

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 8 No. 3, November 2013



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Geologi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 8	No. 3	Halaman 100 - 150	Bandung November 2013	Terakreditasi sebagai Majalah Berkala ilmiah kutipan keputusan kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia No. 395/D/2012 Tanggal 24 April 2012
--------------------------------	--------	-------	----------------------	--------------------------	--

KETERANGAN SAMPUL DEPAN

Endapan pasir dengan lapisan tipis mineral berat berwarna hitam (besi dan mineral Titanium)
di pantai selatan Cianjur, Jawa Barat, Indonesia

PENGANTAR REDAKSI

Tidak terasa waktu berjalan dengan cepat, terutama dengan semakin padatnya kegiatan - kegiatan di tahun 2013 yang harus segera diselesaikan. Namun demikian Redaksi Buletin Sumber Daya Geologi tetap konsisten untuk menghadirkan bulletin edisi pamungkas di tahun 2013 dengan harapan makalah-makalah yang tersaji dapat segera dinikmati oleh para pemerhati bidang sumber daya mineral dan energi.

Pada kesempatan baik ini, Buletin Sumber Daya Geologi menyajikan lima makalah pilihan dengan topik yang beragam. Di bidang mineral tersaji makalah mengenai delineasi endapan timah dengan metode geofisika di Bangka Selatan, dan bahasan mengenai sumber daya titanium beserta aspek pengembangannya di Indonesia. Makalah lain adalah penerapan salah satu software kepanasbumian untuk menganalisis data panas bumi di Bittuang yang dapat memberikan gambaran lebih akurat mengenai karakter system panas bumi di daerah ini. Pentingnya pengukuran gradient suhu melalui pengeboran eksplorasi dangkal sebagai acuan kelayakan suatu daerah panas bumi untuk dikembangkan mengingat besarnya modal yang akan dikeluarkan dalam tahapan eksplorasi selanjutnya. Tulisan mengenai penentuan fasies pengendapan seam batubara di Formasi Balikpapan melengkapi keragaman isi dari bulletin kita ini.

Redaksi dengan bantuan para editor yang handal dan mitra bestari pilihan terus menerus bekerja keras untuk menghadirkan makalah-makalah yang bermutu melalui penyaringan yang ketat. Namun demikian, editor dan redaksi siap membantu para penulis terutama para penulis muda untuk menyempurnakan tulisannya dalam bulletin ini. Kerjasama yang baik ini diharapkan dapat menjaga kualitas sehingga dapat mempertahankan statusnya sebagai bulletin yang terakreditasi.

Ibarat pohon rindang yang tak berbuah apabila pemikiran hebat dan hasil penelitian kita tidak dikenal sehingga tidak punya manfaat bagi masyarakat. Maka dari itu mari kita berbagi dan memberi manfaat melalui bulletin kita tercinta ini. Terima kasih kepada para kontributor yang setia menjaga bulletin ini tetap eksis dan kami tunggu yang lainnya.

Selamat menikmati dan salam hangat selalu dari kami.

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
Ir. Herry Rodiana Eddy, M.Si
Ir. Rahardjo Hutamadi
Dra. Ella Dewi Laraswati

Editor

Dr. Ir. Bambang Tjahjono, M.Sc
Ir. Bambang Pardiarto
Ir. Kusdarto
Ir. Deddy Amarullah
Ir. Kasbani, M.Sc
Ir. Teuku Ishlah
Dr. Eng. Suryantini, ST
Prof. Dr. Bukin Daulay, M.Sc
Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc

Desain Grafis dan Fotografer

Candra
Rizki Novri Wibowo, S.Ds

Sekretariat

Lano Aditya Permana, ST, MT
Dwi Asmoro Susanto, A.Md

Mitra Bestari Edisi ini

Dr. Ir. Rukmana N. Adhi, M.Sc
Ir. Sri Widodo

DAFTAR ISI

MAKALAH ILMIAH

- 100 - 109 ***THE INDONESIAN TITANIUM DEPOSIT TYPES AND THEIR RESOURCES:
THE ASPECTS FOR TITANIUM COMMODITY DEVELOPMENT***
Oleh : Armin Tampubolon
- 110 - 118 **SIMULASI NUMERIK SISTEM PANAS BUMI BITTUANG KABUPATEN TANATORAJA,
SULAWESI SELATAN**
Oleh : Dikdik Risdianto, Dudi Hermawan, Dedi Kusnadi, Muhammad Kholid, dan Yuano Rezky
- 119 - 129 **LANDAIAN SUHU DAERAH PANAS BUMI KEPAHANG**
Oleh : Yuanno Rezky dan Robertus S.L. Simarmata
- 130 - 140 **DELINIASI ENDAPAN TIMAH BERDASARKAN ANALISIS ANOMALI GAYABERAT
DI DAERAH BANGKA SELATAN**
Oleh : Tatang Padmawidjaja
- 141 - 152 **FASIES PENGENDAPAN BATUBARA SEAM X25 FORMASI BALIKPAPAN DAERAH
SEPARI, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR
BERDASARKAN LOG INSIDE CASING**
Oleh : Dany Margaesa, Vijaya Isnaniawardhani, dan Undang Mardiana

SARI MAKALAH

Oleh : Redaksi

GALERI FOTO

Oleh : Rizki Novri Wibowo, S.Ds

PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Oleh : Redaksi

**THE INDONESIAN TITANIUM DEPOSIT TYPES AND THEIR RESOURCES:
THE ASPECTS FOR TITANIUM COMMODITY DEVELOPMENT**

by:

Armin Tampubolon

Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno-Hatta No.444, Bandung

ABSTRACT

Indonesia has several Titanium deposit types: beach placer, alluvial and lateritic types. The source of Titanium minerals in beach placer is derived from Tertiary Volcanic Rocks. The occurrence of alluvial Titanium deposit is closely associated with cassiterite (tin minerals) alluvial in Bangka-Belitung Islands. The source of Titanium minerals (ilmenite) are derived from weathering on tin mineralization hosted in metamorphic and granitic rocks within uplifted morphology areas.

Lateritic Titanium deposits are formed by lateritization process in association with bauxite and nickel in Riau, Kalimantan and Sulawesi Islands. The sources of Titanium are in granitic and metamorphic basement rocks.

Java beach placer resources are quite big in tonnage, nearly 50 million tons in total, with significant TiO_2 contents ranging from 8.91 % to 3.17 %. Beach placer along the south shoreline of Java seems to indicate consistency in their mineralogical and genetic types with relatively homogenous in TiO_2 contents.

Sumatra shows significant resources for lateritic Titanium deposit that is up to 107,800,859 tons with 0.5% to 15 % TiO_2 . The quite interesting resources are indicated by very significant TiO_2 average (15%) with the total of 19,243,757 tons of lateritic deposit type in Bintan Island, Riau, Sumatra. The total resources of beach placer type deposits in Sumatra are much lower than lateritic ones.

Sulawesi has both beach placer and lateritic types where the interesting resources of this island are indicated by quite big resources and significant values in TiO_2 grades in North Sulawesi; the tonnage is up to 31,400,000 tons with TiO_2 content average is 9.85 %.

On the basis of resources and processing technologies, beach placer deposits in Sumatera, Java and Sulawesi are thought to have potentially economic significance. However, such available resources are needed to upgrade by performing detailed and systematic exploration. Government policies and environment concerns are important aspects for consideration in Titanium commodity development of this country.

Keyword: beach placer, policy, resources, technology, Titanium.

SARI

Indonesia memiliki beberapa jenis endapan Titanium: plaser pantai, aluvial dan laterit. Sumber mineral Titanium jenis plaser pantai berasal dari Batuan Gunungapi Tersier. Keterdapatan endapan Titanium aluvial sangat berkaitan dengan kasiterit (mineral timah) aluvial di Bangka-Belitung. Sumber mineral Titanium (ilmenit) berasal dari hasil pelapukan mineralisasi timah pada batuan induk metamorf dan granit pada lingkungan morfologi pengangkatan.

Endapan laterit terbentuk melalui proses lateritisasi yang berkaitan dengan bauksit dan nikel di Riau, Kalimantan dan Sulawesi. Sumber Titanium berasal dari batuan dasar metamorf dan granit.

Sumberdaya Titanium plaser pantai di Jawa cukup besar, mendekati 50 juta ton dengan kandungan TiO_2 berkisar dari 8,91% hingga 3,17%. Plaser pantai sepanjang garis pantai selatan Jawa tampaknya menunjukkan konsistensi dari segi mineralogi dan jenis genesanya dimana cukup merata dalam kandungan TiO_2

Sumatera memperlihatkan sumber daya yang signifikan untuk endapan Titanium jenis laterit yaitu mencapai 107.800.859 ton dengan kadar TiO_2 berkisar 0,5% hingga 15%. Sumberdaya yang cukup menarik ditunjukkan di Pulau Bintan dan Riau dengan jumlah 19.243.757 ton jenis laterit dan kandungan TiO_2 rata-rata sebesar 15%. Jumlah sumberdaya endapan jenis plaser pantai di Sumatera jauh lebih rendah dibandingkan sumberdaya laterit.

Sulawesi memiliki jenis laterit dan plaser pantai dengan sumberdaya yang cukup besar dan kandungan TiO_2 di Sulawesi Utara cukup signifikan, mencapai 31.400.000 ton dimana kandungan rata-rata TiO_2 mencapai 9,85%.

Dengan berdasarkan sumber daya dan teknologi pengolahan, endapan plaser pantai di Sumatera, Jawa dan Sulawesi dinilai berpotensi memiliki nilai ekonomi, namun sumberdaya yang ada tersebut memerlukan peningkatan status melalui penyelidikan rinci, terarah dan sistematis. Kebijakan pemerintah dan kepedulian lingkungan merupakan aspek penting dalam pengembangan komoditas Titanium di Indonesia.

Kata kunci: plaser pantai, kebijakan, sumberdaya, teknologi, Titanium.

INTRODUCTION

Historically, the first discovery of Titanium-mineral deposits was recorded when the private company had attempted to treat titaniferous magnetite minerals of iron sands of beach placer deposits along the south coast of Java Island in 1910 (Van Bemmelen, 1949).

When Chinese came for the first time to develop placer tin mining in Bangka and Belitung Islands during 18th century, it can also be recorded as the initial discovery but there was no evidence of Titanium processing took place at that time. These islands are now recognized as the main tin belt that are closely associated with placer Titanium mineral deposits.

Up to now, as a part of inventory program, Centre for Geological Resources-Geological Agency (CGR-GA) has conducted a number of projects on Titanium deposits. Data used in this paper mostly compiled from investigation results at CGR. However, from the beneficiation point the Titanium mineral resources in Indonesia has not been optimized yet even though some researches on the use of these minerals for pigment industry have been done by other institutions for some time. Indonesia has some Titanium deposit types: beach placer or alluvial and lateritic types.

This paper deals with Titanium deposit types occurred in Indonesia and the estimated resources for every different deposit type in different localities as compiled particularly from previous exploration activity reports. This also contains the discussion on

the likely follow up investigation or future development of the available Titanium resources to become Titanium commodity in economic level. There are many aspects that can be considered in evaluation of resources to be economic commodities, However this paper does not include all kind of aspects but only the deposit type and the resources aspects will be emphasized as basic considerations.

TITANIUM DEPOSIT TYPES

Beach Placer Deposit

The beach placer deposits show large distribution covering extent coastal areas where mineral type of Titanium is chiefly of ilmenite ($FeTiO_3$). Their occurrences are closely related to iron sands (magnetite or titanomagnetite minerals) on the beach. The formation of beach placer Titanium deposits in Indonesia can be explained by considering their relationships with magnetite and other heavy minerals deposited together along shoreline. The illustration of their formation is shown at Figure 1.

The main sources of Titanium mineral sands is in heavy mineral-bearing Tertiary Volcanic Rocks which is largely distributed near the beach in most of main islands like Sumatra, Java and Sulawesi. As the rock source weathered and exposed within the erosional areas of a river which carries its load of sediment into the ocean, the sediments are accumulated in littoral drift or deltaic areas or long shore drift. When the high tide condition happens, tiny size of

particles that seated on the bottom of the sea will come up as caused by under current turbulence works upward. During low tide, the heaviest particles will not be brought by current down award back to the bottom of the sea but they will remain and then deposited on the beach.

Volcanic rock surface in certain area near ocean that has extremely strong wave energy is occasionally eroded directly by wave action and caught up in longshore drift and washed up into beaches where the lighter minerals are windowed. Quotation from some reports on iron sand deposit along the south Java beach indicates that some magnetite minerals is concentrated by

waves. This is shown by thin layers on the beach sand profiles (Figure 2).

Heavy mineral sands show variation in thickness, depending on availability of related rock formation near the beach, waves and tidal conditions. The thickness in Sumatera shows various numbers with different grain size where depth interval ranges from 2 m to 3 m with fine to medium and coarse grain size distribution containing 8.54 % -16.19 % TiO_2 (Figure 3). From recent investigation, mineral composition in that area consists chiefly of magnetite (up to 62%), ilmenite (up to 10,7%), quartz and amphibole (Anonim, 2012).

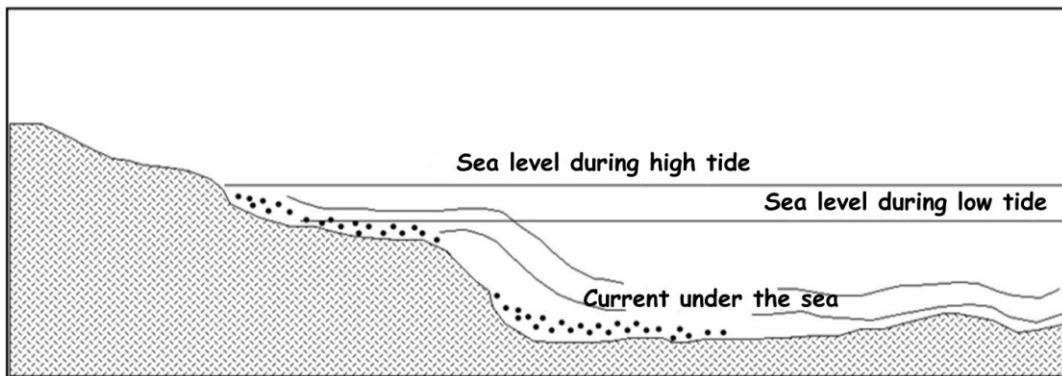


Figure 1. Illustration of beach placer deposition during high-low tide level within the potential coastal areas in Indonesia (Anonim, 2005)



Figure 2. Sand deposits with thin layers of black heavy mineral (iron and Titanium minerals) at South Cianjur Beach, West Java, Indonesia (Anonim, 2005)

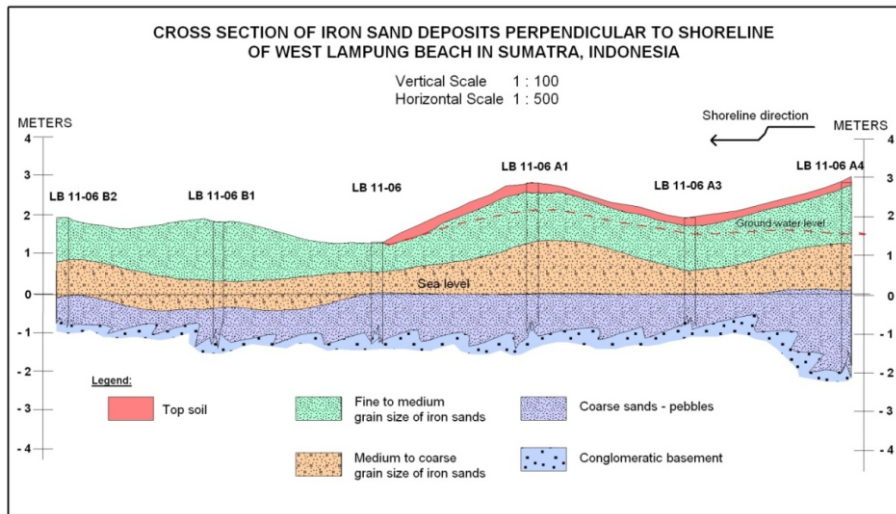


Figure 3. Cross section of iron sand deposits perpendicular to shorelie of West Lampung Beach, Sumatra- Indonesia (Anonim, 2012)

Inland Alluvial Deposit Types

The occurence of inland alluvial Titanium minerals is closely associated with casiterite (tin minerals) alluvial in Bangka-Belitung and Riau Islands. Ilmenite products from these islands had been exploited as by product of tin. Unlike in Java, ilmenite minerals in these islands are considered to be less economic values because there are some more economic mineral associations such as monazite, zircon and xenotime known as main REE (Rare Earth Element) sources. Geological environment of this alluvial deposit is quite different from beach placer along shoreline areas in that composed of Triassic granitic rocks that intruded Carbonaceous metamorphic rocks.

Titanium minerals (ilmenite) as a by product of tin in Bangka-Belitung and Riau Islands occurred together with cassiterite, zircon, monazite, xenotime, rutile.

Sometimes tourmaline minerals are believed to have derived from weathering tin mineralization of vein and greissen or skarns types hosted in metamorphic and granitic rocks of uplifted morphology environment. Rock fragments are transported and deposited in low land in the surrounding areas to form alluvial deposits and even further end up to the nearest sea bed.

The illustration of the sources of heavy minerals within intensive weathering influence and erosion areas of river in Bangka is shown at Figure 4. Various heavy mineral-bearing metamorphic and granitic rocks were eroded on gradual different erosion level and transported and deposited in low land with various mineral grain sizes. Mineralogical types of alluvial deposits in Bangka-Belitung consist mainly of cassiterite, monazite, zircon, rutile, ilmenite, tourmaline, garnet and wolframite.

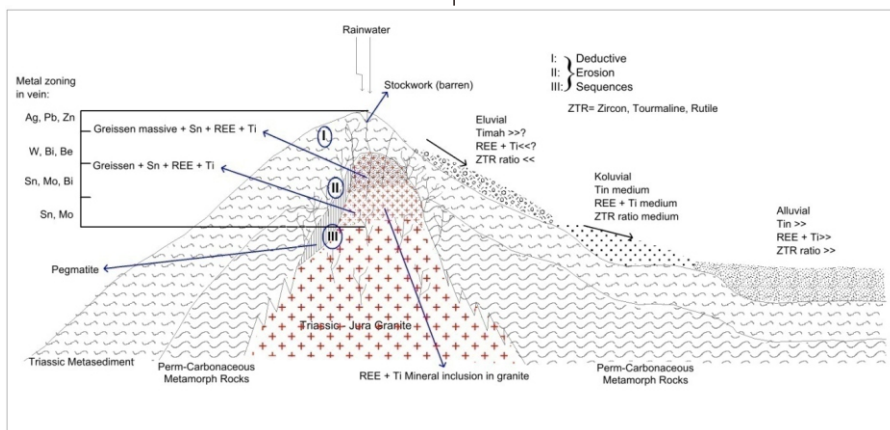


Figure 4. Illustration to show the deposition process of Titanium and other heavy mineral sources in Bangka-Belitung, Indonesia (PSDG-PT.Timah Tbk, 2013)

Lateritic Deposit Types

Indonesian lateritic deposit types are very famous in terms of geological view because there are some commodities that have been long time produced as mining commodities such as nickel and bauxite. However, there are not many references dealing with Titanium minerals in genetic relation to these commodities. The occurrence of nickel and bauxite lateritic deposits show typical local geology background. Bauxite occurred in granitic-dioritic-gabroic rock environment while nickel is confined to ultrabasic rock units. Lateritization by which bauxite and nickel formed is undoubted as the main process to yield huge bauxite and nickel deposits in Indonesia regions. From chemical analysis results, both bauxite and nickel indicate to have association with other metals as by product including Titanium. The values of Titanium content in nickel laterite seems not significant, mostly less than 1%, some bauxite location in Sumatra show significant TiO_2 contents. Unfortunately, there is no available report on mineralogical types of Titanium in lateritic deposits in Indonesia, theoretically this may be a kind of anatase mineral and thus different from two types of Titanium deposits previously mentioned.

TITANIUM RESOURCES

The estimation of Titanium resources by using hypothetical approach is a part of metallic inventory program periodically and sustainably conducted by Center for Geological Resources (CGR) on the year basis of updating data input. Data references are compiled not only from available data at CGR but also from other institutions and private or state-owned companies.

The Titanium resources of beach placer are indicated to be largely distributed in main islands such as Sumatra, Java and Sulawesi. They are closely related to Tertiary Volcanic Rocks. Sumatra shows significant resources for lateritic Titanium deposit that is up to 107,800,859 tons with the grade of TiO_2 ranging from 0.5 % to 15 %. The quite interesting resources are indicated by very significant TiO_2 content averaged 15 % with the total of 19,243,757 tons of lateritic deposit type in Bintan Island (Figure 5). The total resources of beach placer type deposits

in Sumatra are much more lower than lateritic ones.

Java Island is known to have more potential Titanium-mineral resources of beach placer types compared to other regions in Indonesia. This island has long history in iron sand mining where ilmenites is also produced as by product of iron sand concentrate but not recorded properly about its production data. In 1972, the recorded total of magnetite and ilmenite produced from Cilacap in Central Java was 300,000 tons with ilmenite contents > 15%. These products were exported to Japan. Up to now, magnetite and ilmenite concentrates under new governmental regulations are still produced from small to medium scale of mines. The resources or even the reserves of this island are quite big, nearly 50 million tons in total, with significant TiO_2 content ranging from 8.91% to 23.17 % (Figure 6). Beach placer along the south shoreline of this island seems to indicate consistency in their mineralogical and genetic types with relatively homogenous in TiO_2 contents. This deposit type shows typical simple mineralogical composition which are dominantly composed of magnetite, ilmenite and quartz.

The very big volume of lateritic Titanium is shown in Kalimantan Island but the grade content of TiO_2 is very low, less than 1 %. This is nearly same as primary TiO_2 content in fresh igneous rock condition (Figure 7). Flores Island in Nusa Tenggara Province shows small quantity of Titanium-mineral resources with TiO_2 content averaged of 7.15 %.

Sulawesi has two types of Titanium-related deposits i.e. beach placer and lateritic types (Figure 8). Like in Kalimantan, lateritic deposit types of Sulawesi show very big in volume but very low in TiO_2 contents. Even though they are different in lithological units but they have undergone same lateritisation process to form lateritic Titanium deposits in both Kalimantan and Sulawesi islands and they have similarity in TiO_2 contents. This fact implies that lateritisation intensity may be dominant factor influencing deposit quality. Conversely, the quality and quantity of Bintan lateritic deposits are relatively better compared to that of Kalimantan and Sulawesi ones.

The interesting resources of Sulawesi are indicated by both quite big resources and significant values in TiO_2 grades

encountered in North Sulawesi with the tonnage is up to 31,400,000 tons and TiO_2 content average is 9.85 %.

