubara maka

semakin kecil kandungan gas metana dalam lapisan tersebut (**Tabel 2, Gambar 6**).

Berdasarkan hasil analisis *adsorption isotherm* yang dilakukan di dua lapisan yaitu Lapisan Mangus dan Suban, terlihat pula pada tabel 2 dan gambar 5 bahwa Lapisan Mangus memiliki kemampuan menyimpan gas lebih besar dibandingkan Lapisan Suban yang berada di bawahnya dimana Lapisan Mangus memiliki nilai sebesar 12,43 m³/ton dan Lapisan

Suban hanya sebesar 6,15 m³/ton. Di sisi lain, kandungan abu mencapai 2,09 % (Lapisan Mangus) dan 59,63 % (Lapisan Suban). Lapisan Mangus memiliki kandungan abu yang lebih sedikit dibandingkan Lapisan Suban

Dari hasil analisis kimia diketahui pula bahwa pada Lapisan Suban Memiliki kisaran kandungan Abu yang cukup besar apabila dibandingkan dengan Lapisan Mangus. Hal ini dapat dilihat pada tabel 6 dimana Lapisan Suban memiliki kisaran kandungan abu antara 3,00 - 48,54 % sedangkan Lapisan Mangus hanya memiliki kisaran kandungan abu antara 2,25 – 17,26 %. Untuk nilai kalori di kedua lapisan tersebut dapat dikatakan tidak ada perbedaan yang cukup signifikan seperti terlihat pada tabel 6.

Dari ketiga fakta tersebut diatas, selain ketebalan batubara, penulis dapat menyimpulkan pula bahwa kandungan abu merupakan faktor yang mempengaruhi jumlah kandungan gas metana batubara sedangkan kedalaman bukan merupakan suatu faktor yang mempengaruhi besar atau tidaknya kandungan gas metana batubara di Formasi Muaraenim daerah Nibung.

Kesimpulan

Sebanyak 26 conto batubara Lapisan Mangus, Suban dan Petai Formasi Muaraenim di titik bor NBG-01 di analisis kandungan gas metananya. Hasil perhitungan rata-rata menyebutkan bahwa kandungan gas metana (Ch₄) Lapisan Mangus (13,64 m) sebesar 0,48 m³/ton, Lapisan Suban (2,70 m) sebesar 0,46 m³/ton dan Lapisan Petai (1,00 m) sebesar 0,20 m³/ton.

Kandungan Abu berdasarkan analisis *adsorption isotherm* diketahui bahwa untuk Lapisan Mangus dan Suban sebesar 2,07% dan 59,63%

Selain ketebalan batubara, kandungan abu merupakan faktor terpenting yang menentukan jumlah kandungan gas metana batubara di Formasi Muaraenim daerah Nibung

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ir. Deddy Amarullah, Ir. Asep Suryana dan SM. Tobing, M.Sc yang telah memberikan bimbingan dan bantuan sehingga tulisan ini dapat terselesaikan.

Daftar Pustaka

- Bayrak, Alan., 2010, Integrated Quantitative Basin Analysis for CBM Exploration, dipresentasikan pada workshop cbm di UNSRI Palembang tanggal 09 Desember 2010.
- De Coster, G.L., 1974, The Geology of The Central and South Sumatra Basin. Proceeding Indonesia Petroleum Association, 4th Annual Convention.
- Pusat Sumber Daya Geologi (Tim Pemboran Dalam Nibung, 2010). Laporan Pemboran Dalam dan Pengukuran Kandungan Gas Pada Lapisan Batubara Daerah Nibung Kabupaten Musi Rawas, Provinsi Sumatera Selatan. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Suwarna, N., Suharsono, Gafoer, S., Amin, T. C., Kusnama dan Hermanto, B., 1992. Peta Geologi Lembar Sarolangun, Sumatra. Puslitbang Geologi, Bandung.
- USGS, 2000. "Methode Gas Analysis", Colorado, USA
- Wikipedia, 2011., Metana, (online), (<http://www.id.wikipedia.org/wiki/Metana.html>), diakses tanggal 16 Juni 2011)

Diterima tanggal 29 Maret 2011
Revisi tanggal 6 Juni 2011

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Mei 2011

ISSN 1907 - 5367

Dudi Hermawan, Yuanno Rezky
(Pusat Sumber Daya Geologi)

DELINEASI DAERAH PROSPEK PANAS BUMI
BERDASARKAN ANALISIS KELURUSAN CITRA
LANDSAT DI CANDI UMBUL - TELOMOYO, PROVINSI
JAWA TENGAH

BSDG Mei 2011 Vol. 6 No. 1 Hal. 1 - 10

Berdasarkan analisis geokimia organik, material organik di dalam conto batuan serpih minyak Formasi Sangkarewang berkisar 0,11-5,12%, berasal dari campuran alga dan tumbuhan tinggi, terendapkan pada lingkungan danau teroksidasi, merupakan kerogen Tipe II dan Tipe III, serta memiliki tingkat kematangan dengan kategori belum matang-awal matang.