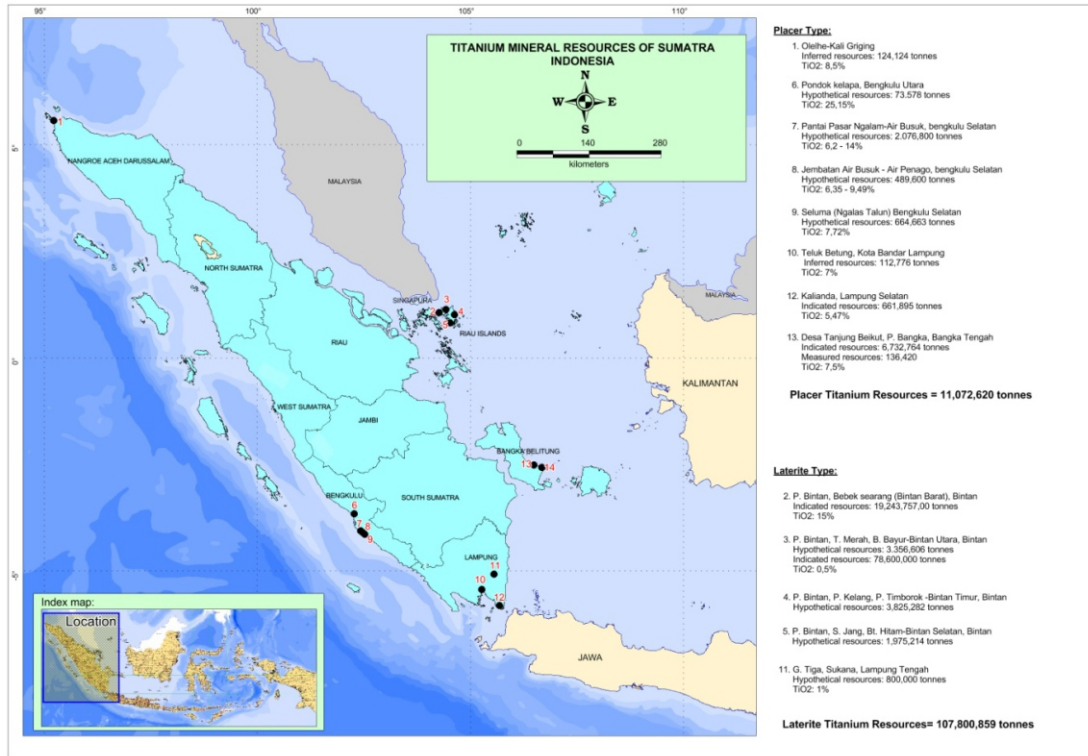


Figure 5. Titanium mineral resources of Sumatra, Indonesia

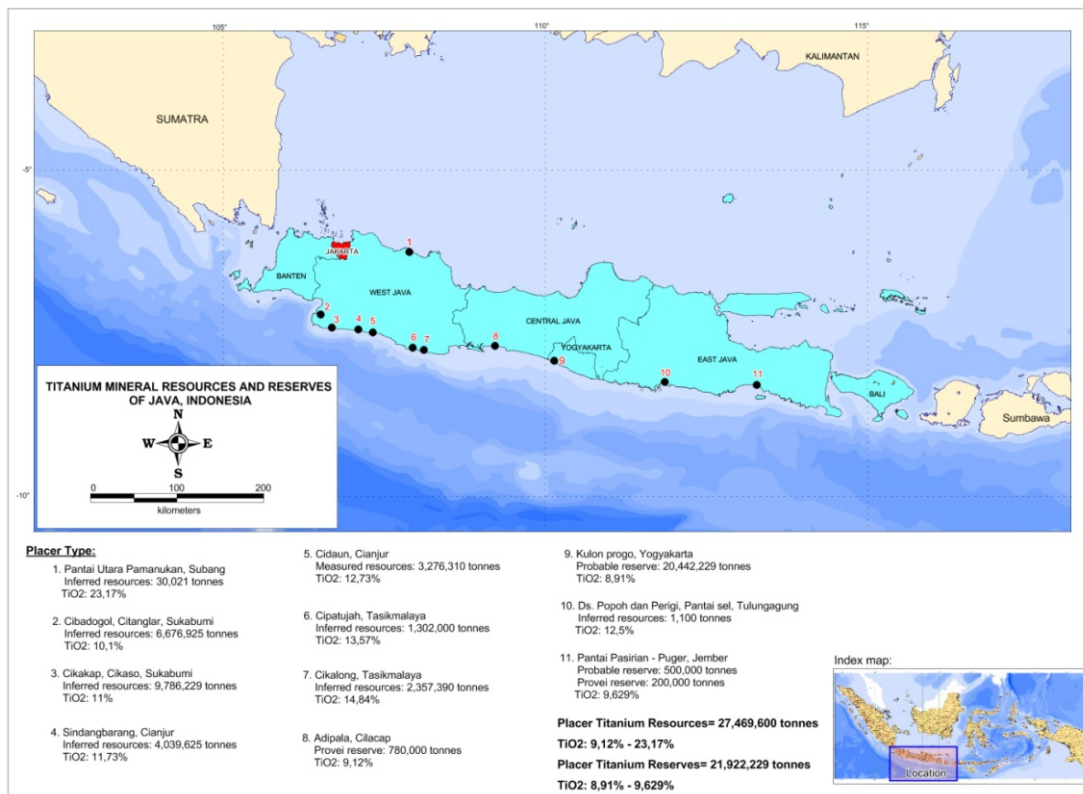


Figure 6. Titanium mineral resources of Java, Indonesia

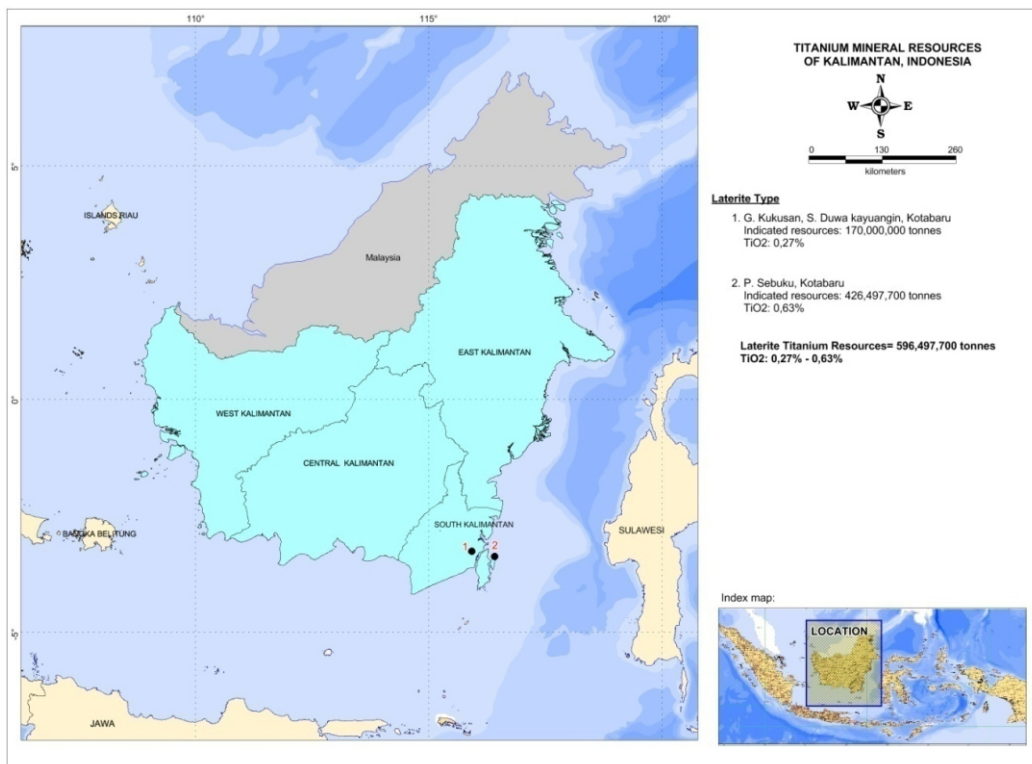


Figure 7. Titanium mineral resources of Kalimantan, Indonesia

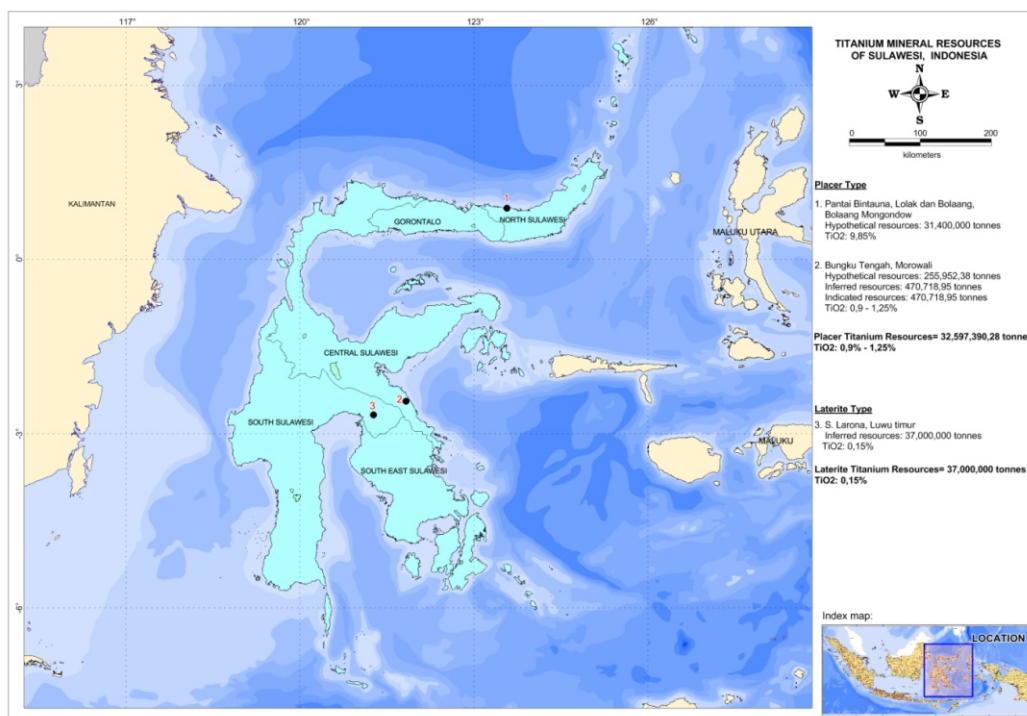


Figure 8. Titanium mineral resources of Sulawesi, Indonesia

Beach placer deposits near to Tertiary Volcanic Rock regions such as Sumatra, Java, Flores and Sulawesi Islands are composed mainly of the following heavy minerals: magnetite, pyroxene, quartz,

hematite and ilmenite. In Bangka-Belitung Islands, mineral compositions of placer deposits are composed generally of cassiterite, monazite, rutile, zircon, ilmenite, tourmaline, epidote, garnet and quartz.

DISCUSSION

There are many aspects to be considered for beneficiation development, however we can only analysis on quantity, deposit types and TiO₂ content point of views. Referring to data compilation on economic significance of deposit examples collected from different countries in Table 1, it can be seen that placer deposits have present great importance. With comparison to this table, Indonesian Titanium-mineral resources in the form of ilmenite minerals or in this case is of beach placer deposit types, will have most likely to be developed economically. The reasons are simply because from the long history of iron sand mining along the south beach of Java especially in South West Java, Titanium minerals (ilmenite and titanomagnetite) are usually accompany of magnetite commodity. Present day, iron sand mines with mostly small scale are still active to produce iron sand concentrates and ilmenite minerals as well.

As part of heavy mineral sands, Titanium minerals are relatively easy to be processed because they are composed of

simple mineralogical composition. Moreover, today there are available sophisticated technology for mineral dressing where the promotion of such processing technology is advertised through website, so easily to access. From the technology information, ilmenite minerals with approximately 10 % of total heavy minerals, for example, is enable to be upgraded to more than five times TiO₂ contents, so that can meet market grade which is normally greater than 50%. For this, the resources along the South Java beach, North Sulawesi beach and some of Sumatra placer deposits are possible to have economic significance compared to others in context of total resources, TiO₂ contents and mineralogical composition.

In the context of quantity and quality of resources and their deposit types compared to that of processed ones in different countries, the evaluation results of every Titanium resources in Indonesia are summarized in Table 2.

Malaysia that had produced Titanium minerals up to 244,642 tons according to data in 1997 (Joseph, 2000) will become

Table 1. Type of Titanium-Mineral deposits, their economic significance, and their Titanium minerals (Force, 1991)

Class	Type	Typical Mineralogy	Importance*	Example
1. Metamorphic	a. Edologite	Rutile	B	Piampaludo, Italy
	b. Aluminosilicate	Rutile	E	Evergreen, Colorado
	c. Ultramatic contact	Rutile	E	Dinning, Maryland
2. Igneous	a. Magmatic ilmenite b. Anorthosite-margin c. Albitite (kragerite) d. Alkalic	Ilmenite rutile, ilmenite Rutile Perovskite Nb-rutile, Nb-brookite	A	Allard lake, Canada; Roseland, Virginia (in part)
			C	Roseland, Virginia (in part)
			E	Kregem, Norway
			C	Powderhom, Colorado; Magnet Covo, Arkansas
3. Hydrothermal	-	Pophyry	-	
		Rutile	C	Bingham, Utah
4. Sedimentary	a. Fluvial	Ilmenite, rutile	A	Gbangbama, Sierra Leone
	b. Glaciolacustrine	Ilmenite	C	Port leyden
	c. Shoreline (and coastal eolin)	Ilmenite, Ilmenite, altered, Ilmenite, rutile	A	Richards Bay, South Africa; Stradbroke Island, Australia; Trail Ridge, Florida (in part)
			A	Richards Bay,
5. Weathered	a. Alkalic parent rock	Anatase	B	Tapira, Brazil
	b. Mafic parent rock	Ilmenite	D	Roseland, virginia (in part)
	c. Placer parent	Altered ilmenite, "leucoxene"	A	Trail Ridge, Florida (in part)

*A, of great present importance; B, of probable great importance in near future; C, of possible importance; D, of moderate present importance; E, of minor present importance at world scale.

good example for development of Bangka-Belitung Titanium mineral resources because they have similarity in deposit characteristics and also geological environments.

The problem faced in development of Titanium commodity in Bangka-Belitung may be more complex in mineralogy aspects because the presence of radioactive minerals in deposits makes difficulty in mineral dressing and refinery process. And also, heavy minerals in Bangka-Belitung is various in mineralogy composition so this should take into account in mineral separation.

Nevertheless, other aspects rather than resources availability and their mineralogy types such as environment issues may have some complicated problems should be solved on coastal regions.

The lateritic type that associates with bauxite in western part of the country and with nickel in other parts, both have not been exploited for Titan, there is no official data about Titanium production as by product of bauxite and nickel. On the basis of TiO₂ contents, lateritic Titanium deposits in this region may have not economic significance if only yielding Titanium commodity as a single product.

CONCLUSION

Titanium resources in Indonesia are distributed in accordance with Tertiary volcanic rocks for Sumatra-Java and Flores beach placer deposits, with Jura-Triassic granitic and Perm-Carbonaceous metamorphic rocks for Bangka-Belitung and Riau Titanium alluvial deposits, with granitic and ultramafic rocks for Kalimantan and Sulawesi lateritic Titanium deposits. The total resources vary with deposit types where lateritic types tend to be higher in volume but lower in TiO₂ contents, while beach placer or alluvial deposits shows moderate in quantity but significant in TiO₂ contents.

In summary, on the basis of resources availability, deposit types and the availability of sophisticated processing technologies, beach placer deposits in Sumatera, Java and Sulawesi indicate to have economic significance to be developed today. However, such available data resources are strongly recommended to be upgraded through detail and systematic exploration. Government policies and environment concerns are important aspects for consideration in Titanium commodity development in the country.

Table 2. Summary of Titanium Resources and Reserves in Indonesia

No	Island	Deposit types	Resources (tons)	Reserves (tons)	Remarks
1	Sumatera	Placer	11,072,620 TiO ₂ 5,47% - 25,15%	-	Possible Economic significance for Titan Commodity Development
		Laterite	107,800,859 TiO ₂ 0,5% - 15%	-	-
2	Java	Placer	27,469,600 TiO ₂ 9,12% - 23,17%	21,922,229 TiO ₂ 8,92% - 9,629%	Possible Economic significance for Titan Commodity Development
3	Kalimantan	Laterite	596,497,700 TiO ₂ 0,5% - 15%	-	-
4	Flores	Placer	175,000 TiO ₂ 7,15%	-	-
5	Sulawesi	Placer	32,597,590 TiO ₂ 0,9% - 9,85%	-	Possible Economic significance for Titan Commodity Development
		Laterite	37,000,000 TiO ₂ 0,15%	-	-
Total			812,613,169 TiO ₂ 0,15% - 25,15%	21,922,229 TiO ₂ 8,92% - 9,629%	

REFERENCES

- Anonim. 2005: Iron Sand Exploration Technical Guidelines, Directorate of Mineral Resources Inventory. Unpublished.
- Anonim. 2013. Ilmenite data Bangka Belitung and Riau Islands, PT. Timah Tbk. Unpublished.
- Anonim., 2011, Iron Sand prospecting in West Lampung, Lampung Province. Centre for Geological Resources. Unpublished.
- Anonim, 2012: Database Mineral Logam, Centre for Geological Resources. Unpublished.
- Ansori, Chusni. 2011 : Iron Sand Mineralogy distribution on the South Coast track Kebumen-Kutoarjo, Geological Resources newsletter. Vol.6 No.2 August 2011.
- Aliamin Husin, 1971. Titano Iron Deposit at The Southern Coast of Kulon Progo, Yogyakarta, Directorate of Geology.
- A. Fuad, A. Tanjung, 1996 : Titan Dioxide Extraction of Iron Sand D.I Yogyakarta.
- A. Yaghubpur, Y. Rahimanuri and S. Alipaur, 2007 : Mineralogy, Geochemistry, of Titanium Rick Rocks of Yara Agaj, Urmia, North west Iran, University of Teheran.
- Force, E R, 1991: Geology of Titanium- Mineral Deposit. U.S. Geological Survey Special Paper, 259pp.
- Gambagi, J, 2000: Titanium, US Geological Survey Minerals Yearbook 2000.
- Mutalim, Tri Murti dan Toni Suryadi, 1992 : Assessment Preparation of TiO₂ Pigment Iron Sand Ilmenite Jampang Kulon area Sukabumi West Java.
- Van Bemmelen, R.W., 1949: The Geology of Indonesia Vol II Economic Geology.
- Subandoro, 1972. Official Travel Report of Iron Sand Central Java. Directorate of Geology .
- Sutedjo, Sujitno, 1997: Primary Tin in Indonesia (Geology and the Explration). PT. Tambang Timah (Persero).
- Walmen Simanjuntak, 1996: Trial Titan Dioxide Extraction of Iron Sand D.I Yogyakarta. PPTM. <http://www.asianmetal.com/news/getProducNewsEn.am?productThreeID=51>.

Diterima tanggal 29 Agustus 2013
Revisi tanggal 25 Oktober 2013

**SIMULASI NUMERIK
SISTEM PANAS BUMI BITTUANG
KABUPATEN TANATORAJA, SULAWESI SELATAN**

Oleh:

Dikdik Risdianto, Dudi Hermawan, Dedi Kusnadi, Muhammad Kholid, dan Yuano Rezky
Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno-Hatta No.444, Bandung

SARI

Simulasi numerik di daerah panas bumi Bittuang menggunakan program simulator TOUGH2 dengan *Equation of State* (EOS1), satu fasa, disusun berdasarkan konseptual model hasil survey geologi, geokimia, geofisika (3-G) dan pengeboran landaian suhu sumur BTG-1. Parameter yang digunakan antara lain permeabilitas, porositas, konduktivitas panas serta kapasitas panas batuan.

Susunan penyebaran litologi secara lateral dan vertikal berdasarkan grid blok serta tersusun menjadi beberapa lapisan mendekati model konseptual. Kondisi inisial dan batas kondisi diberikan berdasarkan data-data yang tersedia.

Hasil simulasi yang didapatkan setelah mengalami proses uji coba beberapa kali dengan merubah beberapa parameter simulasi dan hasil yang paling baik dikalibrasi dengan hasil pengukuran temperatur sumur pengeboran landaian suhu BTG-1 serta kemunculan manifestasi permukaan. Mengingat keterbatasan data yang dimiliki, hasil simulasi ini merupakan proses inisial (permulaan) simulasi untuk sistem panas bumi Bittuang dan masih harus dilakukan *update* berdasarkan data lanjutan.

Kata kunci: Bittuang, kondisi inisial, kondisi natural, panas bumi, simulasi numerik.

ABSTRACT

Numerical simulations in Bittuang geothermal area use TOUGH2 simulator program with Equation of State 1 (EOS-1), single phase, and based on a conceptual model of geological, geochemical, geophysical surveys (3 - G) result and also the temperature slope drilling wells BTG-1. The parameters that involved in calculation are permeability, porosity, thermal conductivity and specific heat capacity.

Lithology of area is spread laterally and vertically based on grid of blocks and arrayed into several layers similar to the conceptual model. Initial condition and boundary are given based on the data available.

Simulation results are obtained after a process of testing several times by changing some parameters of the simulation and the best results with a calibrated by measured temperature of gradient thermal drilling wells BTG-1 and also by the presence of the surface manifestations. Due to the limitation of the data especially deep drilling data, the results of simulation is needed to be updated by advanced data.

Keywords: Bittuang, initial condition, natural state, geothermal, numeric simulation.

PENDAHULUAN

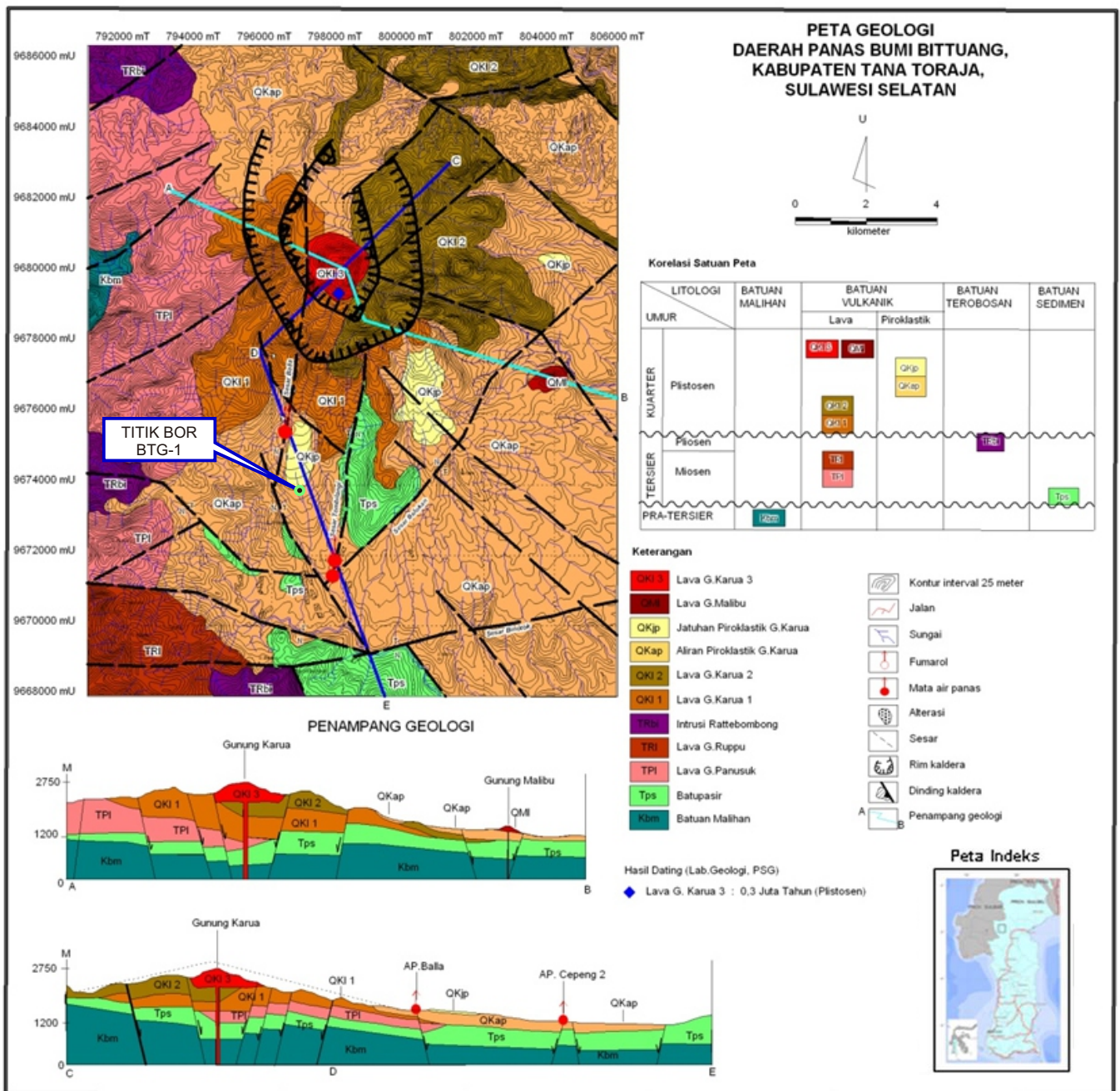
Salah satu tujuan dari simulasi numerik sistem panas bumi adalah menguji kemungkinan keberadaan suatu sistem panas bumi yang terbentuk dalam suatu

konseptual model. Hal ini sangat penting dilakukan terutama pada suatu daerah panas bumi yang masih belum dieksploitasi (*natural state*) dan masih belum banyak memiliki data bawah permukaan yang lengkap (pengeboran eksplorasi).

Secara administratif daerah penyelidikan panas bumi Bittuang termasuk dalam wilayah Kecamatan Bittuang, Kabupaten Tanatoraja, Provinsi Sulawesi Selatan, pada koordinat antara 119° 36' 56,52" – 119° 45' 08,64" BT dan 2° 51' 50,76" LS - 3° 0' 05,40" LS, dengan luas sekitar 15 km x 15 km. Berada di sebelah utara kota Makassar, ibukota Provinsi Sulawesi Selatan, berjarak sekitar 360 km. Lokasi penyelidikan dapat dicapai menggunakan

pesawat terbang sampai ke Makassar, dilanjutkan dengan kendaraan roda empat sampai ke Bittuang.

Sistem panas bumi Bittuang tersusun oleh batuan vulkanik Kuartar. Pada zaman Kuartar terjadi di daerah ini terjadi aktivitas vulkanik pembentukan Gunung Karua yang ditandai dengan tersingkapnya satuan lava Karua-1 dan satuan lava Karua-2. Kemudian aktivitas vulkanik mencapai puncaknya dengan terjadinya erupsi Gunung Karua



Gambar 1. Peta Geologi daerah panas bumi Bittuang, Kab. Tanatoraja, Sulawesi Selatan (Anonim, 2009)

yang menghasilkan produk aliran piroklastik dan jatuhnya piroklastik. Lama setelah erupsi berlangsung, terjadi kekosongan di dalam perut bumi yang ditandai dengan adanya runtuh atau ambles di puncak Gunung Karua yang membentuk struktur *rim* kaldera. Aktivitas magmatik terus berlangsung sehingga membentuk kubah lava muda (lava Gunung Karua-3) di dalam kaldera tersebut. Aktivitas magmatik tersebut juga muncul di luar sistem kaldera tersebut dan membentuk kubah lava Gunung Malibu yang merupakan suatu parasit dari Gunung Karua.

Penyebaran manifestasi panas bumi di daerah penyelidikan berada di zona depresi sempit di sebelah selatan Gunung Karua yang pemunculannya dikontrol oleh sesar-sesar normal yang berarah barat-laut-tenggara, baratdaya-timurlaut dan hampir utara-selatan. Manifestasi di daerah Bittuang ini berupa pemunculan fumarol, mata air panas, batuan ubahan dan bekas lapangan solfatara.

Dari analisis geologi, daerah panas bumi Bittuang sangat menarik, karena berhubungan erat dengan lingkungan geologi vulkanik Kuartar. Di lokasi ini manifestasi berasosiasi dengan aktivitas vulkanik yang berumur $\pm 0,3 - 0,1$ juta tahun atau pada Kala Plistosen (Gambar 1).

Struktur geologi utama berarah relatif utara-selatan, mengontrol pembentukan manifestasi permukaan di daerah Balla dan Cepeng.

Beberapa manifestasi berupa mata air panas dijumpai di lokasi ini. Manifestasi panas bumi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu manifestasi Balla dan Cepeng. Di kelompok manifestasi Balla tercium bau H_2S , terdapat sublimasi belerang, temperatur tertinggi $96,7^\circ C$. Di sekitar manifestasi ini, terdapat mata air panas bertemperatur antara $48,1 - 96,7^\circ C$, dengan temperatur udara $22,5^\circ C$, pH 8,40 dan debit 1 liter/detik. Air panas berwarna jernih, berasa asin, terdapat buangan gas, tercium bau belerang, dan terdapat endapan sinter silika.

Sedangkan di kelompok manifestasi Cepeng air panas muncul dari celah batuan piroklastik dengan temperatur $39,8^\circ C$, pada temperatur udara $20,1^\circ C$, pH 5,97 dan debit 2 l/detik. Air panas berwarna jernih, rasa masam, tidak terdapat buangan gas, terdapat oksidasi besi, dan tidak terdapat endapan sinter.

Mempertimbangkan karakteristik manifestasi panas bumi di daerah Bittuang yang berupa mata air panas bertemperatur tinggi ($96^\circ C$), terdapat sinter silika, bertipe klorida, dan didukung dengan pengkayaan oksigen 18, maka temperatur bawah permukaan yang berhubungan dengan reservoir panas bumi diperkirakan sekitar $200^\circ C$. Konsentrasi Hg (merkuri) tanah relatif tinggi lebih dari 240 ppb mendukung posisi zona upflow di sekitar Balla yang memanjang dengan arah barat laut tenggara, sedangkan mata air panas kelompok Cepeng, merupakan *outflow* dari sistem panas bumi Bittuang.

KONSEPTUAL MODEL

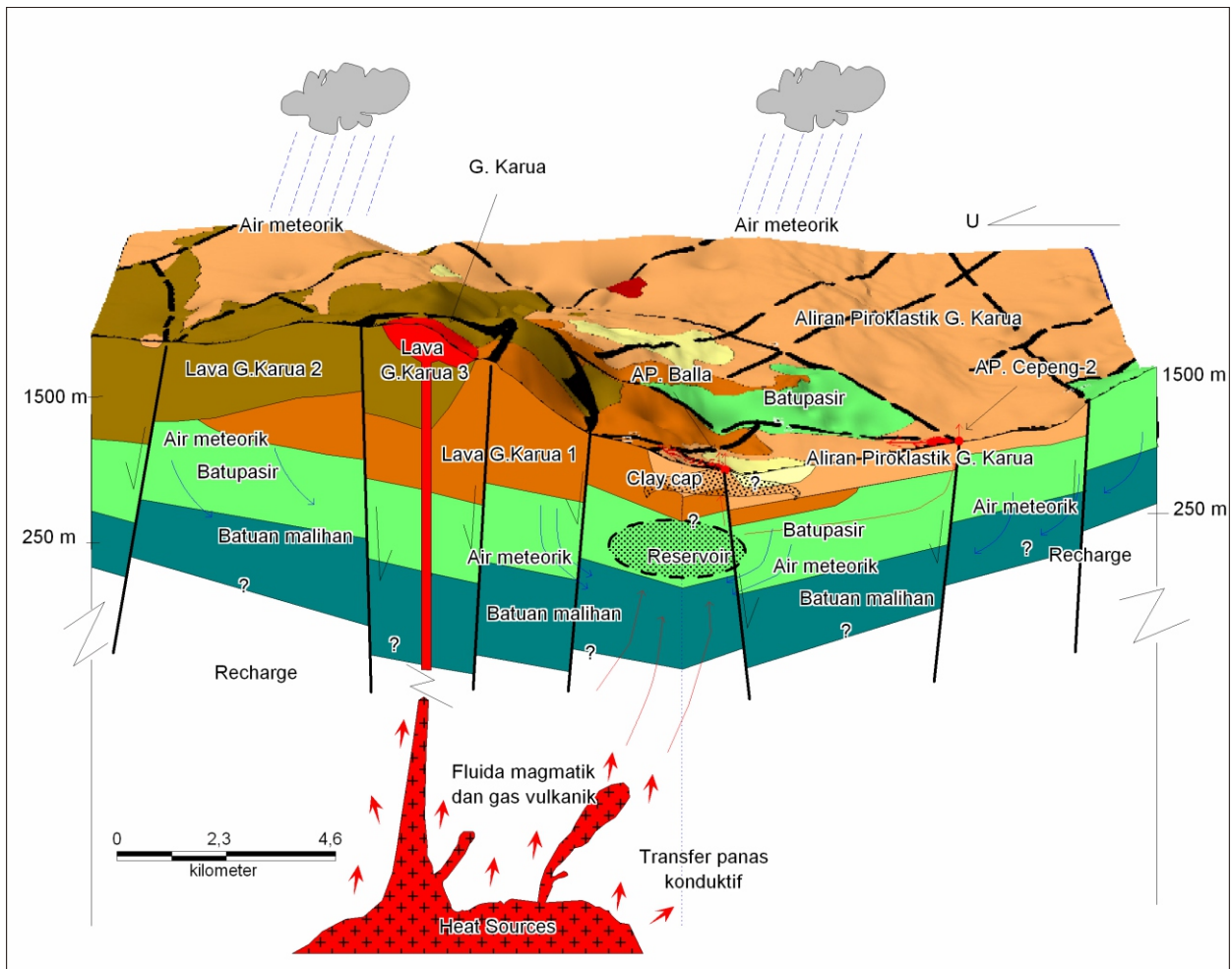
Konseptual model adalah suatu gambaran model berdasarkan data geosain yang dihasilkan dari survei geologi, geokimia, geofisika dan pengeboran. (Gambar 2).

Secara umum sistem panas bumi Bittuang berasosiasi dengan produk kompleks gunung api Gunung Karua yang berumur Kuartar, zona *upflow* berada di lereng Gunung Karua, aliran fluida secara lateral dikontrol oleh struktur utama yang berarah relatif utara-selatan hingga keluar sebagai kelompok manifestasi permukaan di daerah Cepeng. Lapisan resistivitas rendah diinterpretasikan sebagai lapisan penutup (*cap rock*) berdasarkan hasil survei magnetotellirik (Anonim, 2012), sedangkan sumber panas atau *heat sources* diperkirakan berasal dari sisa aktivitas Gunung Karua.

METODE SIMULASI NUMERIK

Pada umumnya simulasi numerik atau simulasi reservoir dilakukan pada lapangan-lapangan panas bumi yang siap dikembangkan, pada lapangan-lapangan ini tujuan simulasi ini lebih diarahkan pada prediksi produksi dari sumur-sumur produksi yang akan diproduksi, sehingga hasil simulasi ini bisa menunjang skenario pengembangan lapangan panas bumi.

Mengingat keterbatasan data yang ada, pada kasus simulasi numerik Daerah Bittuang ini, tujuan simulasi hanya menguji konseptual model, yang telah dihasilkan dari survei-survei geosain sebelumnya, kalibrasi



Gambar 2. Konseptual model sistem panas bumi Bittuang (Anonim, 2012)

hasil simulasi hanya berupa kurva landaian suhu yang dihasilkan dari pengukuran temperatur sumur pengeboran landaian temperatur BTG-1, sehingga validitas hasil simulasi belum maksimal, tetapi hasil simulasi ini bisa memberi gambaran awal dari suatu sistem yang ada di daerah panas bumi Bittuang.

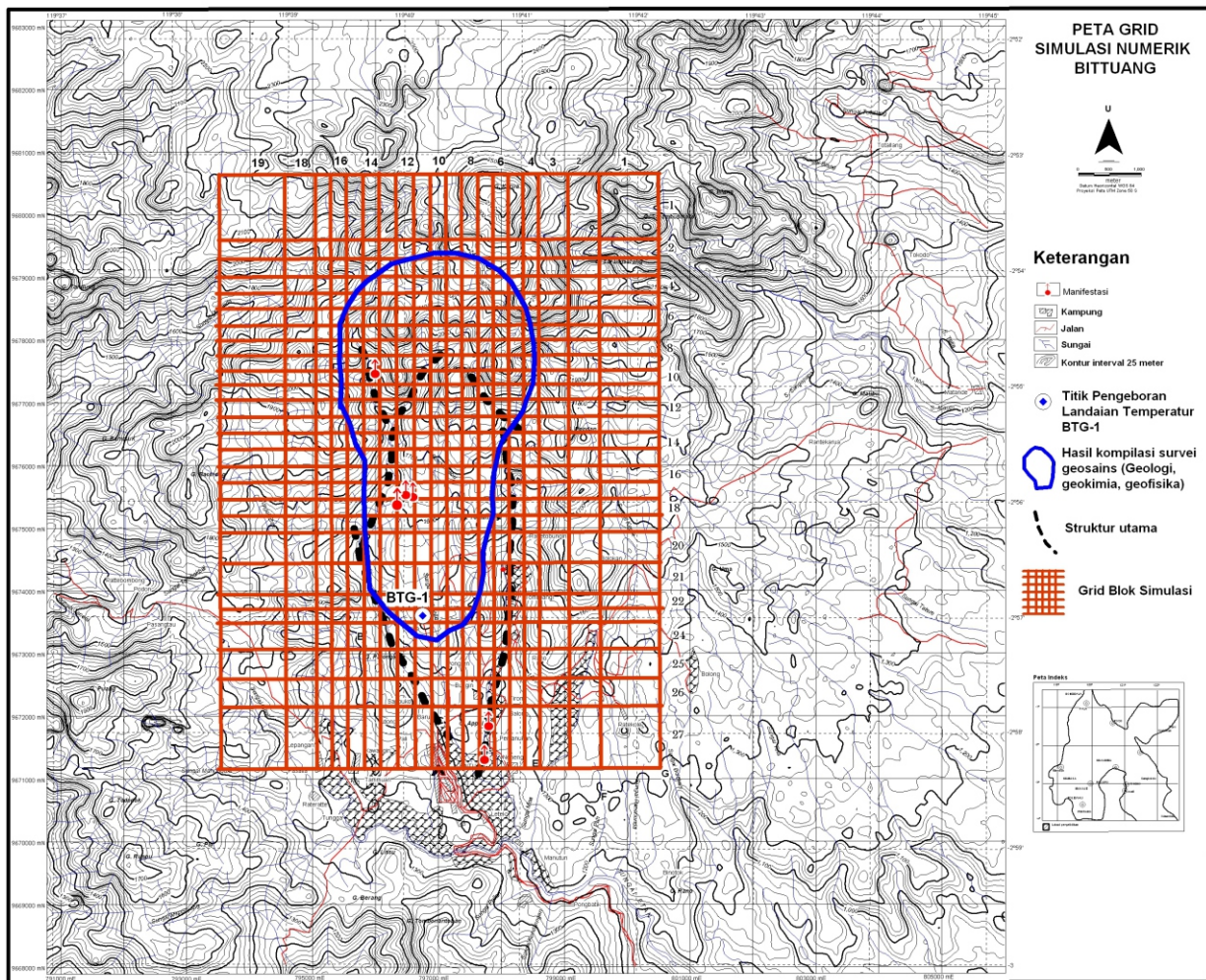
Simulasi numerik sistem panas bumi Bittuang mengacu pada konseptual model yang didapat dari survei geosain. Model konseptual 3-D disusun berdasarkan parameter-parameter sifat litologi yang dipandu oleh penyebaran litologi secara lateral atau vertikal dari konseptual model. Model numerik 3 dimensi (3-D) ini disesuaikan parameter-parameternya berkali-kali secara *trial and error* hingga didapatkan kondisi *natural state reservoir* yang sesuai (*matching*) dengan parameter hasil pengukuran logging temperatur dari sumur pengeboran landaian suhu BTG-1.

Sistem Grid dan Perlapisan

Pada prinsipnya, metode simulasi numerik adalah membuat parameter-parameter geosain menjadi suatu susunan angka, sistem yang digunakan adalah dengan membuat blok grid-grid.

Untuk simulasi ini dibuat dengan dimensi 7 km (arah barat-timur) dan 9,5 km (arah utara-selatan) sedangkan secara vertikal sedalam 1700 m atau pada elevasi 200 m di bawah permukaan laut (Gambar 3). Tebal perlapisan blok-blok dengan grid bervariasi antara 50 hingga 250 m, elevasi top model simulasi diambil pada elevasi 1400 m di atas permukaan laut. Penentuan dimensi grid dibuat berdasarkan kondisi geosain dari konseptual model, umumnya di zone-zone struktur dan manifestasi serta titik pengeboran. Dimensi grid bisa dipersempit hingga mencapai ukuran 250 m x 250 m.

Proses simulasi numerik dilakukan dengan program simulasi TOUGH2 v.2,



Gambar 3. Peta grid blok simulasi numerik sistem panas bumi Bittuang (Anonim, 2012)

dilengkapi oleh *Equation of State 1* (EOS 1), dengan asumsi sistem terdiri dari satu fase. Sebelum melakukan proses kalkulasi dengan simulator TOUGH2 terlebih dahulu dilakukan pemrosesan dengan program *Pre-Post Processor* yang merupakan program makro *spread sheet Microsoft Excel*.

TOUGH2 (*Transport of Unsaturated Groundwater and Heat*) adalah program simulasi yang melibatkan fluida, mineral tracer dan transfer panas. Penggunaannya sendiri sangat luas antara lain dalam perminyakan, panas bumi, pembuangan limbah reaktor nuklir, pengelolaan limbah dan sebagainya (Pruess, *et al.*, 1999)

Dalam kalkulasinya, TOUGH2 menggunakan kalkulasi keseimbangan massa dan panas (*heat and mass balance*) yang menggambarkan sifat fluida dan aliran panas. Dalam aplikasinya di bidang panas bumi terutama pada lapangan yang sudah

produksi, simulasi ini dapat menghitung cadangan (*reserved*) energi panas bumi lebih akurat, sehingga hasil dari simulasi ini dapat dijadikan acuan dalam skenario pembangkitan listrik.

Parameter Litologi

Parameter-parameter petrofisik yang digunakan dalam proses simulasi terdiri dari densitas, permeabilitas, konduktivitas termal, porositas dan kandungan panas. Satuan parameter-parameter ini semua dinyatakan dalam satuan SI (*Sistem International*). Parameter-parameter ini menyebar secara lateral dan vertikal berdasarkan konseptual model yang digunakan. Lapisan reservoir atau zona struktur sesar memiliki sifat permeabilitas relatif lebih tinggi dibandingkan lainnya, sebaliknya untuk lapisan penudung (*cap rock*) memiliki nilai permeabilitas jauh lebih

rendah, sehingga fluida tidak bisa melewati lapisan ini. Parameter permeabilitas yang digunakan dalam simulasi ini berkisar antara 0,01 hingga $100 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

Parameter lainnya seperti porositas diestimasi bersifat homogen yaitu sekitar 10%, densitas batuan juga dianggap homogen yaitu 2500 kg/m^3 yang mewakili litologi vulkanik dan sedimen, termal konduktivitas dan kapasitas panas juga estimasi homogen yaitu masing masing $2,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ dan $1000 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$. Tabel 1 memperlihatkan parameter petrofisik yang digunakan dalam simulasi.

Kondisi Inisial dan Kondisi Batas

Simulasi pada kondisi *natural state* adalah mensimulasikan kondisi sistem pada saat belum diproduksi atau dieksploitasi, Simulasi ini dijalankan dengan rentang waktu sekitar 1.000.000 tahun, hal ini diharapkan sistem sudah mencapai kesetimbangan (Nakatani *et.al*, 2007).

yaitu sekitar 25°C . Selain itu di bagian sisi selatan yang terletak di luar sistem panas bumi Bittuang penyebaran temperatur secara vertikal mengikuti gradien temperatur normal yaitu sekitar $4^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ dan besarnya tekanan mengikuti tekanan hidrostatisnya yang merupakan fungsi dari kedalaman dan densitas air. Sumber panas diletakkan tepat di bawah zone reservoir dengan temperatur antara 180° hingga 210°C , berdasarkan hasil geotermometer (Anonim, 2009).

PEMBAHASAN HASIL SIMULASI

Hasil simulasi merupakan hasil terbaik hasil uji coba selama beberapa kali, dengan cara memodifikasi nilai-nilai parameter serta geometri dari blok grid yang dibuat. Hasil ini dikalibrasi oleh hasil pengukuran temperatur sumur pengeboran landaian suhu BTG-1 dan manifestasi yang terbentuk di permukaan hasil yang paling sesuai (*matching*) dengan hasil pengukuran

Tabel 1. Parameter litologi yang digunakan dalam proses simulasi.