Kata kunci: serpih minyak, material organik, kematangan.

Robet Lumban Tobing (Pusat Sumber Daya Geologi)

KARAKTERISTIK CONTO BATUAN SERPIH MINYAK
FORMASI SANGKAREWANG, DI DAERAH
SAWAHLUNTO - SUMATERA BARAT, BERDASARKAN
GEOKIMIA ORGANIK

BSDG Mei 2011 Vol. 6 No. 1 Hal. 11 - 22

Berdasarkan analisis geokimia organik, material organik di dalam conto batuan serpih minyak Formasi Sangkarewang berkisar 0,11-5,12%, berasal dari campuran alga dan tumbuhan tinggi, terendapkan pada lingkungan danau teroksidasi, merupakan kerogen Tipe II dan Tipe III, serta memiliki tingkat kematangan dengan kategori belum matang-awal matang.

Kata kunci: serpih minyak, material organik, kematangan.

Kisman (Pusat Sumber Daya Geologi)

ARSEN (As) SEBAGAI UNSUR PENUNJUK
MINERALISASI EMAS TIPE EPITERMAL
DI DAERAH CISLOK KABUPATEN SUKABUMI
JAWA BARAT

BSDG Mei 2011 Vol. 6 No. 1 Hal. 23 - 32

Mineralisasi emas yang terdapat di zona alterasi biasanya ditandai dengan adanya mineral sulfida sebagai mineral penunjuk. Unsur As dalam bentuk mineral arsenopyrite (FeAsS_2) adalah salah satu unsur yang memiliki hubungan dengan keberadaan emas di daerah penyelidikan. Korelasi antara unsur Au dan As memiliki angka positif 0,1375 hal ini berarti bahwa keduanya memiliki hubungan keterjadian sehingga arsen dapat dijadikan sebagai unsur penunjuk mineralisasi tipe epitermal karena pembentukan unsur

arsen pada suhu rendah.

Alterasi yang terdapat pada lingkungan batuan vulkanik yang diterobos oleh batuan intrusi yang lebih muda akan menghasilkan mineralisasi endapan emas primer yang ideal.

Kata kunci: zona alterasi, mineral arsenopirit, mineralisasi emas, unsur arsen

Ahmad Zarkasyi dan Yuanno Rezky
(Pusat Sumber Daya Geologi)

MODEL SISTEM PANAS BUMI BERDASARKAN DATA
GRAVITY PADA DAERAH SONGA - WAYAUA, PULAU
BACAN, MALUKU UTARA

BSDG Mei 2011 Vol. 6 No. 1 Hal. 33 - 40

Daerah panas bumi Songa-Wayau merupakan salah satu area panas bumi yang menarik, yang berada di Pulau Bacan, Provinsi Maluku Utara. Manifestasi panas bumi di permukaan yang terdapat di Songa-Wayau mempunyai temperatur berkisar 65 – 103,5 0C berupa mata air panas, fumarol, kolam lumpur, tanah panas dan batuan teralterasi. Survei gaya berat yang dilakukan pada tahun 2006 bertujuan untuk mengidentifikasi sistem panas bumi dan area prospeknya. Pemodelan gaya berat dengan inversi 3 dimensi menunjukkan sistem panas bumi Songa-Wayau terkonsentrasi di bawah struktur Graben Songa, di antara Bukit Lansa dan Bukit Pele.

Kata Kunci: Panas bumi, Songa-Wayau, gaya berat, model.

Sigit Arso W. (Pusat Sumber Daya Geologi)

KANDUNGAN GAS METANA BATUBARA DAERAH
NIBUNG, KABUPATEN MUSI RAWAS, PROVINSI
SUMATERA SELATAN

BSDG Mei 2011 Vol. 6 No. 1 Hal. 41 - 49

Gas metana (CH_4) merupakan salah satu gas yang terdapat dalam batubara yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Berdasarkan perhitungan rata-rata dengan metode *desorption test*, gas metana (CH_4) di dalam conto batubara Formasi Muaraenim adalah 0,48 m^3/ton (Lapisan Mangus), 0,46 m^3/ton (Lapisan Suban) dan 0,20 m^3/ton (Lapisan Petai). Sedangkan untuk analisis *adsorption isotherm* diketahui bahwa kandungan abu Lapisan Mangus dan Suban adalah sebesar 2,07% dan 59,63%.

Kandungan gas metana Lapisan Mangus lebih besar dikarenakan kandungan abu Lapisan Mangus lebih sedikit dibandingkan dua lapisan lainnya.