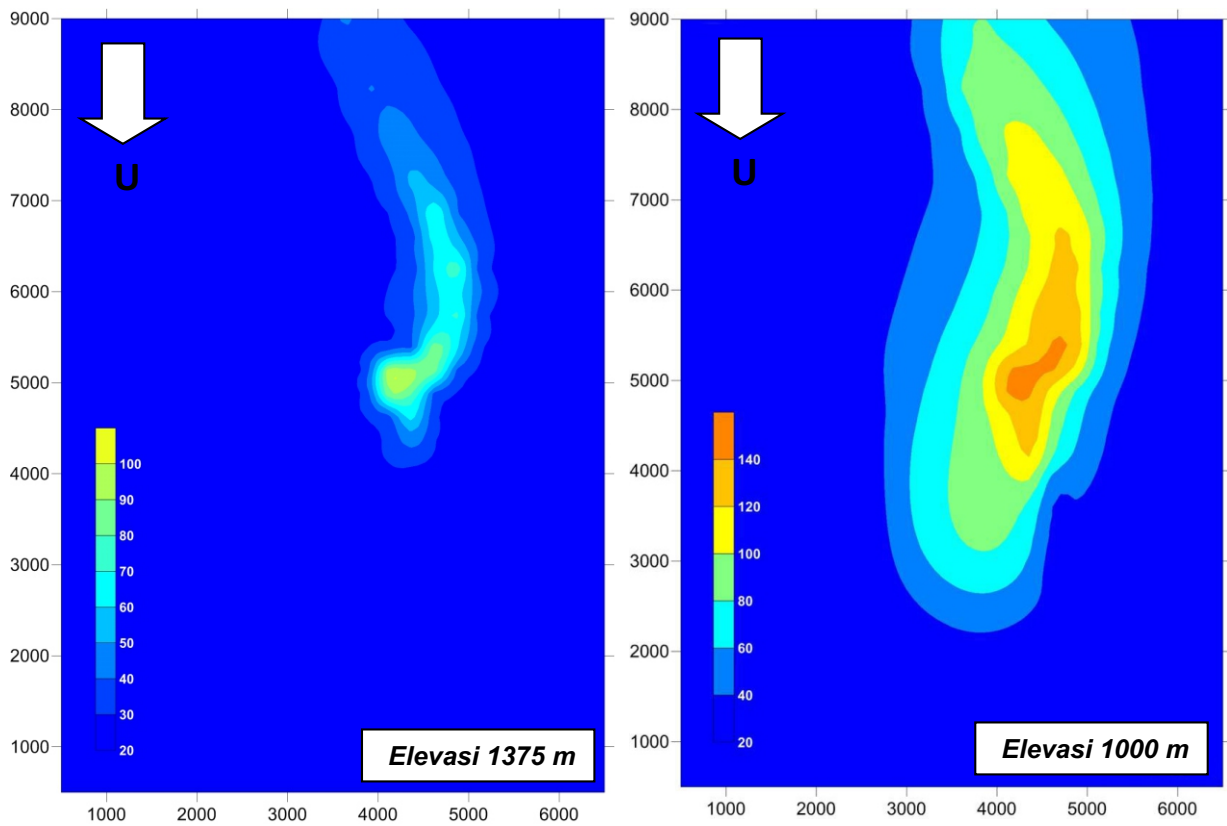
Litologi	Densitas	Porositas	Permeabilitas			Cond. ($\text{W/m}^\circ\text{C}$)	Spec.Heat ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)
	(kg/m ³)	(-)	($\times 10^{-15} \text{ m}^2$)				
			X	Y	Z		
CAP01	2500.00	0.10	0.01	0.01	0.01	2.50	1000.00
RSH01	2500.00	0.10	100.00	100.00	25.00	2.50	1000.00
RSH02	2500.00	0.10	40.00	40.00	20.00	2.50	1000.00
RSM02	2500.00	0.10	10.00	10.00	5.00	2.50	1000.00
RSM03	2500.00	0.10	6.00	6.00	3.00	2.50	1000.00
RSL02	2500.00	0.10	6.00	6.00	3.00	2.50	1000.00
RSL03	2500.00	0.10	4.00	4.00	2.00	2.50	1000.00

Ket : CAP Cap rock atau lapisan penudung
 RSH Litologi dengan permeabilitas tinggi (reservoir)
 RSM Litologi dengan permeabilitas menengah
 RSL Litologi dengan permeabilitas rendah

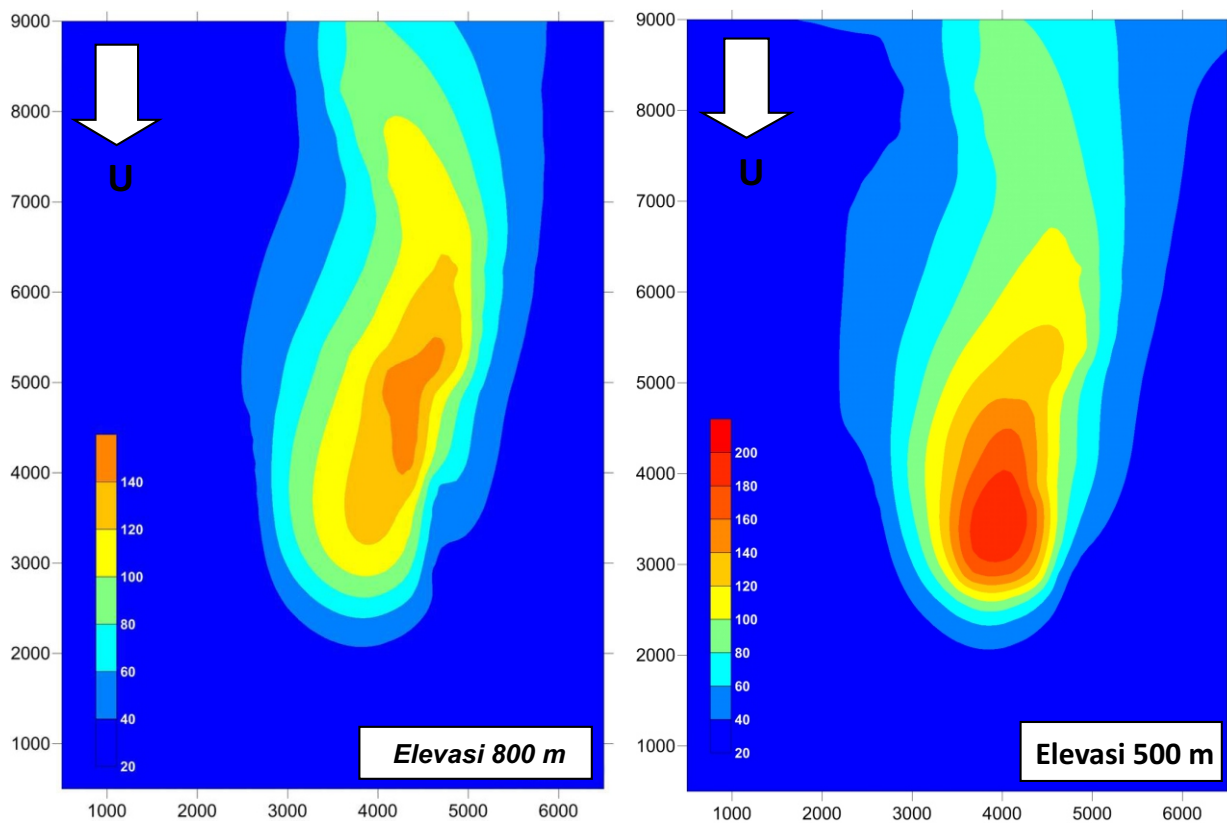
Kondisi inisial dan kondisi batas yang diterapkan dalam simulasi ini adalah tekanan yang di asumsikan bergradasi mulai dari sisi selatan dan membesar nilainya ke arah sisi utara, mulai dari 1 bara hingga 20 bar. Penentuan nilai tekanan ini didasarkan pada tekanan hidrostatis. Dengan adanya perbedaan tekanan ini sistem akan mengalir dari utara ke selatan, sedangkan untuk temperatur kondisi inisial di puncak blok pemodelan diasumsikan besarnya sama

yang dianggap mendekati sistem yang disimulasikan.

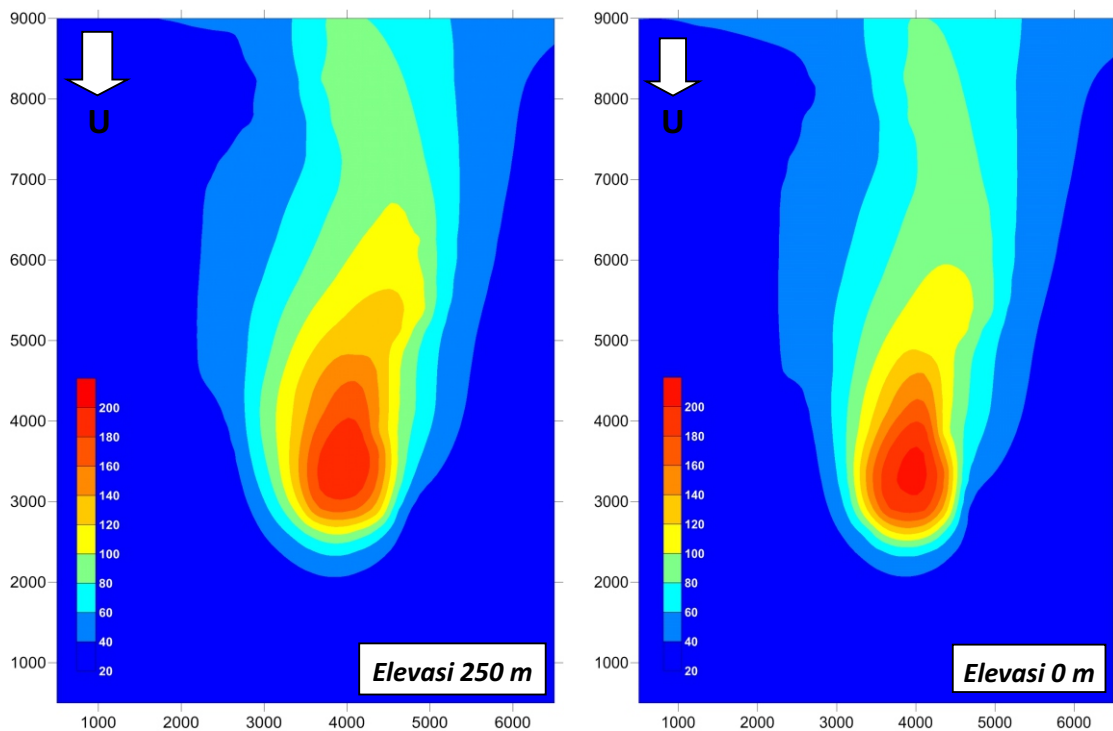
Secara umum sistem panas bumi Bittuang, berdasarkan sebaran temperatur ($^\circ\text{C}$) hasil simulasi berada di lereng barat daya Gunung Karua. Struktur geologi yang berarah utara-selatan mengontrol aliran fluida panas ke arah selatan sehingga di Cepeng muncul manifestasi berupa mata air panas (Gambar 4a, 4b dan 4c).



Gambar 4a. Distribusi temperatur pada elevasi 1375 dan 1000 m di atas muka laut



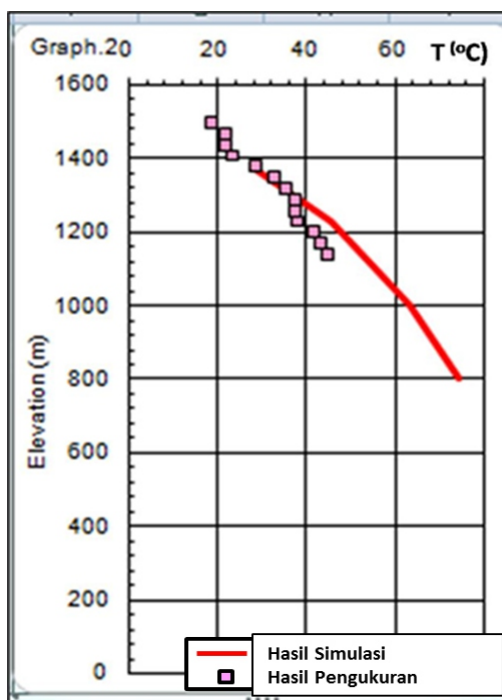
Gambar 4b. Distribusi temperatur pada elevasi 800 dan 500 m di atas muka laut



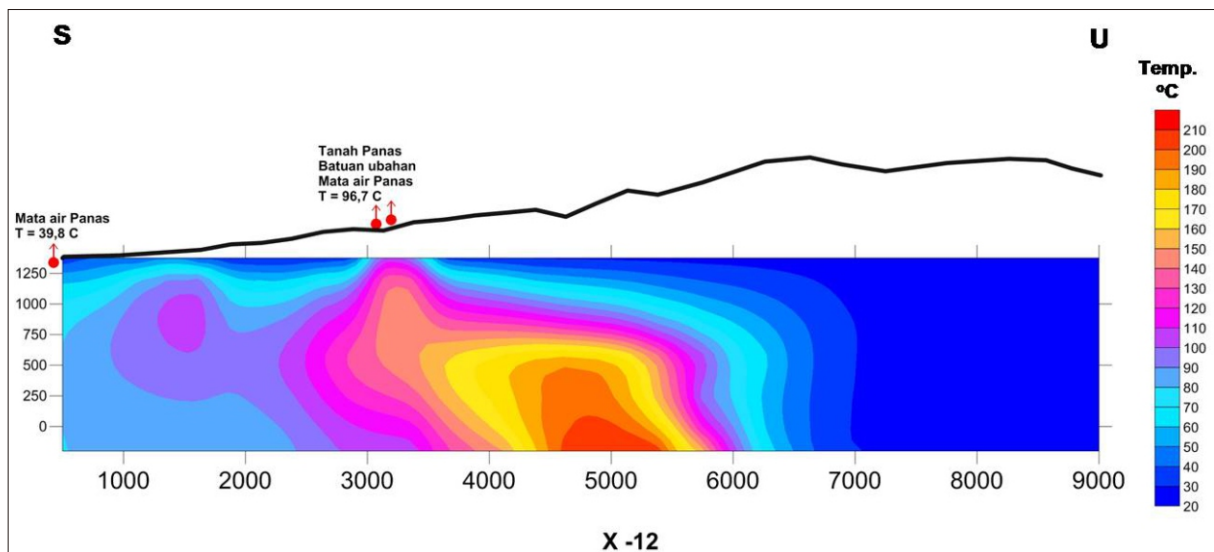
Gambar 4c. Distribusi temperatur pada elevasi 250 dan 0 m di atas muka laut

Hasil komparasi dari distribusi temperatur secara vertikal antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran temperatur di sumur landaian suhu BTG-1, terlihat diantara keduanya (Gambar 5). Kesesuaian (*matching*) juga diperlihatkan

dalam penampang yang memotong sistem panas bumi Bittuang yang menunjukkan bahwa sebaran panas berada di bawah manifestasi permukaan (air panas, tanah panas, batuan ubahan) Balla (Gambar 6).



Gambar 5. Komparasi hasil simulasi dengan hasil pengukuran *downhole* temperatur sumur landaian suhu BTG-1.



Gambar 6. Komparasi hasil simulasi dengan manifestasi permukaan.

KESIMPULAN

Simulasi numerik sistem panas bumi Bittuang merupakan bentuk dari proses modifikasi suatu konseptual ke dalam bentuk data numerik, dimana hasil kesesuaian dari hasil simulasi dan data pengukuran yang paling sesuai adalah merupakan hasil yang mendekati sistem yang disimulasikan.

Kesesuaian (*matching*) antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran temperatur pada sumur landaian temperatur BTG-1 serta kesesuaian antara distribusi temperatur dengan manifestasi panas bumi di permukaan mengindikasikan bahwa hasil simulasi yang didapat menggambarkan secara lebih jelas sistem panas bumi Bittuang lebih jelas.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem panas bumi berada di lereng barat daya Gunung Karua, fluida mengalir dari

reservoir ke arah selatan yang dikontrol oleh struktur geologi berarah relative relatif utara-selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung proses penulisan tulisan ini, terutama kepada para tim survei geosain yang telah menghasilkan data-data sebagai bahan untuk simulasi, juga kepada Hiroyuki Tokita dan Koichiro Fukuoka yang telah berbagi pengetahuan tentang simulasi numerik dalam program kerja sama antara Badan Geologi dalam hal ini Pusat Sumber Daya Geologi dengan JICA.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2009. Survei Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Bittuang, Kabupaten Tanatoraja, Sulawesi Selatan. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi.
 Anonim. 2012. Survei Magnetotellurik (MT) Daerah Panas Bumi Bittuang, Kabupaten Tanatoraja, Sulawesi Selatan. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi.
 Nakatani, A., Itoi, R., Gotoh, H. and Tanaka, T. 2007. *Development of Numerical Model of Takigami Geothermal Reservoir, Kyushu, Japan, Using TOUGH2 Simulator. Proceedings, 29th NZ Geothermal Workshop.*
 Pruess, K., Oldenburg, C., Moridis, G. 1999. *TOUGH2 User's Guide, Version 2.0. Lawrence Berkeley National Laboratory. Report LBNL 43134, Berkeley, CA, USA.*

Diterima tanggal 28 Agustus 2013
 Revisi tanggal 30 Oktober 2013

LANDAIAN SUHU DAERAH PANAS BUMI KEPAHIANG PROVINSI BENGKULU

Oleh:

Yuanno Rezky dan Robertus S.L.Simarmata

Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno-Hatta No.444, Bandung

SARI

Satuan batuan penyusun sumur landaian suhu KPH-1 Kepahiang terdiri dari empat jenis batuan, yaitu : Andesit, Breksi Tufa, Skoria dan Basalt yang beberapa diantaranya berubah akibat aktivitas hidrotermal dengan intensitas lemah hingga sedang.

Berdasarkan kelompok mineral ubahan yang hadir, kedalaman 0 – 98,40 m merupakan *overburden*, kedalaman 98,40 – 452,20 m dikelompokkan kedalam lapisan penudung panas (*clay cap*) dengan tipe ubahan *argillic*. Indikasi munculnya kelompok mineral-mineral bertemperatur tinggi belum dijumpai hingga kedalaman terakhir, hal ini menunjukkan bahwa litologi sumur landaian suhu KPH-1 hingga kedalaman terakhir masih berada pada zona batuan penudung (*clay cap*).

Permeabilitas batuan dari beberapa conto inti bor terpilih berkisar antara 0,20 hingga 143,26 mDarcy dengan nilai tertinggi didapatkan dari conto inti bor di kedalaman 410 m. Sedangkan porositas antara 2,39 % hingga 21,53 % dengan nilai tertinggi juga didapatkan dari conto inti bor di kedalaman 410 m. Pada kedalaman ini batuan memiliki permeabilitas dan porositas baik.

Konduktivitas panas batuan pada sumur KPH-1 berkisar antara 1,43 – 1,77 W/mK. Temperatur formasi (*Initial Temperature*) di kedalaman 100 m, 257 m, 380 m, dan 450 m masing-masing adalah sebesar 20°C, 40,12°C, 52,66°C, dan 107°C. Nilai landaian suhu (*thermal gradient*) pada sumur KPH-1 sebesar 19,11°C/100 meter.

Kata kunci : Landaian suhu , Kepahiang, Panas bumi.

ABSTRACT

Lithology units of KPH-1 Kepahiang gradient thermal well consists of four rock types, which are : andesite, tuff breccia, Scoriae and Basalt, some of which are altered as a result of hydrothermal activity, from weak to moderate of intensity.

Based on the occurrence of group of alteration mineral, the depth of 0 to 98.40 m is a overburden, depth of 98.40 to 452.20 m grouped into cap rock layer in the form of clay with argillic alteration types. Indication of the present of high-temperature minerals had not been found until the total depth. This indicates that the lithology of KPH-1 gradient thermal well until total depth still in the cap rock zone.

Rock permeability of some selected core samples ranged from 0.20 to 143.26 mDarcy with the highest value obtained from sample at a depth of 410 m. Porosity values between 2.39% to 21.53% as the highest values were also obtained from core sample at a depth of 410 m. At this depth, rocks has good permeability and porosity.

The thermal conductivity of rocks at KPH-1 well ranged from 1.43 to 1.77 W / mK. Formation temperature (initial temperature) at a depth of 100 m, 257 m, 380 m, and 450 m, each is 20°C, 40.12°C, 52.66°C, and 107°C. The value of thermal gradient at KPH-1 well is 19.11 °C/100 meters.

Keyword : Gradient thermal, Kepahiang, Geothermal.

PENDAHULUAN

Berdasarkan pembagian mandala geologi Tersier Pulau Sumatera, daerah Kepahiang terletak dalam Busur Magmatik dan nama lajur yang digunakan adalah Lajur Barisan. Lajur barisan membentuk Rangkaian Gunungapi Barisan yang membujur di sepanjang bagian barat dan sejajar dengan sumbu panjang Pulau Sumatera. Lajur ini merupakan suatu daerah kegiatan magmatik selama Tersier dan Kuarter (Bemmelen, van R.W., 1949). Jenis batuan meliputi tuf dan breksi gunungapi, lava dengan retas atau retas lempeng yang menyertainya, sedikit sedimen dan terobosan pluton.

Daerah Kepahiang - Rejang Lebong merupakan daerah terminasi utama Sistem Sesar Dekstral Sumatera. Ada tiga segmen utama sesar yang paling aktif, yaitu: Sesar Ketaun-Tes, Sesar Despateh dan Sesar Musi-Keruh. Terbentuknya pola kelurusan utara-selatan tersebut dikontrol oleh struktur rekahan dalam (*deep seated structures*). Aktifitas panas bumi berasosiasi dengan pola struktur sesar yang berarah timurlaut-baratdaya dan zona sesar aktif utama dari sistim sesar Sumatera berarah baratdaya-tenggara (Gafoer dkk., 1992).

Secara administratif daerah panas bumi Kepahiang termasuk dalam wilayah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu. Terletak pada posisi 102° 31' 47" - 102° 42' 20" BT s.d. 3° 27' 3" - 3° 40' 11" LS (Gambar 1), dimana lokasi bor terletak pada posisi 102° 36' 35.52" BT s.d. 3° 34' 57.98" LS dengan elevasi 1016 m.

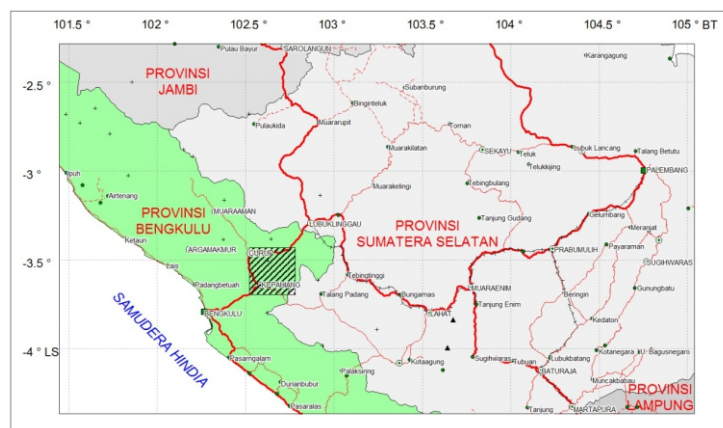
Hasil penyelidikan terdahulu yang dilakukan oleh Badan Geologi diketahui

daerah Kepahiang memiliki daerah prospek seluas 32 km², dengan potensi cadangan terduga cukup besar yaitu sebesar 325 MWe. Temperatur reservoir sekitar 250 °C (geothermometer gas), (Gambar 2).

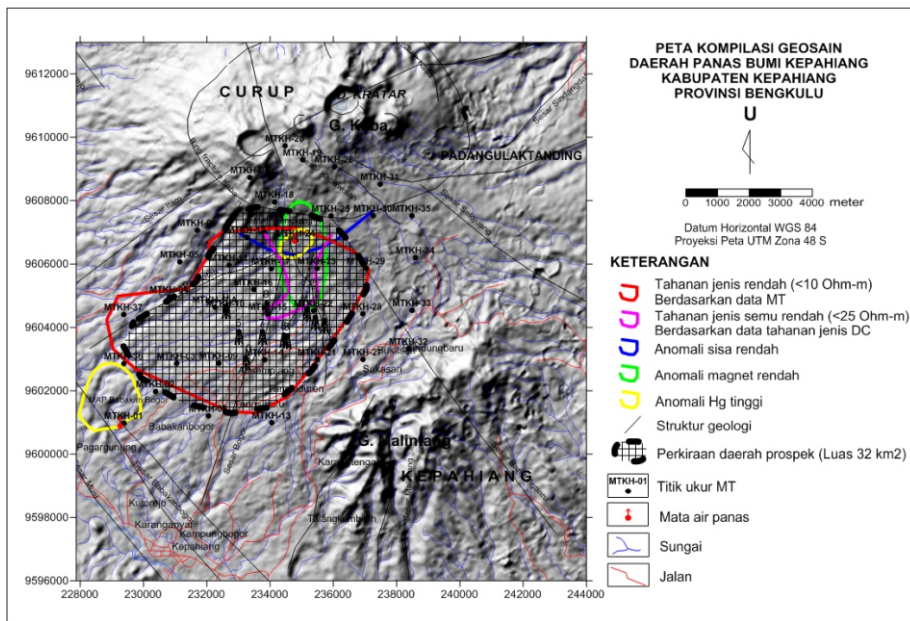
Hasil pemodelan tahanan jenis dari data MT yang dilakukan oleh Badan Geologi tahun 2010 menunjukkan bahwa tahanan jenis rendah tersebar dengan ketebalan antara 1500 meter hingga 2000 meter. Tahanan jenis rendah ini diinterpretasikan sebagai batuan penudung (*smectite*). Di bagian bawahnya terlihat adanya sebaran tahanan jenis sedang yang diinterpretasikan sebagai zona reservoir (*illite/chloride*). Puncak dari reservoir ini diperkirakan berada pada kedalaman 1500 - 1750 meter.

Operasi pengeboran landaian suhu KPH-1 dilakukan dalam beberapa trayek/tahapan, yaitu trayek selubung 6", trayek selubung 4", dan trayek *open hole*. Operasi pengeboran menggunakan *tricone bit* ukuran 7 5/8", 5 5/8", dan *diamond bit* ukuran 3 4/5", 3" (Gambar 3).

Kendala teknis yang terjadi berupa seringnya terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas baik *Partial Loss Circulation* (PLC) maupun *Total Loss Circulation* (TLC) yang tidak dapat diatasi dengan menggunakan *Loss Circulation Material* (LCM). Kendala ini dapat teratasi dengan metode *casing adventure/drilling with casing*. Selain itu, kendala teknis lainnya berupa jepitan (*stuck pipe*) dan lubang tidak stabil (*unstable hole*) juga dijumpai pada proses pengeboran. Adanya kendala tersebut diduga akibat pengeboran sumur KPH-1 banyak memotong patahan serta rekahan-rekahan batuan.



Gambar 1. Peta lokasi daerah panas bumi Kepahiang



Gambar 2. Peta Kompilasi Geosains Daerah Panas Bumi Kepahiang, Pusat Sumber Daya Geologi, 2010

METODOLOGI

Pengukuran suhu ekstrapolasi (*static formation temperatur test*), dilakukan dengan sistem *Temperature Transient Analyze* dan metode *Horner Plot* (Menzeis A.J, Roux at all, 1979). Dimana menurut sistem tersebut di atas, suhu formasi pada kedalaman tertentu dapat dihitung apabila persyaratan seperti berikut dipenuhi: dilakukan pengukuran data pengamatan kenaikan suhu pada kedalaman tertentu secara berulang pada waktu berbeda beda, setelah mengalami pendinginan pada waktu pengeboran dan sirkulasi pengeboran berlangsung.

Dengan asumsi-asumsi:

- Keadaan formasi homogen, baik secara lateral ataupun vertikal.
- Panas Jenis formasi tetap.
- Suhu yang diukur adalah panas yang mengalir secara konduksi hanya pada arah radial.

Suhu Formasi dapat dihitung dengan rumus seperti dibawah ini,

$$T_i = T_{ws} + (m \times T_{db})$$

Dimana : T_i = suhu formasi (°C)
 T_{ws} = Suhu yang diperoleh dari ekstrapolasi data pada harga $\frac{t}{t + \Delta t / \Delta t} = 1$

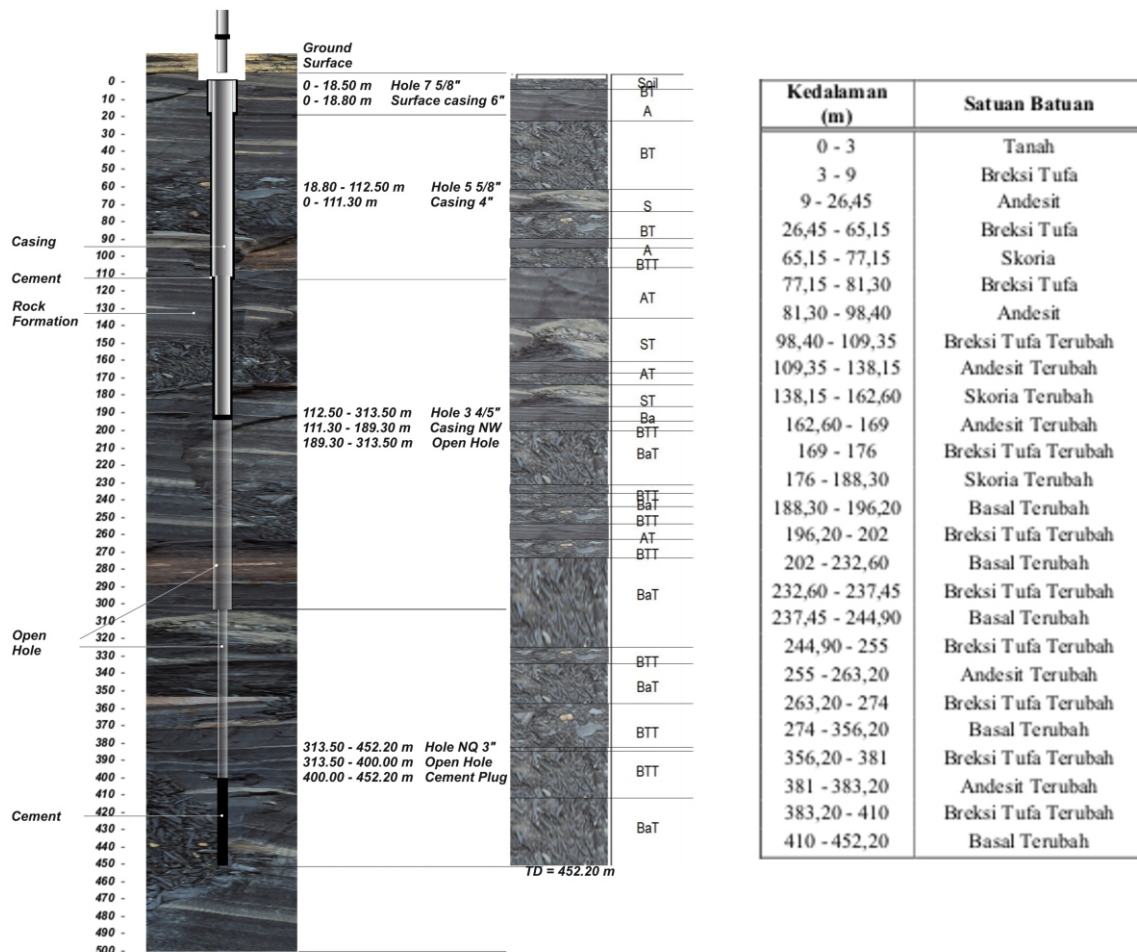
m = kemiringan (°C/cycle)
 T_{db} = faktor koreksi panas yang hubungannya dengan dimensi waktu sirkulasi (T_{cd})
 $T_{cd} = t \times K / (C_p \cdot \rho \cdot r^2)$
 t = Waktu pendinginan formasi (dihitung sejak tembus formasi sampai *stop* sirkulasi).
 K = konduktivitas panas formasi
 ρ = densitas formasi
 C_p = *Spesific heat* formasi
 Harga $K / (C_p \cdot \rho \cdot r^2)$ diasumsikan sebesar 0,43 /jam untuk diameter sumur 8 inchi atau $r^2 = 0.01$ m. (Bixley P.F, 1985).

3. HASIL DAN ANALISIS

Geologi sumur

Litologi sumur KPH-1 dari permukaan hingga kedalaman akhir (452,20 m) berdasarkan analisis megakospis dari contoh batuan bor disusun oleh beberapa satuan batuan (Gambar 3).

Batuan/litologi sumur landaian suhu KPH-1 Batuan/litologi sumur landaian suhu KPH-1 mulai dari kedalaman 98,40 – 174,15 m telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas ubahan lemah sampai sedang (SM/TM = 10 – 40 %) oleh proses ubahan argilitisasi, silisifikasi/devitrifikasi, oksidasi, piritisasi dan kloritisasi. Dan dari kedalaman 174,15 m – 452,20 m juga masih mengalami ubahan hidrotermal dengan



Gambar 3. Konstruksi sumur landaian suhu KPH-1, daerah panas bumi Kepahiang

intensitas ubahan lemah sampai sedang (SM/TM = 10 – 75 %) oleh proses ubahan argilitisasi, silisifikasi/devitrifikasi, oksidasi, piritisasi dan kloritisasi. Ubahan hidrotermal sumur KPH-1 memiliki tipe ubahan yang didominasi tipe *argillic* (didominasi mineral montmorilonit, nontronit, gypsum, lempung magnesium, tourmalin dan zoisite) berfungsi sebagai batuan penudung panas (*clay cap*).

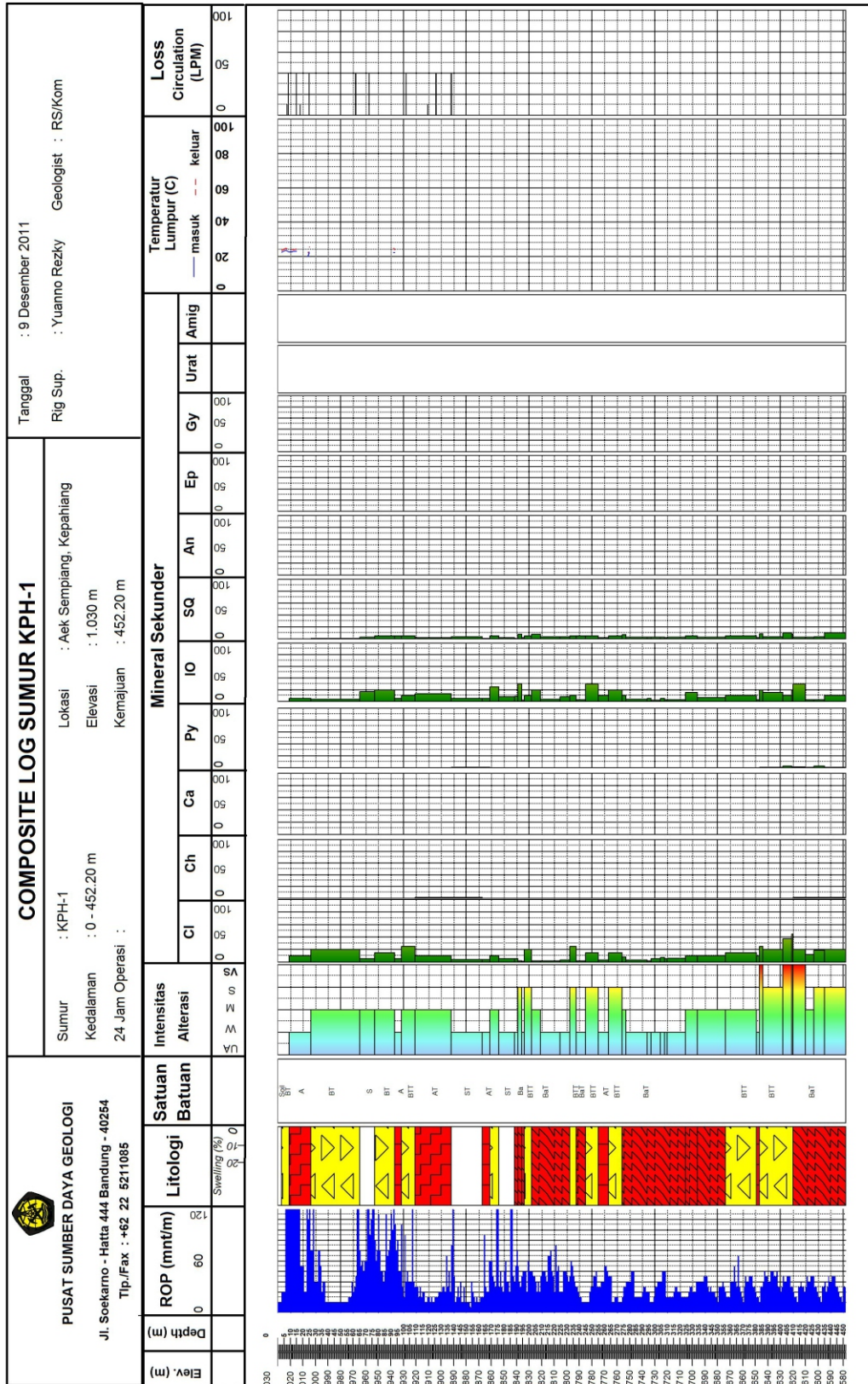
Beberapa contoh batuan dilakukan analisis laboratorium dengan menggunakan Uji Sedimentologi Metode Keporian Dengan Merkuri. Dari hasil analisis (kedalaman 26,45 m, 77,15 m, 98,50 m, 172,45 m, 358 m, 377,30 m, 384,30 m 399,80 m, dan 410 m), dengan metode keporian menggunakan merkuri ini, didapatkan permeabilitas antara 0,20 mDarcy hingga 143,26 mDarcy, dengan nilai tertinggi didapatkan dari contoh inti bor di kedalaman 410 m. Sedangkan porositas antara 2,39 % hingga 21,53 % dengan nilai tertinggi juga didapatkan dari contoh inti bor di kedalaman 410 m.

Berdasarkan hasil analisis inklusi

fluida, dari pengamatan secara megaskopis menunjukkan jenis batuan (vulkanik) yang tidak banyak mengandung mineral-mineral induk inklusi fluida. Selain itu kondisi batuan yang telah terdeformasi (dengan indikasi breksiasi dan milonitisasi, serta garis gores), dapat pula mengakibatkan inklusi fluida yang terbentuk menjadi rusak. Inklusi fluida dapat ditemukan pada veinlet kalsit, atau mineral kuarsa penyusun batuan tersebut, namun karena umumnya terdiri dari satu fase (monofase), dan bifase (L dan V) yang sudah rusak, dan berukuran sangat halus maka pengukuran tidak dapat dilakukan.

Beberapa contoh batuan dari sumur KPH-1 dipilih untuk selanjutnya dianalisis laboratorium dengan menggunakan metode konduktivitas panas. Hasil dari analisis tersebut memberikan hasil konduktivitas panas berkisar antara 1,43 – 1,77 W/mK.

Kehadiran struktur geologi pada sumur pengeboran panas bumi dapat ditafsirkan dari beberapa ciri struktur seperti sifat fisik batuan (milonitisasi dan rekahan)



Gambar 4. Composite Log sumur KPH-1, daerah panas bumi Kepahiang, Kabupaten Kepahiang – Provinsi Bengkulu.

yang dikombinasikan dengan data pengeboran seperti adanya hilang sirkulasi (total/sebagian) dan terjadinya *drilling break*.

Selama kegiatan pengeboran sumur landaian suhu KPH-1 sampai kedalaman akhir, terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas secara parsial (PLC) di kedalaman 7,4 m, 17,85 dan 119,35 m, masing-masing sebesar 10 lpm dan hilang sirkulasi total (TLC) di kedalaman 8,5 m, 14,72 m, 20,75 m, 24,95 m, 62 m, 72,80 m, 102,20 m, 126 m dan 138,15 m. Selanjutnya sampai kedalaman 452,20 m, terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas secara total (TLC). Banyak dijumpai kekar-kekar gerus, rekahan-rekahan dan breksiasi yang sebagian terisi mineral lempung, oksida besi dan kuarsa sekunder.

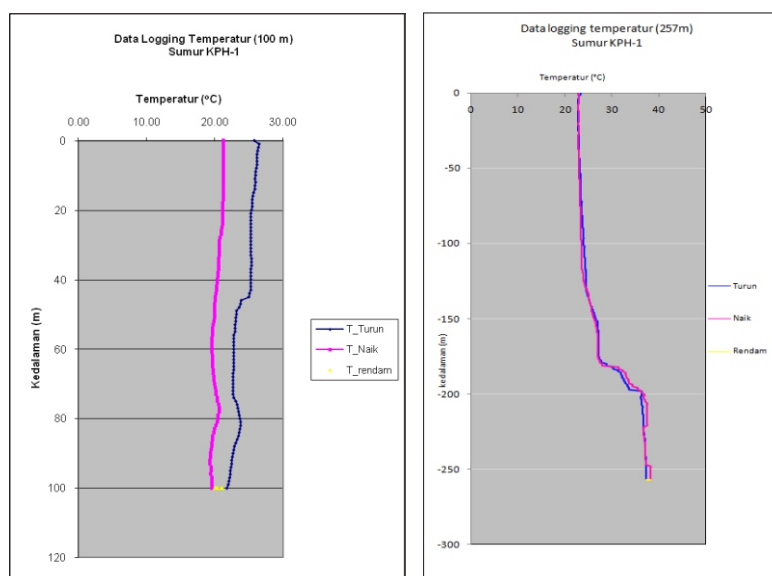
Hasil pengukuran temperatur lumpur masuk (*Tin*) dan temperatur keluar (*Tout*) sumur KPH-1 hanya dapat terukur hingga kedalaman 7,4 m dan di beberapa zona kedalaman, dengan temperatur berkisar antara $T_{in} = 19,6 - 24,2C$ dan $T_{out} = 21,2 - 25,7 C$, dengan selisih temperatur masuk dan keluar sebesar $0,1 - 2C$. Namun hasil pengukuran temperatur lumpur masuk (*Tin*) dan temperatur keluar (*Tout*) sumur KPH -1 ini secara keseluruhan tidak dapat dilakukan karena dari awal pengeboran pada kedalaman 7,4 m sudah mengalami Loss Circulation (PLC/TLC) hingga kedalaman akhir (452,20 m).

Logging Temperatur

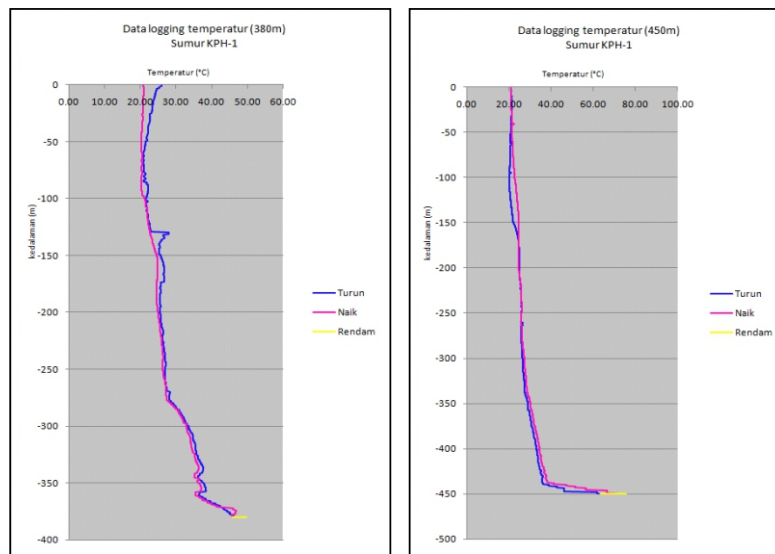
Hasil pekerjaan *logging* temperatur pada tahap pertama dilakukan mulai dari permukaan sampai kedalaman lubang bor 100 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar $25,80\text{ }^{\circ}C$. Sedangkan pada dasar lubang bor (100 meter) terukur $21,80\text{ }^{\circ}C$ setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 100 m selama ± 4 jam, temperatur terbaca sebesar $20,00^{\circ}C$ (Gambar 5a).

Selanjutnya dari pekerjaan *logging* temperatur dari permukaan sampai kedalaman lubang bor 257 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar $23,30\text{ }^{\circ}C$, dan pada dasar lubang bor (257 meter) terukur $37,30\text{ }^{\circ}C$ setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 257 m selama ± 8 jam, temperatur maksimum terbaca sebesar $38,20^{\circ}C$ (Gambar 5b).

Kemudian dari pekerjaan *logging* temperatur sampai kedalaman lubang bor 380 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar $26,00\text{ }^{\circ}C$, dan pada dasar lubang bor (380 meter) terukur $46,90\text{ }^{\circ}C$ setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 380 m selama ± 8 jam, temperatur maksimum terbaca sebesar $49,80^{\circ}C$ (Gambar 5c).



Gambar 5. a) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 100 m, b) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 257 m



Gambar 5. c) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 380 m, d) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 450 m

Dan pengukuran *logging* temperatur terakhir dilakukan dari permukaan sampai kedalaman lubang bor 450 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar 21,10 °C, pada dasar lubang bor (450 meter) terukur 63,20 °C setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 450 m selama ± 8 jam, temperatur maksimum terbaca sebesar 75,60C (Gambar 5d).

PEMBAHASAN

Batuan penyusun sumur landaian suhu KPH-1 disusun oleh batuan vulkanik berupa breksi tufa, andesit, dan skoria yang pada umumnya belum terkena ubahan hidrotermal secara signifikan, Intensitas ubahan bervariasi dari lemah hingga sedang (SM/TM = 10 – 75 %). Secara umum proses ubahan yang terjadi di sumur landaian suhu KPH-1 sampai kedalaman akhir masih menunjukkan ubahan berderajat rendah yang dicirikan oleh ubahan hasil proses argilitisasi, oksidasi, dengan/tanpa piritisasi, karbonatisasi. Mineral-mineral ubahan tersebut dikelompokkan termasuk ke dalam jenis argilik (*argilic Type*) yang berfungsi sebagai lapisan punudung panas (*clay cap*).

Hadirnya mineral-mineral ubahan dengan intensitas rendah di sumur KPH-1 hingga kedalaman akhir yang didominasi mineral oksida besi ini, mendukung data survei terpadu sebelumnya, yang menunjukkan bahwa di kedalaman tersebut

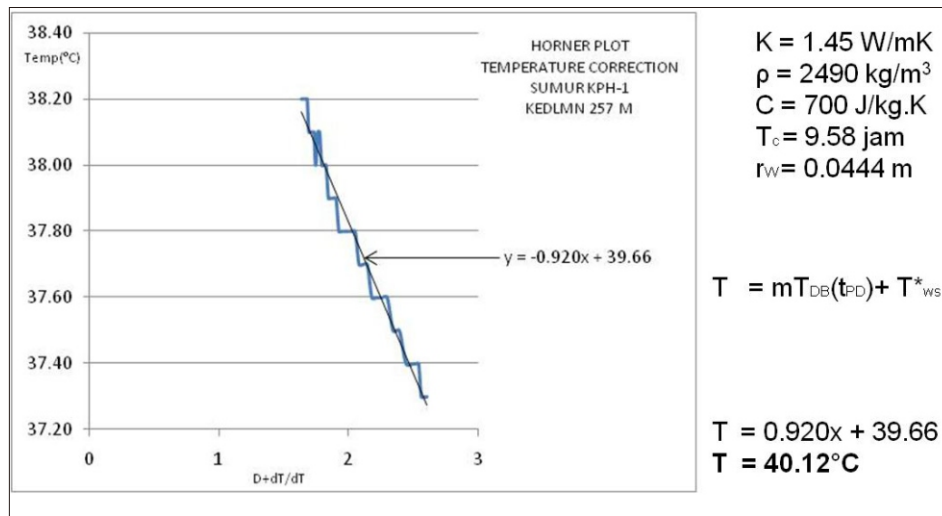
lapisan batuan masih belum memiliki tahanan jenis rendah (*low resistivity*) dimana zona tahanan jenis rendah terdeteksi di kedalaman 500 m - 1500 m.