Kata Kunci: Nibung, Formasi Muaraenim, Batubara, Gas Metana (CH_4)

Aeolian deposits

Sedimen yang diendapkan setelah ditransportasikan oleh angin.

Agglomerate

Batuan piroklastik yang terdiri dari fragmen dengan diameter lebih dari 2 cm.

Albitisation

(Albitisasi)

Proses pembentukan albit dalam batuan dengan cara mengubah mineral yang telah ada sebelumnya, biasanya felspar melalui masuknya ion natrium ke dalam batuan.

Allochthonous

Istilah yang digunakan untuk material pembentuk batuan yang telah tertransportasi ke tempat ia diendapkan.

Allogenic

Istilah yang digunakan untuk sebagian material sedimen, baik itu mineral atau bahan lain (seperti kerikil dalam konglomerat, atau butiran kuarsa yang terdapat dalam batupasir) yang terbentuk jauh dari tempat ia diendapkan dan ditransportasikan menuju tempat ia diendapkan kemudian.

Alluvial deposits, alluvium

Material rombakan yang tertransportasikan oleh air sungai dan diendapkan –untuk sementara– pada bagian-bagian sepanjang sungai, seperti dataran limpas banjir. Biasanya terdiri dari pasir dan kerikil.

Basin

(Cekungan) merupakan suatu depresi dalam ukuran besar yang dibatasi oleh tinggian, dapat terbentuk sebagai hasil dari proses struktural dan atau erosional.

Bathyal

Istilah yang digunakan untuk lingkungan di laut yang terletak pada lereng kontinen dengan kedalaman antara 200 hingga 4.000 m. Pada lingkungan ini terjadi fluktuasi dalam pengendapan, kandungan oksigen, dan gelombang. Lingkungan atau zona ini merupakan tempat terbentuknya ooze.

Bedding, bedding plane

(Perlapisan, bidang perlapisan) Merupakan suatu bidang permukaan yang paralel terhadap bidang permukaan pengendapan, yang bisa mempunyai atau tidak mempunyai ciri fisik. Contohnya pada serpih, bidang belahnya dapat sepanjang permukaan lapisan, lain halnya pada batupasir yang bidang perlapisannya dicirikan oleh perubahan warna, besar butir, dan

sebagainya.

Bedrock

(Batuan dasar) Merupakan istilah pertambangan untuk batuan yang belum lapuk yang terdapat di bawah tanah.

Biofacies

Suatu unit batuan yang mengandung kumpulan fosil tertentu yang mencirikan lingkungan pengendapan tertentu.

Catastrophism

(Katastrofisme) merupakan suatu hipotesis yang pada saat ini tidak digunakan lagi. Hipotesis ini menyebutkan bahwa perubahan di bumi ini terjadi sebagai hasil dari suatu malapetaka besar yang terjadi dalam jangka waktu yang relatif pendek. Hipotesis ini kemudian dipatahkan oleh teori yang dikenal dengan Uniformitarisme yang menyebutkan bahwa perubahan di bumi terjadi sedikit demi sedikit secara berkelanjutan.

Cement

(Semen) Material yang mengikat atau menyatukan partikel-partikel dalam suatu batuan sedimen.

Chalcocite

Bijih tembaga, Cu_2S , terdapat pada zona pengayaan dalam endapan sulfida.

Chalcopyrite

Bijih tembaga yang utama, $CuFeS_2$, banyak terdapat pada urat-urat kuarsa yang merupakan hasil proses hidrotermal atau metasomatik.

Chalk

(Kapur) Merupakan batugamping yang berbutir halus dan berwarna putih yang ditemukan di bagian barat Eropa dengan umur Kapur Atas. Istilah kapur juga kemudian digunakan untuk menyebutkan batugamping yang berbutir halus dan berwarna putih lainnya walaupun berbeda secara stratigrafi.

-Penny-

Sumber : The Penguin Dictionary of Geology, 1982

PEDOMAN PENULISAN MAKALAH/KARYA TULIS ILMIAH BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

ISI DAN KRITERIA UMUM

Naskah makalah/karya tulis ilmiah untuk publikasi di Buletin Sumber Daya Geologi dapat berupa artikel hasil penelitian, ulasan balik (*review*) dan ulasan/tinjauan (*feature*) tentang geologi baik sains maupun terapan terutama berkaitan dengan tugas pokok dan fungsi Institusi Pusat Sumber Daya Geologi. Naskah yang diajukan belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada wadah publikasi lain.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris sesuai kaidah masing-masing bahasa yang digunakan. Judul naskah ditulis dengan huruf kapital di tengah atas halaman dan dicetak tebal (**bold**). Naskah harus selalu dilengkapi dengan Sari dalam bahasa Indonesia dan *Abstract* dalam bahasa Inggris. Kata-kata bahasa asing yang tidak dapat dialihbahasa/disadur dicantumkan dalam bentuk asli dan ditulis dengan huruf miring (*italic font*).