Pada sumur landaian suhu KPH-1, pengeboran dilakukan dalam kondisi hilang sirkulasi hingga kedalaman akhir (452,20 m), dimana PLC dan TLC ini diduga disebabkan oleh permeabilitas sekunder berupa rekahan, pengekaran hingga breksiasi pada satuan lava dan permeabilitas primer yang cukup tinggi berupa rongga antar butir pada batuan piroklastik dan rongga vesikuler pada lava skoria di interval kedalaman tersebut.

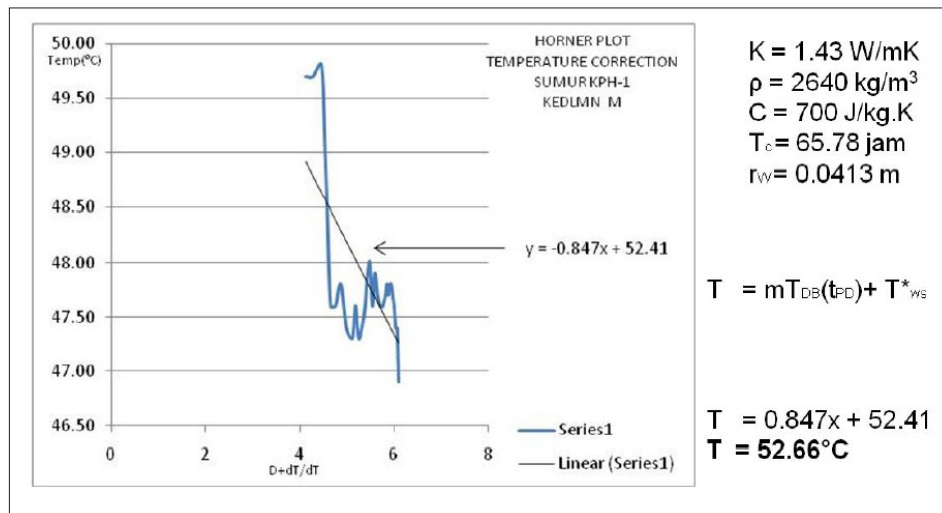
Hasil pengukuran *logging* temperatur selanjutnya dilakukan perhitungan dengan metode Horner Plot untuk mendapatkan harga temperatur formasi (*Initial Temperature*). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh harga temperatur formasi sebesar 40,12 °C (Gambar 6a) pada posisi kedalaman 257 meter, 52,66 °C (Gambar 6b) pada posisi kedalaman 380 meter, dan 107,002 °C (Gambar 6c) pada posisi kedalaman 450 meter.

Berdasarkan temperatur formasi pada posisi kedalaman pengukuran 450 m, diperoleh harga *thermal gradient* (landaian suhu) sebesar 19,11°C/100 meter (Gambar 7) atau sekitar enam (6) kali gradien rata-rata bumi (± 3°C per 100 m).

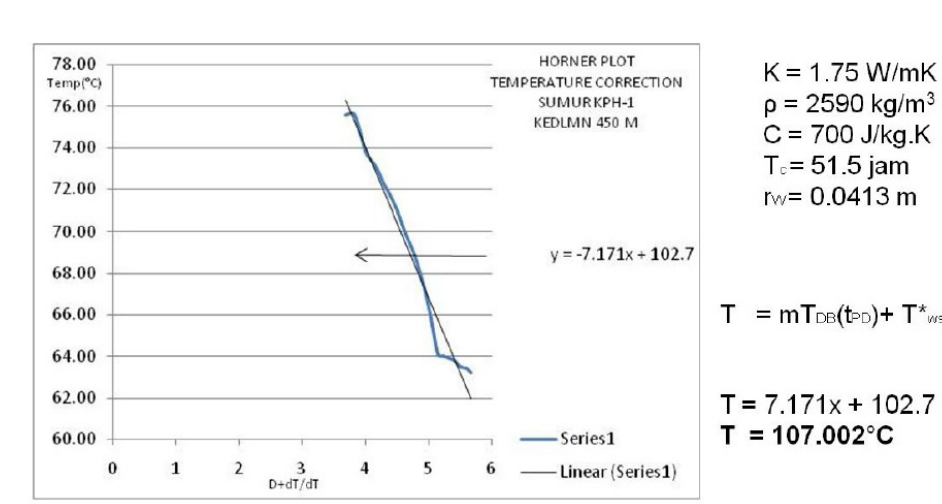
Selanjutnya, jika perkiraan *top reservoir* di daerah panas bumi Kepahiang berada di kedalaman sekitar 1500 m (hasil



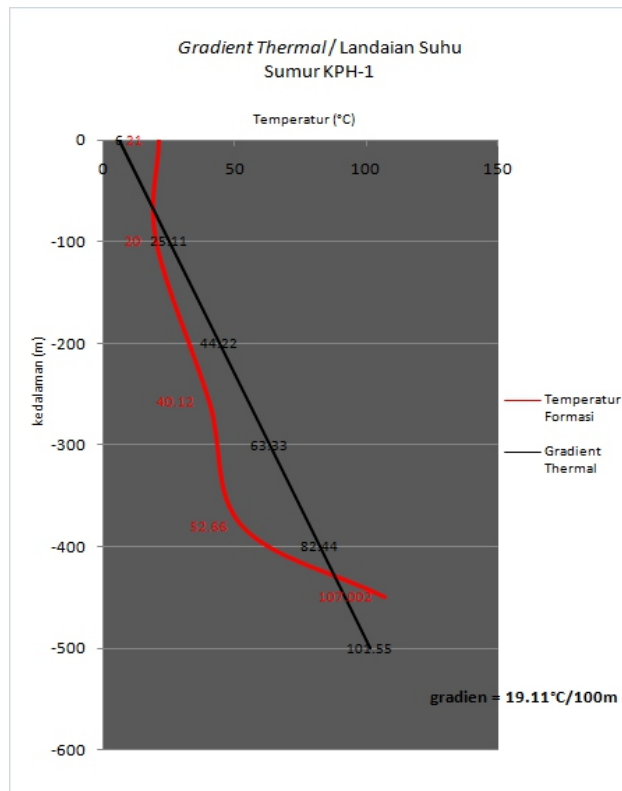
Gambar 6. a) Grafik Analisis Temperatur Formasi di kedalaman 257 m dengan Metode Horner Plot.



Gambar 6. b) Grafik Analisis Temperatur Formasi di kedalaman 380 m dengan Metode Horner Plot



Gambar 6. c) Grafik Analisis Temperatur Formasi di kedalaman 450 m dengan Metode Horner Plot



Gambar 7. Landaian suhu (*Thermal gradient*) sumur KPH-1

survei terpadu, 2009) dan gradien diasumsikan linier pada sumur KPH-1, maka temperatur formasi di kedalaman tersebut sekitar 306 °C. Atau jika perkiraan temperatur reservoir adalah sebesar 250 °C (hasil survei terpadu, 2009), maka *top reservoir* pada titik pengeboran ini berada pada kedalaman 1200 m.

Dari data *gradient thermal* ini, dikompilasikan dengan model geologi berdasarkan data kompilasi geofisika, dapat diperkirakan nilai isothermal daerah panas bumi Kepahiang (Gambar 8).

Bentuk isothermal ditarik dari bentuk zona resistivity rendah, dimana tahanan jenis rendah berdasarkan data MT tersebar dengan ketebalan antara 1500 meter hingga 2000 meter. Tahanan jenis rendah ini diinterpretasikan sebagai batuan penutup (*smectite*). Di bagian bawahnya tahanan jenis sedang yang diinterpretasikan sebagai zona reservoir (*illite/chloride*). Puncak dari reservoir ini diperkirakan berada pada kedalaman 1500 - 1750 meter.

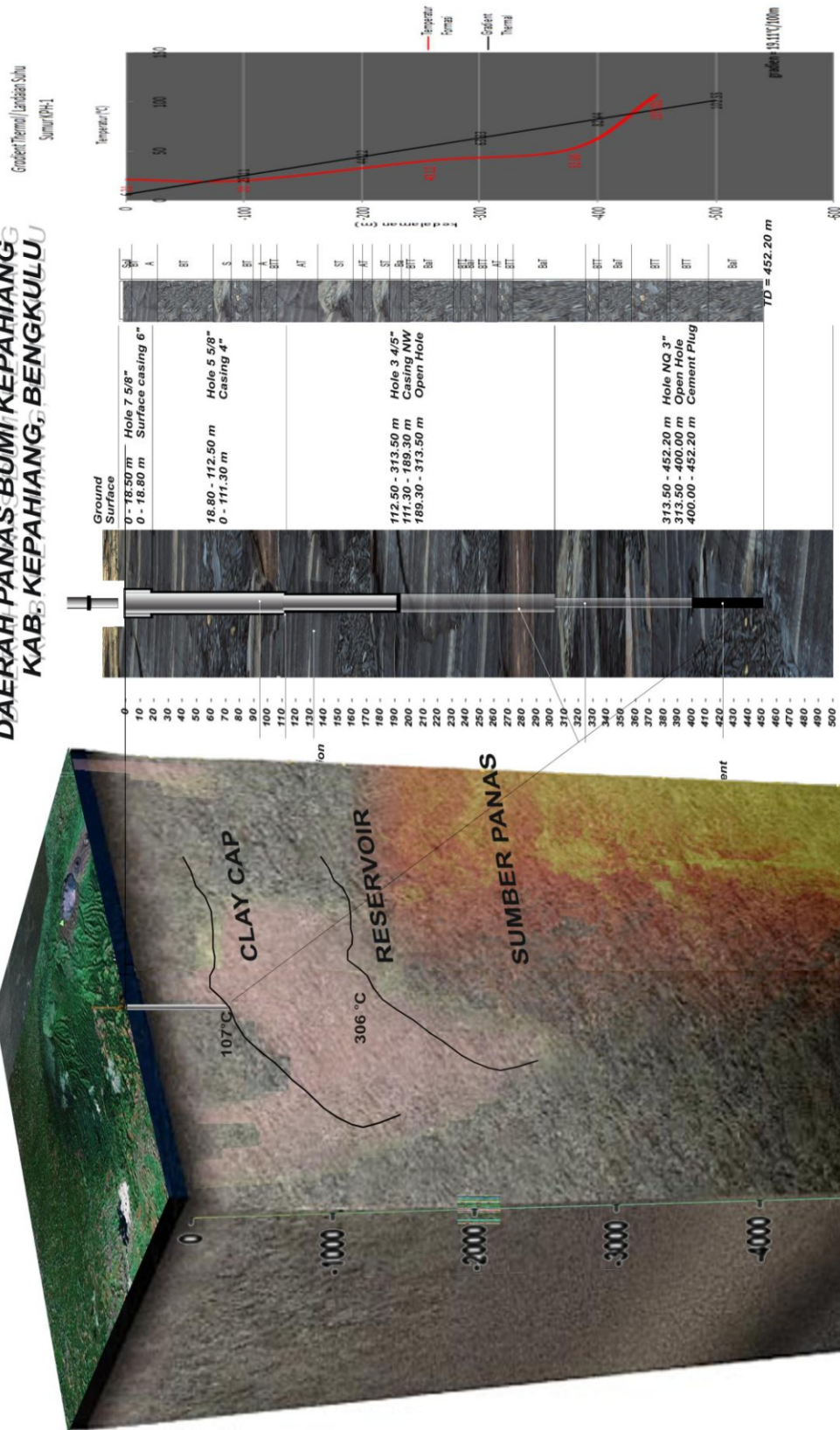
Kemudian nilai temperatur pada garis isothermal diambil dari nilai landaian suhu (*thermal gradient*) sumur KPH-1.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dapat dibuat mengenai kepanas-bumian di daerah penyelidikan, yaitu, sbb:

- Batuan sumur landaian suhu KPH-1 mulai dari permukaan hingga kedalaman akhir 452,20 m disusun oleh batuan vulkanik berupa breksi tufa, scoria, basalt dan andesit yang sebagian terkena ubahan hidrotermal, dengan intensitas rendah-sedang ($SM/TM = 10 - 75\%$) dan secara umum masih menunjukkan ubahan berderajat rendah dengan tipe argilik (*argilic Type*) yang berfungsi sebagai lapisan penutup panas (*clay cap*).
- Temperatur formasi (*Initial Temperature*) pada kedalaman 450 meter, temperatur maksimum terbaca sebesar 75,60°C, setelah dikoreksi menggunakan metode *horner plot* adalah sebesar 107°C.
- Harga thermal gradient (landaian suhu) sumur KPH-01 pada kedalaman 450 m sebesar 19,11°C/100 meter atau sekitar enam (6) kali gradien rata-rata bumi ($\pm 3^\circ\text{C}$ per 100 m), dimana jika perkiraan *top*

**KONSTRUKSI LUBANG SUMUR KPH-011
DAERAH PANAS BUMI KEPAHANG
KAB. KEPAHANG, BENGKULU**



Gambar 8. Distribusi temperatur daerah panas bumi Kepahang mengacu pada landaian suhu sumur KPH-1

reservoir di daerah panas bumi Kepahiang berada di kedalaman sekitar 1500 maka temperatur formasi di kedalaman tersebut sekitar 306 °C atau jika perkiraan temperatur *reservoir* adalah sebesar 250°C maka top *reservoir* pada titik pengeboran ini berada pada kedalaman 1200 m.

- Untuk tahapan eksplorasi selanjutnya adalah melakukan pengeboran eksplorasi dengan target kedalaman 1800 – 2500 m, serta pengeboran landaian suhu di beberapa titik dengan target kedalaman 500 – 750 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh tim Pengeboran Landaian Suhu KPH-1 Kepahiang, Program Penelitian Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi yang telah banyak membantu dalam proses penyelidikan landaian suhu daerah Kepahiang hingga terselesaikannya tulisan ini. Serta kepada Pemerintah Kabupaten Kepahiang, Dinas ESDM Kepahiang, serta seluruh instansi terkait yang telah memberikan dukungan dan bantuannya dalam proses pengeboran landaian suhu daerah Kepahiang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007. Program Pengembangan Sumber Daya Alam Riset Panas Bumi.
- Anonim, 2010, 'Laporan Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu.' Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. (Unpubl. Report).
- Anonim, 2010, 'Laporan Survei Geofisika Terpadu Panas Bumi Daerah Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu.' Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. (Unpubl. Report).
- Anonim, 2010, 'Laporan Survei Magnetotellurik Daerah Panas Bumi Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu.' Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. (Unpubl. Report).
- Bachrudin R. dan Saputra E., 1988. Pemetaan Geologi Potret Gunung Kaba, Bengkulu, Sumatera Selatan, Direktorat Vulkanologi.
- Bemmelen, van R.W., 1949. The Geology of Indonesia Vol. IA, The Hague. Netherlands.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kepahiang, 2009, Kepahiang Dalam Angka.
- Bixley, P.F, Introduction to Geothermal Reservoir Engineering, 1985.
- Gafoer dkk., 1992. Peta Geologi Lembar Bengkulu, Sumatera, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Grant, M.A., Donaldson, I.G., Bixley, P.F, Geothermal Reservoir Engineering, 1982. Glover, Paul, Petrophysics Msc Course Note, page 85-87.
- Kusumadinata, K., 1979, Data Dasar Gunungapi Indonesia, Direktorat Vulkanologi.

Diterima tanggal 10 September 2013
Revisi tanggal 30 Oktober 2013

DELINIASI ENDAPAN TIMAH BERDASARKAN ANALISIS ANOMALI GAYABERAT DI DAERAH BANGKA SELATAN

Oleh:

Tatang Padmawidjaja

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi
Jalan Diponegoro No 57 Bandung

SARI

Analisis data gayaberat untuk deliniasi endapan timah yang tersebar di Bangka Selatan telah dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Anomali gayaberat di daerah Bangka Selatan berkisar antara 17 sampai 46 mgal, dengan anomali gayaberat residual antara -8,5 mgal sampai 5,0 mgal. Anomali gayaberat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu kelompok anomali rendah dan kelompok anomali tinggi sedangkan anomali gayaberat residual dibedakan menjadi anomali positif dan anomali negatif.

Analisis kuantitatif dalam pemodelan geologi pada penampang anomali gayaberat residual menghasilkan lapisan batuan dengan rapat massa 2,69 gr/cc yang dapat ditafsirkan sebagai Batuan Komplek Pemali (CpP).

Komplek Pemali merupakan batuan yang mendasari daerah tersebut. Komplek Pemali ini diterobos oleh batuan dengan rapat massa 2,58 gr/cc yang ditafsirkan sebagai batuan terobosan granit (T_R Jkg). Penerobosan ini diperkirakan melalui bidang lemah pada batuan Komplek Pemali yang ditafsirkan sebagai bidang sesar.

Oleh karena itu kontak antara batuan Komplek Pemali, Formasi Tanjunggenting (T_R t) dengan batuan terobosan granit diperkirakan sebagai kontak sesar, yang diduga sebagai kontak yang berpotensi untuk keterdapatan endapan timah di daerah Bangka Selatan.

Kata kunci : Anomali sisa, Bangka, endapan timah, gaya berat, rapat massa.

ABSTRACT

Analysis of the gravity data for delineation of tin deposits scattered South Bangka has been done qualitatively and quantitatively. Gravity anomaly in South Bangka ranged between 17 to 46 mgal, with the residual gravity anomaly between -8.5 to 5.0 mgal. Gravity anomaly is classified into two groups namely low and high anomaly, while residual gravity is differentiated into positive and negative anomalies.

Quantitative analysis of the geological modeling in cross section of residual gravity anomaly obtained rock layer with density of 2.69 g/cc which can be interpreted as Pemali Complex (C_pP).

The Pemali Complex is basement in this area, which is intruded by rocks with density 2.58 g / cc which is interpreted as granite intrusion (T_R Jkg). This intrusion appears to the surface through the weak zone in the Pemali Complex, which can be interpreted as fault zone.

Therefore the contact between Pemali Complex and Tanjunggenting Formation (T_R T) with granite intrusion can be interpreted as the fault contact, which is suspected as potential area for tin deposits in South Bangka.

Keyword : Residual anomaly, Bangka, tin deposit, gravity, density.

PENDAHULUAN

Analisis anomali gaya berat daerah Bangka Selatan ini merupakan lanjutan dari analisis gaya berat lembar Bangka Utara yang telah dipublikasikan sebelumnya (Simamora, W.H., 2007). Sehingga analisis ini dapat mengungkapkan struktur bawah permukaan di daerah bagian selatan Pulau Bangka. Disamping itu, bagaimana hubungannya antara struktur bawah permukaan Bangka Utara dan Bangka Selatan. Dengan demikian dapat diketahui kaitannya antara endapan bijih timah dengan batuan yang terdapat di daerah Pulau Bangka secara keseluruhan.

Analisis yang di sajikan dalam tulisan ini merupakan analisis tahap lanjut, hasil pemetaan gaya berat lembar Bangka Selatan, skala 1 : 250.000 (Marzuki dr., 1990), dengan lokasi terletak pada koordinat 105°45' BT – 107°00' BT dan 2°20' LS - 3°15' LS (Gambar 1).

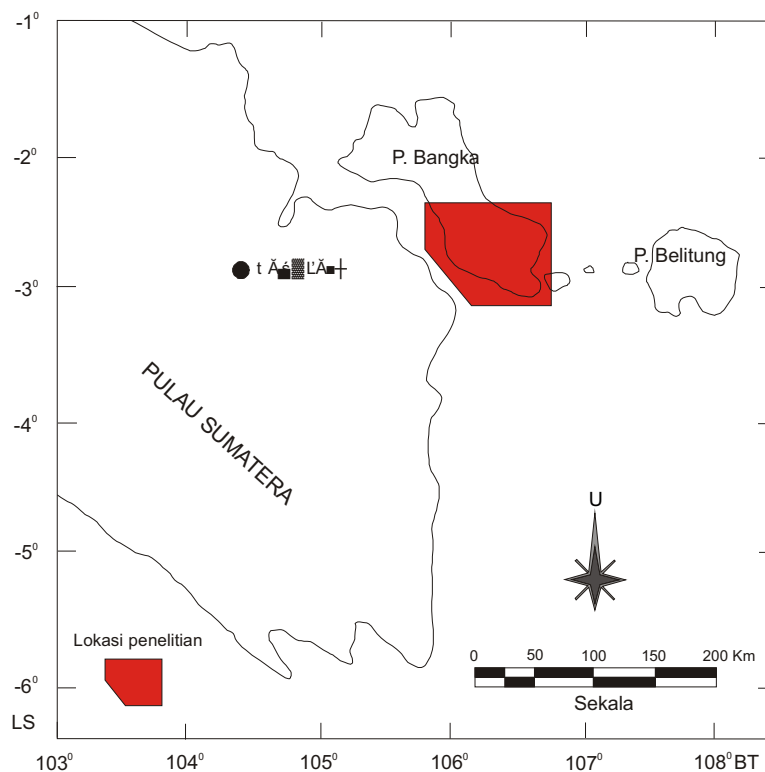
Tujuan makalah ini untuk mengkaji lebih rinci hubungan antara anomali gaya berat dengan struktur geologi permukaan serta aspeknya terhadap endapan timah di daerah Bangka Selatan.

METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian adalah melakukan analisis dari laporan-laporan yang telah dipublikasi, yaitu analisis gayaberat daerah Bangka Selatan dalam penafsiran struktur geologi yang berhubungan dengan keterdapatn potensi timah. Untuk memperoleh gambaran struktur geologi dangkal dilakukan pemisahan anomali gayaberat yang pemodelan geologi untuk menentukan kontak struktur sebagai daerah endapan timah. Dalam pemodelan geologi bawah permukaan yang berhubungan potensi endapan timah dengan Software Gravmag yang dilakukan pada penampang anomali residual.

TINJAUAN GEOLOGI

Menurut Hutchison (1980), rekonstruksi tektonik regional Pra-Tersier Asia Tenggara yang terdiri dari Semenanjung Malaya dan Sumatera, dibagi menjadi tiga mintakat yaitu: Mintakat Sumatera Barat (Cathaysia), Sinoburmalaya (Gondwana) dan Malaya Timur (Cathaysia) (Gambar 2). Daerah penelitian termasuk ke



Gambar 1. Peta Indeks Lokasi Penelitian Gayaberat

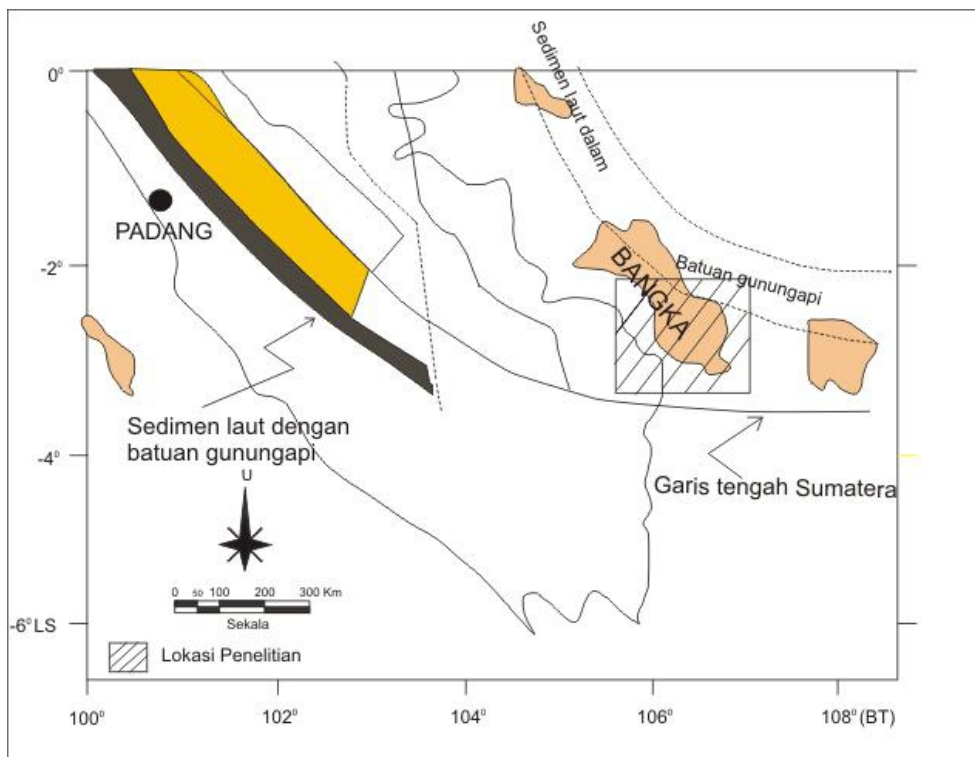
dalam Mintakat Malaya Timur dan ditandai oleh kehadiran batugamping fusulinid Perem Bawah serta batuan gunung api Perem Akhir.

Pulau Bangka terdiri dari batuan metasedimen berumur Trias Atas, dengan pelamparan dari utara sampai selatan dan diterobos oleh batuan granit berumur post Trias (Djumhana, 1995). Menurut Gafoer dr. (1992), tataan geologi regional Pulau Bangka merupakan bagian luar cekungan busur belakang Sumatera dan termasuk kedalam Kerak Benua.

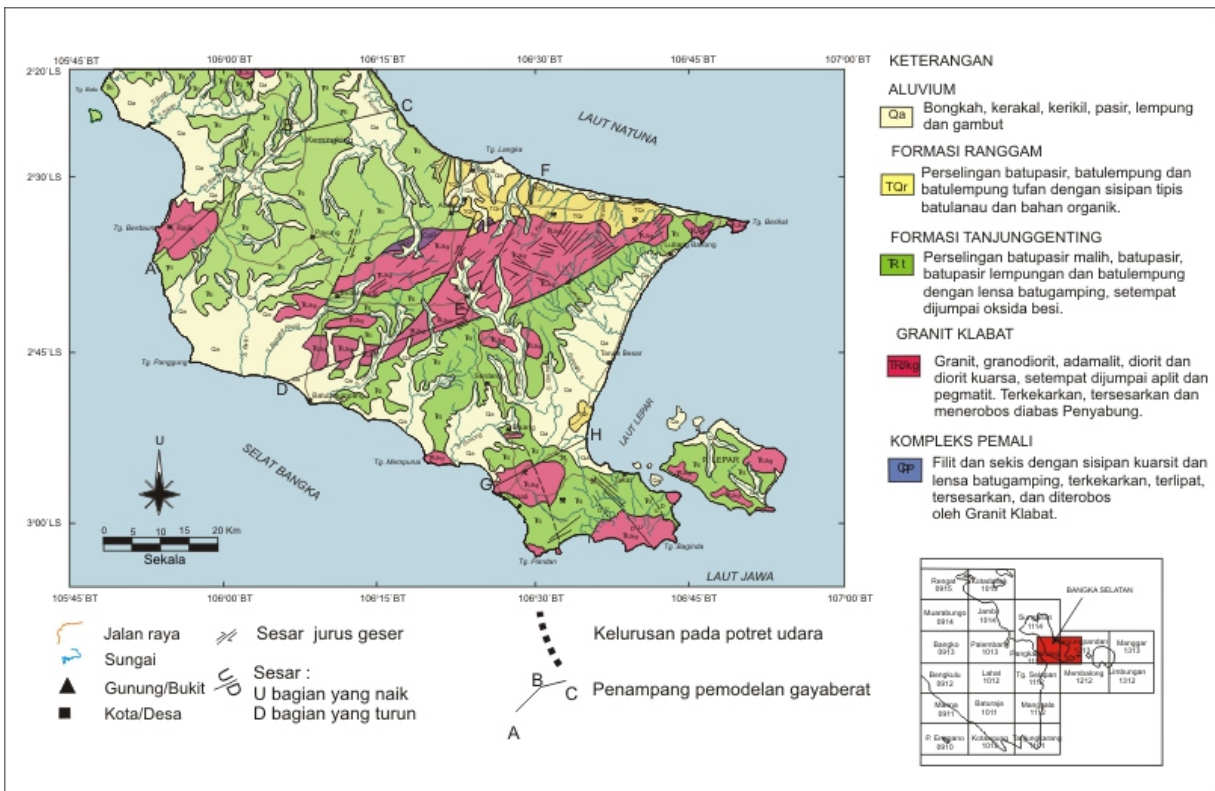
Daerah Bangka Selatan merupakan daerah busur kepulauan pada Zaman Trias (Katili, 1973). Tetapi menurut Lehman (1990), daerah ini termasuk ke dalam bagian sabuk timah Asia Tenggara yang memanjang dari Burma, Thailand, Semenanjung Malaya dan termasuk Bangka, Belitung dan pulau-pulau kecil lainnya.

Geologi Bangka Selatan pada dasarnya sama dengan geologi Bangka Utara (Gambar 3). Batuan tertua berupa Komplek Malihan Pemali (CPp) yang terdapat di bagian Bangka Utara (Mangga dan Jamal, 1994), berumur Permo-Karbon, terdiri atas batuan malihan berupa sekis, filit

dan kuarsit. Filit berwarna kelabu kecoklatan, struktur mendaun dan berurat kuarsa. Sekis, kelabu kehijauan, struktur mendaun, terkekarkan, setempat rekahnya terisi kuarsa atau oksida besi sedangkan kuarsit berwarna putih kotor, kecoklatan, keras tersusun oleh kuarsa dan feldspar. Komplek Pemali ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Tanjunggenting (T_{Rt}), berumur Trias, tersusun oleh perselingan batulempung, batupasir dan batupasir meta. Batuan Tersier yang dijumpai di daerah penelitian berupa Formasi Ranggam (T_{Qr}), terdiri dari perselingan batupasir, batulempung tuffan dengan sisipan batulanau dan bahan organik. Batuan terobosan yang dijumpai di daerah Bangka Selatan berupa Granit Klabat (T_{RJKg}), terdiri dari granit biotit, granodiorit, granit genesan. Granit biotit berwarna kelabu, tekstur porfiritik dengan butiran kristal berukuran sedang-kasar. Granodiorit berwarna putih kotor, berbintik hitam. Granit genesan berwarna kelabu dan berstruktur perdaunan. Umur satuan granit adalah Trias-Jura Awal (Graha, 1990). Granit Klabat ini menerobos Formasi Tanjung Genting dan Komplek Malihan Pemali.



Gambar 2. Sebaran batuan Pra-Tertier di Sumatera (Hutchison, 1980).

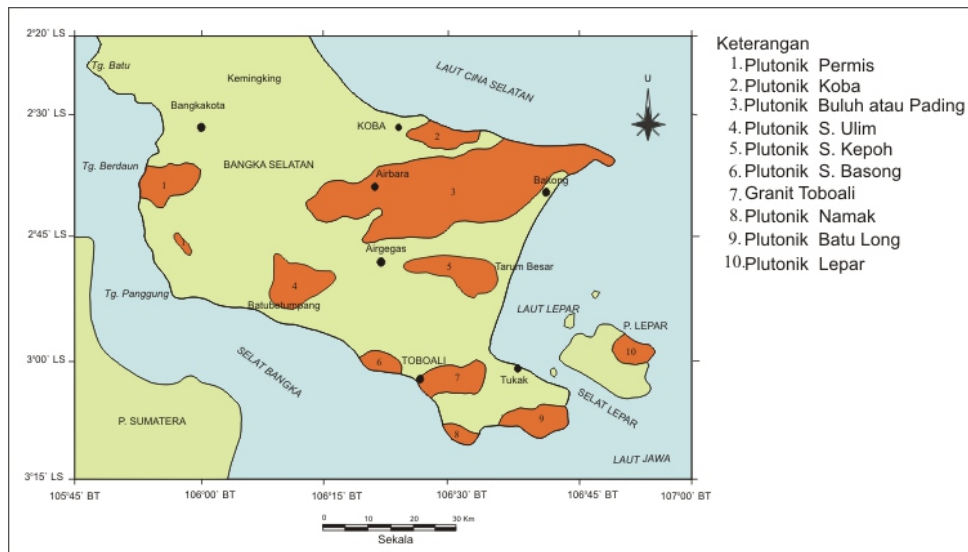


Gambar 3. Peta geologi Bangka Selatan, yang disederhanakan (Margono drr, 1995).

Berdasarkan jenisnya, batuan granitik di pulau Bangka dapat digolongkan ke dalam 2 tipe yaitu tipe batuan beku (*Igneous type*) dan tipe batuan sedimen (*Sedimentary type*) (Chappel & White, 1974) sedangkan Ishihara (1977) membagi dalam seri ilmenit dan seri magnetik. Djumhana (1995) mengelompokkan batuan granitik di daerah Bangka Selatan berdasarkan penyebarannya berupa Plutonik Permis, Plutonik Koba, Plutonik Buluh atau Pading, Plutonik S. Ulim, Plutonik S. Kepoh, Plutonik S. Basong, Granitik Toboali, Plutonik Namak, Plutonik Batu Long dan Plotonik Lepar. Batuan Kuarter ditemukan berupa lumpur, kerakal, kerikil, lempung yang terdapat sebagai endapan sungai, rawa dan pantai berupa Aluvium (Qa). Lumpur, lanau dan pasir yang berupa Endapan Rawa (Qs) dan Pasir Kuarsa (Qak) (Gambar 4).

Struktur yang terdapat di daerah Bangka Selatan berupa kelurusan, lipatan dan sesar. Kelurusan terutama pada granit dengan arah yang beragam. Lipatan terdapat pada satuan batupasir dan batulempung Formasi Tanjunggenting dan Formasi Ranggam. Sedangkan sesar yang

berkembang di daerah ini berupa sesar mendatar dan sesar normal. Sesar mendatar berarah timur laut-barat daya, sesar normal berarah barat laut-tenggara. Batuan ini menerobos batuan Komplek Malihan Pemali yang diperkirakan sebagai batuan dasar di daerah tersebut, yang membentuk kontak struktur, pada lapisan kontak struktur membentuk sedimen hasil rombakan dan pelapukan. Perombakan dan pelapukan batuan granit akan lebih efektif terjadi di alam apabila ditunjang oleh adanya pengaruh struktur sesar atau kekar di daerah tersebut. Seperti diketahui bahwa Pulau Bangka pada umumnya merupakan penghasil timah yang ditemukan dalam jebakan-jebakan endapan eluvial yang terendapkan di aliran sungai purba (Paleo-channel). Endapan timah merupakan hasil pelapukan rombakan yang terjebak di daerah sedimen berasal dari hasil pelapukan rombakan batuan granit yang telah mengalami proses kimiawi sehingga terjadi pengkonsentrasian bijih-bijih timah dan terendapkan dalam aliran-aliran sungai purba.



Gambar 4. Penyebaran batuan granitik di Bangka selatan (Djumhana 1995).

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Data gaya berat diperoleh dari hasil pengukuran pada titik pengamatan di daerah penelitian (Gambar 5). Selanjutnya data ini di proses menjadi peta anomali gaya berat dan telah dipublikasikan dalam bentuk Peta Anomali Bouguer Lembar Bangka Selatan, Skala 1:250.000 oleh Marzuki dr. (1995).

Anomali Bouguer hasil perhitungan, merupakan gabungan medan gaya berat yang diakibatkan oleh gabungan pengaruh struktur dangkal dan struktur dalam. Sehingga kadang-kadang anomali pengaruh tubuh massa batuan lokal, yang justru menarik secara eksplorasi menjadi sering tersamarkan. Oleh karena itu dilakukan pemisahan pengaruh regional terhadap anomali Bouguer dengan cara *surface fitting*. Pemisahan dilakukan dengan pendekatan *least square* (kwadrat terkecil) untuk mendapatkan *potential surface* yang mendekati nilai gaya berat pengamatan. Pemisahan ini menghasil nilai anomali sisa, selanjutnya dilakukan pengkonturan yang dapat dilihat pada Gambar 6.

PEMBAHASAN

Proses pengolahan data seperti dijelaskan di atas, menghasilkan nilai gaya berat yang disajikan dalam bentuk peta anomali gaya berat (Bouguer) dan peta anomali sisa (Gambar 5 dan 6).

Masing-masing peta ini memberikan ciri khas dalam kaitannya dengan

kandungan informasi, guna penafsiran aspek kebumiannya.

Anomali Bouguer

Nilai anomali Bouguer berkisar antara 17,0 - 46,0 mgal dengan selang kontur 1,0 mgal, dibedakan menjadi anomali rendah dan anomali tinggi (Gambar 6). *Anomali rendah*, dengan nilai < 30,0 mgal digambarkan berwarna kuning sampai merah, dengan pelamparan di beberapa tempat, yaitu di pantai timur Desa Lubang Bakong dan Desa Rangau yang menerus kearah barat, Desa Airbara, Air Gegas sampai Desa Payung dan Desa Badenguna, berbelok kearah barat daya dan berakhir di sebelah timur laut Desa Batubetumpang. Anomali ini dijumpai pula di sebelah timur Kota Toboali dengan pelamparan sepanjang pantai Tanjung Pandan sampai Desa Tukak dan Tanjung Baginda. Anomali rendah dijumpai pula di daerah pantai barat yaitu di daerah Tanjung Berdaun. Di bagian utara (batas peta), anomali rendah ini dijumpai pula dan diperkirakan merupakan kelompok anomali rendah daerah Gunung Mangkol (Simamora, 2007). Pada peta geologi (Gambar 3), anomali rendah ini di dominasi oleh batuan terobosan Granit Klabat (TRJkg). Dari kenyataan ini, anomali Bouguer rendah yang terdapat di daerah Bangka Selatan ini dapat diartikan sebagai pengaruh dominasi medan gaya berat batuan terobosan Granit Klabat seperti yang terdapat di daerah Bangka Utara (Simamora, 2007). Pada peta geologi

(Gambar 3), di daerah Tanjung Mempunai dijumpai pula batuan terobosan Granit Klabat (Plutonik S. Basong, Djumhana 1995), tetapi nilai anomali rendah tidak tercermin di daerah tersebut justru anomali cenderung tinggi, kemungkinan Granit Klabat yang terdapat di daerah tersebut tidak sama dengan batuan terobosan yang terdapat di tempat lain di daerah tersebut.

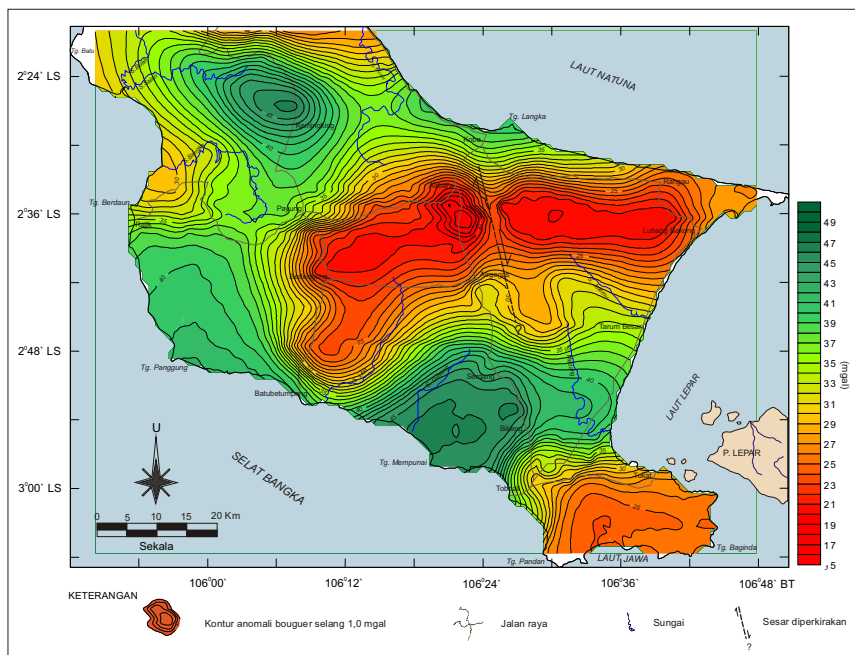
Anomali tinggi, dengan nilai > 30,0 mgal digambarkan berwarna hijau. Anomali ini di jumpai di bagian selatan, barat dan utara daerah penelitian (Gambar 6).

Di bagian selatan, pelamparannya dimulai dari pantai Desa Tarum Besar dan pantai sebelah utara Desa Tukat, terus ke arah barat, melintasi Desa Bikang, Desa Serdang sampai pantai Tanjung Mempanai. Membentuk tinggian anomali dengan puncak tinggian di sekitar Tanjung Mempanai dan Desa Bikang, dengan sumbu berarah hampir barat timur. Anomali ini berlanjut ke arah pantai barat, melalui Desa Batubetumpang dan Desa Rajik melintasi Tanjung Panggung. Di sebelah timur Desa Rajik anomali berbelok kearah utara melewati Desa Payung dan melebar ke arah timur dan barat. Anomali ini membentuk tinggian anomali dengan bersumbu barat laut-tenggara dengan puncak tinggian mencapai 46,0 mgal di dekat Desa Kemingking. Di permukaan, pelamparan anomali tinggi ini didominasi oleh batuan

Formasi Tanjung Genting (T_{Rt}) yang terdiri dari perselingan batupasir malih, batupasir, batupasir lempungan dan batulempung, Formasi Ranggam (T_{Qr}) terdiri dari perselingan batupasir, batulempung, batutufaan dengan sisipan tipis batulanau bahan organik dan Aluvium (Q_a).

Anomali dengan nilai tinggi yang mendominasi penyebaran Formasi Ranggam dan Formasi Tanjunggenting diperkirakan tidak hanya pengaruh dari medan gaya berat kedua Formasi tersebut tetapi juga dipengaruhi oleh batuan dengan rapat massa yang lebih tinggi yang mengalasi kedua formasi tersebut. Diperkirakan batuan tersebut adalah batuan Komlek Malihan Pemali (C_pP). Hal ini dibuktikan oleh adanya singkapan batuan tersebut di sebelah tenggara dan barat daya Desa Airbara (Gambar 3).

Di sebelah timur Desa Air Bara dan Airgegas terjadi pembelokan kontur anomali yang cukup tajam pada anomali rendah berarah hampir barat laut-tenggara sehingga seolah olah terbentuk dua cekungan anomali rendah di daerah ini. Pembelokan anomali ini diperkirakan akibat adanya sesar dexstral pada batuan terobosan Granit Klabat. Hal ini diduga sebagai pemicu terjadinya sesar-sesar pada batuan granit di daerah tersebut (Margono drr. 1995).



Gambar 5. Peta kontur anomali gayaberat daerah Bangka Selatan (Marzuki, drr, 1990).

Anomali Gayaberat Residual

Anomali gayaberat residual menggambarkan efek struktur geologi yang lebih dangkal, anomali tersebut diperoleh dengan pengurangan anomali gaya berat regional terhadap anomali gaya berat (Gambar 6). Anomali gayaberat residual daerah penelitian berkisar antara -8,5 mgal dan 5,0 mgal, memperlihatkan beberapa bulatan anomali positif dan negatif. Bulatan anomali positif diperkirakan sebagai refleksi dari batuan dengan rapat massa yang lebih tinggi dari Komplek Malihan Pemali yang diperkirakan lebih dekat kepermukaan. Seperti telah dijelaskan pada pembahasan anomali Bouguer di mana anomali rendah mendominasi pelamparan batuan terobosan Granit Klabat, maka dapat diperkirakan bahwa anomali negatif pada anomali sisa merupakan pengaruh batuan terobosan Granit Klabat tersebut. Adanya landaian kontur yang cukup rapat antara kelompok anomali negatif dan anomali positif, ditafsirkan sebagai batas antara batuan Komplek Malihan Pemali dengan batuan terobosan Granit Klabat dan diduga berupa kontak sesar, maka daerah kontak sesar ini

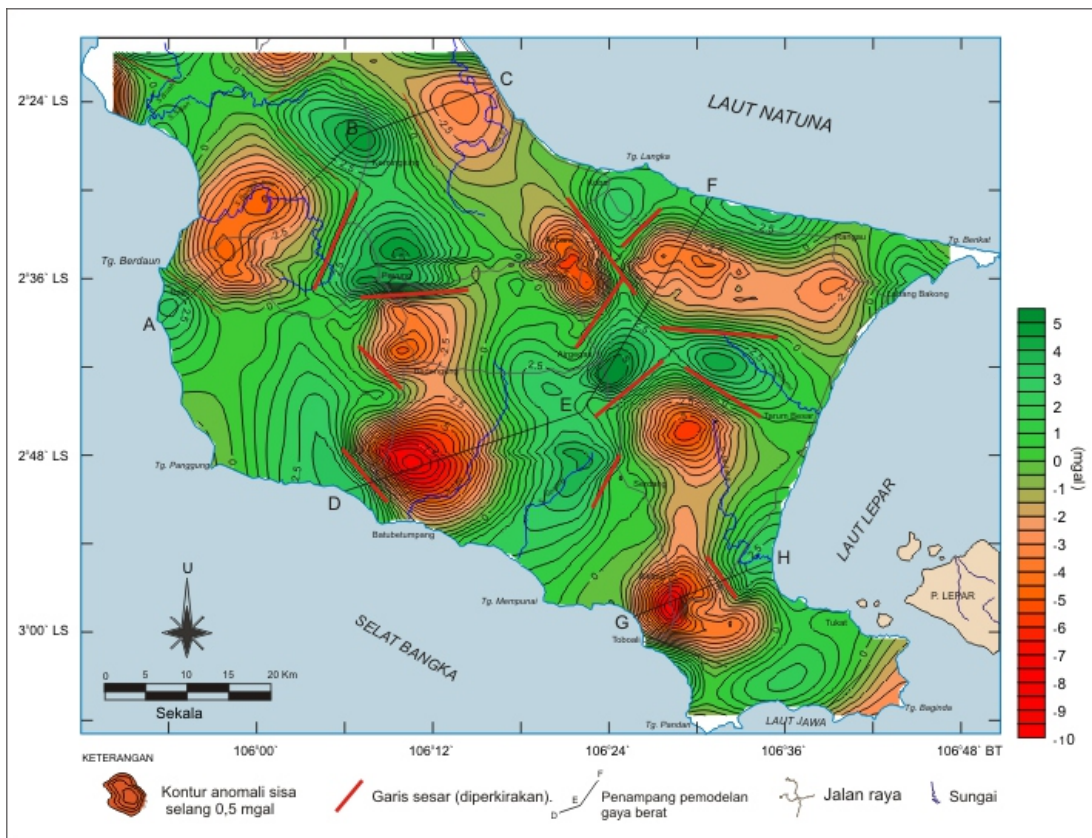
akan potensial endapan timah sekunder karena batuan terobosan (Granit Klabat) yang diperkirakan sebagai sumber terdapatnya endapan timah akan lebih mudah mengalami penghancuran dan pelapukan pada daerah kontak sesar tersebut.