FORMAT

Umum

Seluruh bagian dari naskah termasuk Sari, Abstract, judul tabel dan gambar, catatan kaki tabel, keterangan gambar dan daftar acuan diketik satu spasi pada *electronic file* dan dicetak dalam kertas HVS; menggunakan huruf Arial berukuran 11 (sebelas) point. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut :

Judul (Title)

Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulisan maksimum 5 (lima) orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis, disaran dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxsimile serta e-mail.

Sari dan Abstract

Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dan setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Sari dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara Abstract tercantum di bawah Sari, dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/keyword yang ditulis di bawah Sari/Abstract, terdiri dari 4 (empat) hingga 6 (enam) kata. Abstract atau sari yang ditulis di bawah sari atau abstract menggunakan *italic font*.

Pendahuluan (*Introduction*)

Bab ini dapat berisi latar belakang, maksud dan tujuan penyelidikan/penelitian, permasalahan, metodologi, lokasi dan kesempaan daerah serta materi yang diselidiki/diteliti dengan bab dan sub-bab tidak perlu menggunakan nomor. Bab berisi pernyataan yang mencukupi hingga sehingga pembaca dapat memahami dan mengevaluasi hasil penyelidikan/penelitian yang berkaitan dengan topik makalah/karya tulis.

Hasil dan Analisis (*Results and Analysis*)

Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, tabel, grafik, gambar maupun foto diberi nomor secara berurutan. Hindarkan penggunaan grafik secara berlebihan apabila dapat disajikan dengan tulisan secara singkat. Pencantuman foto atau gambar tidak berlebihan dan hanya mewakili hasil penemuan. Semua tabel, grafik gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan dengan keterangan yang jelas dan dapat dibaca. Font huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 (enam) point.

Pembahasan atau Diskusi (*Discussion*)

Berisi tentang interpretasi terhadap hasil penyelidikan/penelitian dan pembahasan yang terkait dengan hasil-hasil yang pernah dilaporkan.

Kesimpulan dan Saran (*Conclusions and Recommendation*)

Berisi kesimpulan dan saran dari isi yang dikandung dalam makalah/karya tulis.

PEDOMAN PENULISAN

Ucapan Terima kasih (Acknowledgements). Dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penyelidikan/penelitian dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyelidikan/penelitian dan penulisan makalah/karya tulis.

Daftar Pustaka (References). Daftar Pustaka ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun (Harvard), namapenuli/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (surename), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis dengan huruf miring (*italic font*).

Beberapa contoh penulisan daftar pustaka :

Jurnal

Harvey, R.D. dan Dillon, J.W. 1985. Maceral distribution in Illinois cals and their palaeoenvironmental implication. *International Journal of Coal Geology*, 5, h, 141-165.

Buku

Petters, W.C., 1987. Exploration and Mining Geology. John Willey & Sons, New York, 685 h.

Bab dalam Buku

Chen, C.H., 1970. Geology and geothermal power potential of the Tatun volcanic region. Di dalam : Barnes, H.L. (ed.), 1979. Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, h.632-683.

Prosiding

Suwama. N. dan Suminto, 1999. Sedimentology and Hydrocarbon Potential of the Permian Mengkarang Formation. Southern Sumatera. Proceedings Sautheast Asian Coal Geology, Bandung.

Skripsi/Tesis/Deisertasi

DAM, M.A.C., 1994. *The Late Quartemary evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia*. Ph.D Thesis at Dept. of Quartemary Geology Faculty of Earth Science Vrije Universitet Amsterdam. h.1-12.

Informasi dari Internet

Cantrell, C., 2006. *Sri Lanka's tsunami drive blossom : Local man's effort keeps on giving*. [Http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankas_tsunami_Drive_blossoms/](http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankas_tsunami_Drive_blossoms/)[26 Jan 2006]

WEWENANG REDAKSI

- Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa merubah dan mengurangi isi naskah.
- Redaksi mempunyai hak dan wewenang penuh untuk menolak naskah dengan isi dan format yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Buletin Sumber Daya Geologi dan tidak berkewajiban untuk mengembalikan naskah tersebut.

PENGIRIMAN NASKAH

Penulis dimohon untuk mengirimkan 1 (satu) eksemplar naskah asli baik hard copy maupun soft copy kepada :

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi
Sub Bidang Pengembangan Informasi
Gedung Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung

Alamat Redaksi

Buletin Sumber Daya Geologi
Bagian Tata Usaha, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254
Tel. (022) 522 6270, 520 2698, Fax: (022) 522 6263,
Website : <http://psdg.geologi.esdm.go.id/>
OJS: buletinsdg.geologi.esdm.go.id
Email: buletinpsdg@gmail.com

ISSN 1907-5367



eISSN 2580-1023