Penafsiran Kuantitatif

Untuk mengetahui struktur bawah permukaan di daerah penelitian dilakukan penafsiran dengan cara pemodelan, mempergunakan Program Gravmag pada anomali sisa (Gambar 6). Penarikan penampang pemodelan dibuat berdasarkan pertimbangan kondisi geologi dan nilai kontur anomali yang dianggap menarik pada lintasan yang akan dilakukan pemodelan.

Penampang ABC

Penampang ini di tarik sepanjang 55,0 km (Gambar 6 dan 7). Memotong anomali sisa dengan nilai antara - 4,5 sampai + 5,0 mgal (Gambar 7) memperlihatkan kurva berbentuk undak dan cekungan anomali. Di permukaan, batuan yang tersingkap pada penampang ini terdiri



Gambar 6. Peta kontur anomali gayaberat residual daerah Bangka selatan.

dari batuan Formasi Tanjunggenting (T_Rt), Granit Klabat, (PT_RJkg) dan Aluvium (Margono, 1995).

Dengan memasukkan nilai rapat massa (ρ) = 2,50 gr/cc untuk Formasi Tanjunggenting, Granit Klabat ρ = 2,58 gr/cc sedangkan untuk aluvium karena dianggap tipis pengaruhnya dapat diabaikan. Hasil pemodelan memperlihatkan Formasi Tanjunggenting mempunyai ketebalan mencapai 1500 m, dialasi oleh batuan dengan rapat massa ρ = 2,69 gr/cc yang ditafsirkan sebagai batuan Komplek Malihan Pemali dan diperkirakan sebagai batuan dasar di daerah ini. Selanjutnya Komplek Malihan Pemali dan Formasi Tanjung Genting ini di terobos oleh batuan Granit Klabat yang tersingkap di sekitar Km 4 dan Km 14 pada gambar 9. Kontak antara batuan Granit Klabat dan Batuan Komplek Malihan Pemali, Formasi Tanjunggenting ditafsirkan sebagai kontak sesar dan diharapkan daerah yang prospek akan endapan timah sekunder.

Penampang DEF

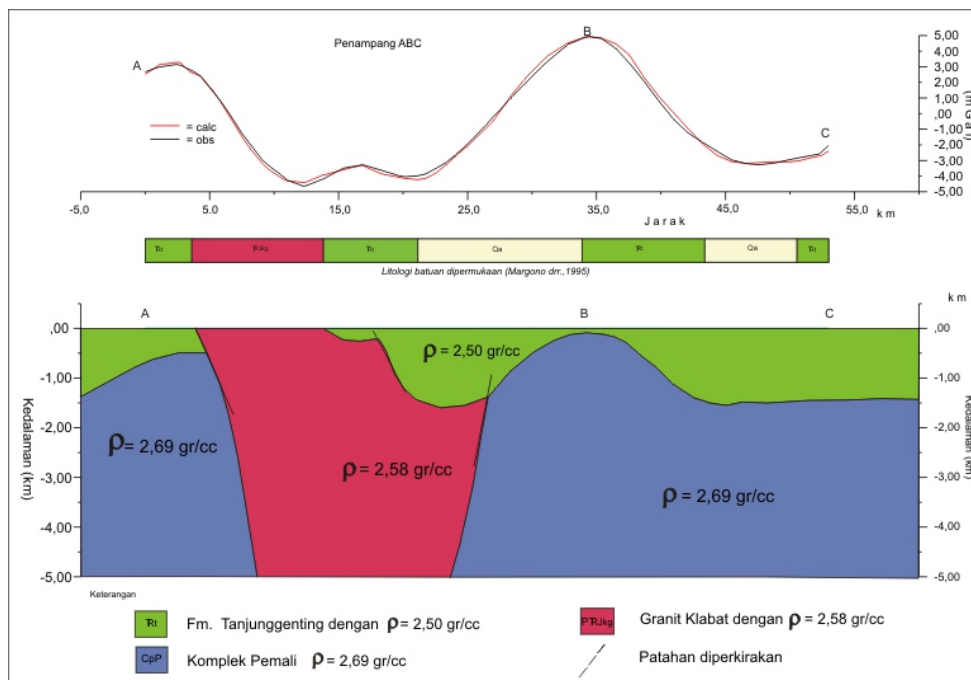
Penampang ini ditarik sepanjang 63,0 km (Gambar 6 dan 8) memotong nilai anomali sisa antara - 8,0 sampai + 5,0 mgal (Gambar 8), membentuk undak dan cekungan anomali. Dipermukaan, penampang ini didominasi oleh batuan

terobosan Granit Klabat, di bagian ujung penampang ditempati batuan dari Formasi Ranggam (Margono dr. 1995).

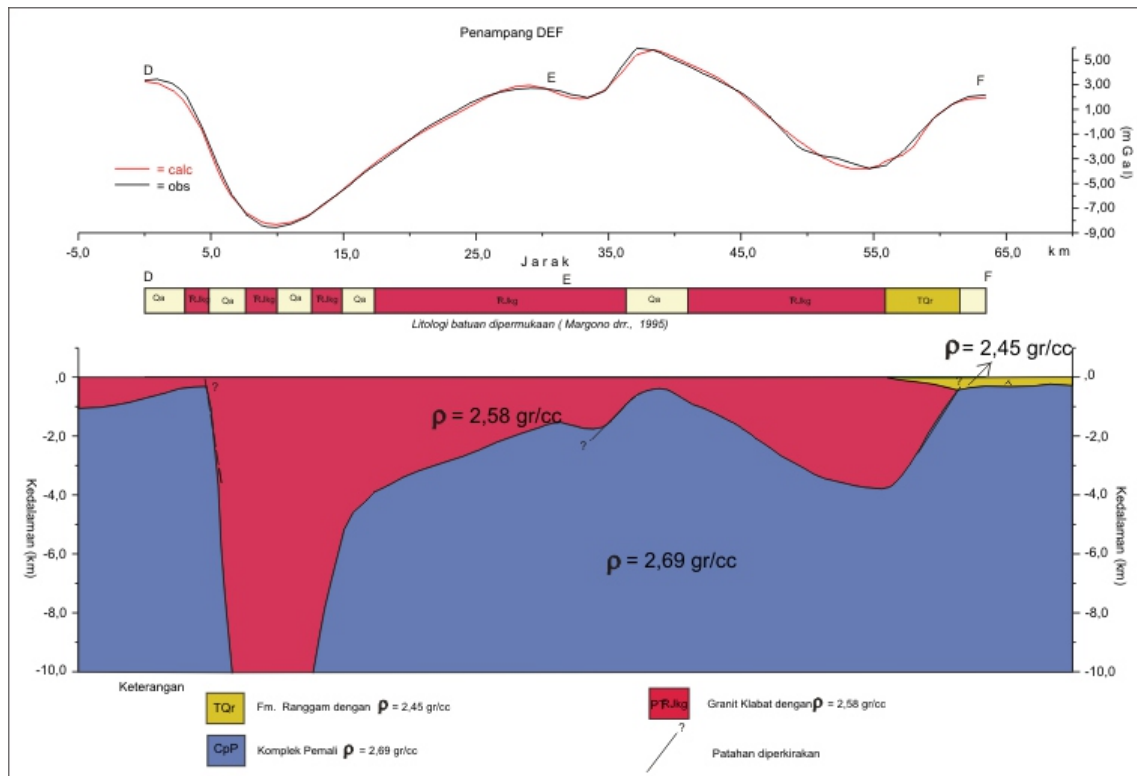
Hasil pemodelan pada penampang DEF memperlihatkan batuan dengan rapat massa 2,69 gr/cc yang ditafsirkan sebagai Komplek Malihan Pemali bertindak sebagai batuan dasar. Adanya anomali mencapai - 8.0 mgal membentuk cekungan anomali di Km 5 sampai Km 15 pada penampang DEF disebabkan oleh terobosan batuan berapat massa 2,58 gr/cc yang ditafsirkan sebagai Granit Klabat. Bentuk undak anomali di sekitar Km 25 sampai Km 58 yang mencapai 5,0 mgal ternyata diakibatkan oleh pengaruh batuan Komplek Malihan Pemali yang lebih dekat kepermukaan dan ditutupi oleh batuan Granit Klabat. Adanya penurunan anomali di lokasi ini (titik E pada kurva) diakibatkan adanya bentuk undulasi yang diperkirakan sebagai akibat adanya sesar pada batuan Komplek Malihan Pemali.

Penampang GH

Penampang ini di tarik sepanjang 19,0 km (Gambar 6 dan 9), memotong nilai anomali gaya berat sisa antara - 8,0 sampai 3,0 mgal (Gambar 9) membentuk seolah-olah cekungan anomali. Di permukaan, penampang ditempati batuan dari Formasi Tanjunggenting, Formasi Ranggam, Granit Klabat dan Aluvium (Margono dr. 1995).



Gambar 7. Peta kontur anomali gayaberat residual daerah Bangka selatan.



Gambar 8. Model Geologi bawah permukaan pada penampang D-E-F.

Hasil pemodelan memperlihatkan Formasi Tanjunggenting dengan rapat masa 2,50 gr/cc, yang tersingkap antara Km 9 sampai Km 15 mencapai ketebalan 1000 m di sekitar Km 9, dan menipis (membaji) kearah ujung penampang mencapai ketebalan sekitar 200 m di Km 15. Sedangkan lapisan dengan rapat massa 2,40 gr/cc terdapat antara Km 15 dan ujung penampang yang ditafsirkan sebagai Formasi Ranggam dengan ketebalannya kurang dari 200 m. Anomali mencapai - 8,0 mgal membentuk cekungan anomali dengan sumbunya di sekitar Km 4 dan Km 6 diperkirakan akibat pengaruh medan gaya berat dengan rapat massa 2,58 gr/cc yang ditafsirkan sebagai batuan terobosan granit Klabat sesuai yang tersingkap di permukaan. Batuan ini menerobos batuan Komplek Malihan Pemali yang diperkirakan sebagai batuan dasar di daerah tersebut.

Dari hasil pemodelan yang dilakukan pada tiga lintasan penampang yang telah dijelaskan di atas, kontak batuan antara Formasi Tanjunggenting, Komplek Pemali dan Granit Klabat diperkirakan sebagian besar sebagai kontak sesar, sehingga daerah kontak batuan ini merupakan daerah

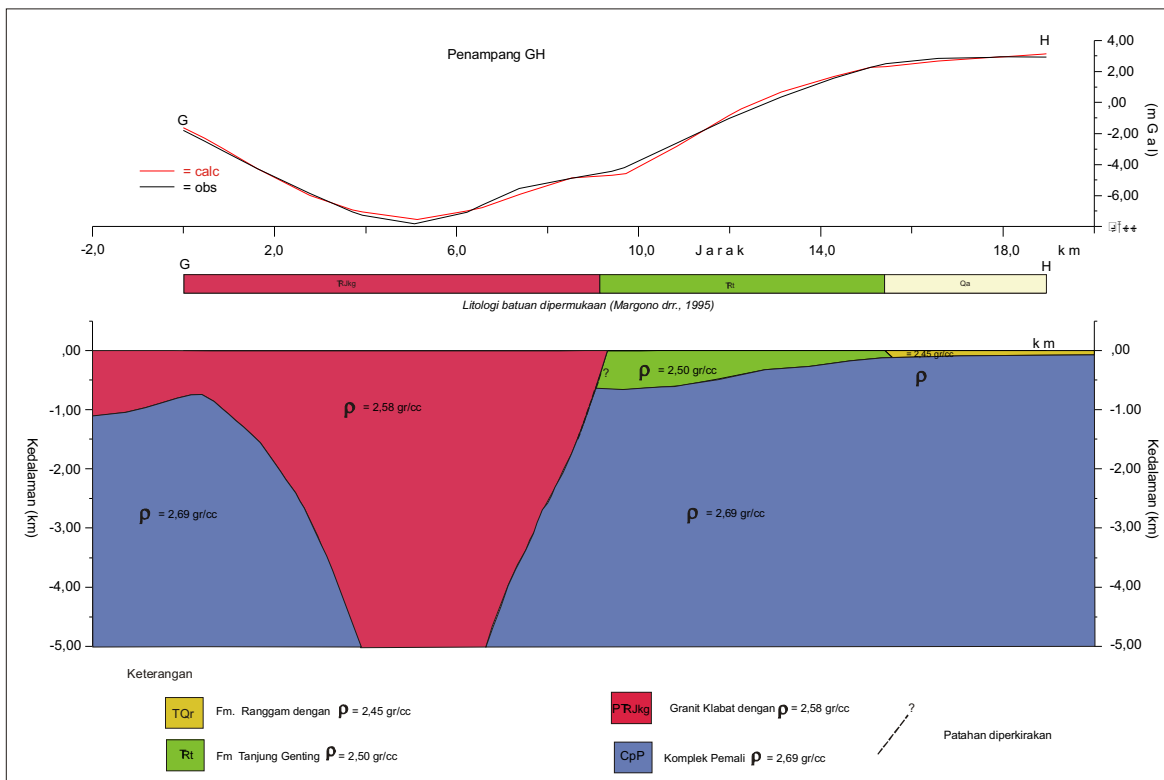
yang prospek untuk terdapatnya jebakan endapan timah.

KESIMPULAN

Pola anomali gayaberat daerah Bangka Selatan menunjukkan deliniasi sebaran batuan granit dengan nilai anomali lebih kecil dari 29 mGal, dengan arah barat – timur. Sedangkan pola anomali gayaberat residual menunjukkan penyebaran batuan granit lebih merata di bagian selatannya, yang dicerminkan oleh nilai nilai anomali lebih kecil dari 0 mGal. Zona sesar sebagai kontak struktur menempati kontur anomali gayaberat residual terletak pada kaki punggung anomali dengan nilai kontur 1 atau 2 mGal dan searah dengan cekungan anomali residual.

Pola struktur geologi di Bangka Selatan dicerminkan oleh kelurusan anomali yang yang berarah berarah baratdaya –timurlaut dan berarah baratlaut-tenggara. Pola struktur tersebut merupakan refleksi kontak struktur regional dan terobosan batuan Komplek Pemali.

Dengan analisis data gayaberat melalui pemodelan geologi bawah



Gambar 9. Model geologi bawah permukaan pada penampang G-H.

permukaan dan pola anomali gayaberat yang berhubungan dengan anomali rendah dan zona strukturnya, hubungan antara batuan Komplek Malihan Pemali, Formasi Tanjunggenting dengan batuan terobosan Granit ditafsirkan sebagai kontak sesar.

Analisis kualitatif pada penampang anomali gayaberat residual memperlihatkan rapat massa 2,69 gr/cc ditafsirkan sebagai Komplek Pemali merupakan batuan yang mengalasi daerah tersebut. Nilai rapat massa 2,58 gr/cc merupakan batuan terobosan yang ditafsirkan sebagai Granit Klabat. Komplek Pemali yang diterobos oleh batuan Granit Klabat, membentuk kontak struktur pada zona lemah sesar dan

hancuran, diduga sebagai daerah potensi endapan timah di Bangka Selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi dan Kepala Pusat Sumber Daya Geologi beserta staf, yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penulisan karya ilmiah di daerah Pulau Bangka bagian Selatan. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih kepada tim Editor dan Dewan Redaksi yang telah mengoreksi dan menerbitkan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Djumhana, D., 1995. Beberapa Aspek Petrologi Batuan Granitik di Daerah Bagian Barat P. Bangka, Kolokium Hasil Pemetaan dan Penelitian Puslitbang Geologi 1992/1993, *Publikasi Khusus No. 16*, 101-117, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Chappel, B.W., White A.J.R., 1974. *Two Contrasting Granite Types*, *Pacific Geology* 8, 173-174.
- Gafoer, S., Amin, T.C., Setyogroho, B., 1992. *Peta Geologi Indonesia, Lembar Palembang*, skala 1 : 1000.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPGe) Bandung.
- Hutchison, R.W., 1980. Massive base metal sulphide deposits as guides to tectonic evolution. In: Strangeway D.W (ed.), *The continental crust and its mineral deposits*. *Geological Association of Canada*, Special Paper 20. 659-684.

- Ishihara, S., 1980. Granite and Sn-W deposits of Peninsular Thailand, *Mining Geology Spesial Issue*. No. 8, 223-241.
- Lehmann, B., 1990. *Metallogony of tin lecture Notes in Earth Sciences*, 32. Springer-Verlag, Berlin.
- Margono, U., Supandjono. R.J.B dan Partoyo,E., 1995. *Peta Geologi Bangka Selatan, Sumatera*, skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG) Bandung.
- Marzuki, S., Manurung, A., Suharyono, S., Miranda, E. dan Walker, A., 1990. *Peta Anomali Bouguer Lembar Bangka selatan, Sumatera*, skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG) Bandung.
- Simamora, W.H., 2007. Penafsiran Struktur Bawah Permukaan Bangka Utara Berdasarkan Anomali Gaya berat, Pusat Survei Geologi, *Jurnal Sumber Daya Geologi Vol. XVII No. 3*, 163-177.

Diterima tanggal 10 September 2013 Revisi tanggal 6 November 2013
--

FASIES PENGENDAPAN BATUBARA SEAM X25 FORMASI BALIKPAPAN BERDASARKAN LOG INSIDE CASING DI DAERAH SEPARI, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Oleh:

*Dany Margaesa, **Vijaya Isnaniawardhani dan **Undang Mardiana

*PT Sinergy Consultancy Services

**Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor

SARI

Cekungan Kutai terletak di Kalimantan Timur menyimpan banyak kandungan sumber daya alam yang melimpah, seperti endapan batubara. Daerah penelitian secara geologi termasuk ke dalam Formasi Balikpapan yang dicirikan oleh keterdapatan litologi batupasir lepas (*loose sand*). Penggunaan *Log Inside Casing* merupakan salah satu solusi terbaik dalam pengambilan data *well logging* di Formasi Balikpapan ini untuk mengatasi beberapa kendala, seperti runtuhnya lubang bor dalam batuan sedimen lepas.

Dengan metode *Log Inside Casing* ternyata terjadi penurunan kualitas pembacaan *log* sekitar 50% terutama pada *Log Density*. Namun demikian *Log Gamma Ray* masih sangat baik digunakan dalam interpretasi tekstur batuan sedimen sehingga suksesi sedimen dapat dipelajari sebagai aplikasi dari elektrofases.

Batubara *seam X25* dibedakan menjadi dua fasies berbeda dan diendapkan pada lingkungan *Transitional Lower Delta Plain* yang dicirikan oleh pola fasies *crevasse splay*, *channel*, *levee* dan *interdistributary bay* berdasarkan model Horne (1978). Penelitian ini dapat mengoreksi korelasi litostratigrafi dan perhitungan sumberdaya batubara berdasarkan genesa batubaranya secara tepat, akurat dan ilmiah.

Kata kunci: Cekungan Kutai, *Delta Plain*, Elektrofases, *Log Inside Casing*.

ABSTRACT

Kutai Basin which is located in East Kalimantan stores a lot of natural resources like coal deposit. The research area is geologically included in Balikpapan Formation with characteristic of loose sand litology. Using Log Inside Casing is one of good solutions for well logging data acquisition in Balikpapan Formation to overcome any constrains like collapsed hole due to loose sediments.

Apparently, the Log Inside Casing Method has reduced almost 50% of log reading qualities. However, the Gamma Ray Log is still good to be used for the sedimentary rock texture interpretations, which therefore the sedimentary succession can be studied as an electrofacies application.

X25 seam coal is divided in two different facies and precipitated at the Lower Delta Plain Transitional environment which characterized by crevasse splay, channel, levee and interdistributary bay facies patterns based on the Horne Model (1978). Therefore, this research could correct the correlation between lithostratigraphy and coal resources which based on its coal origin which can be done correctly, accurately and scientifically.

Keyword: *Kutai Basin, Delta Plain, Elektrofases, Log Inside Casing.*

PENDAHULUAN

Keterdapatan batuan sedimen lepas seperti batupasir kuarsa pada Formasi Balikpapan merupakan salah satu kendala geologi dalam perolehan data pemboran dan

geofisika *well logging*. Tidak jarang operasi pemboran dan akusisi data geofisika *well logging* tidak dapat memenuhi target kedalaman yang diharapkan akibat runtuhnya batupasir di dalam lubang bor. Atas pertimbangan tersebut, maka

PT Sinergy Consultancy Services memilih metode *Log Inside Casing* untuk memberikan solusi terhadap permasalahan teknis tersebut.

Daerah penelitian ini terdiri dari tiga blok Kuasa Pertambangan (KP) yaitu Blok ABE (PT. Arzara Baraindo Energitama), JMB (PT. Jembayan Muarabara) dan KRA (PT. Kemilau Rindang Abadi). Secara geografis semua blok KP masuk ke dalam koordinat 00° 07' 10" - 00° 17' 30" LS dan 117° 04' 60" - 117° 12' 60" BT. Sedangkan secara administratif daerah penelitian masuk ke dalam wilayah Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur dengan total luas wilayah sekitar 12.000 Ha (Gambar 1).

Penelitian ini menggunakan beberapa data *proximate* batubara (*Ash* dan *TM*), *Total Sulfur*, maseral dan data *log* (*GR* dan *Density*) pada *seam X25* yang memiliki ketebalan cukup potensial (rata-rata tebal 2,2 meter). Variabel-variabel tersebut akan digunakan dalam menganalisis elektrofases dan lingkungan pengendapan batubara *seam X25*.



Gambar 1. Daerah Penelitian

Log Gamma Ray (GR) dan *Density* merupakan salah satu alat log yang sering digunakan dalam eksplorasi batubara. Namun dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah berasal dari akuisisi *inside casing*. Metode *Log Inside Casing* merupakan salah satu metode akuisisi dari geofisika *well logging* yang biasa digunakan

jika akuisisi mengalami kendala teknis pada lubang bor. Secara teknis metode ini adalah merupakan perekaman data *log* melalui *casing/pipa* besi dengan ukuran tertentu, sehingga *probe* (alat *logging*) dapat keluar masuk pipa dengan mudah dan aman. *Casing* yang digunakan adalah pipa bor berukuran diameter 6 mm (NQ) yang digunakan langsung pada saat pemboran. Dengan demikian resiko akan terjepitnya *probe* akan semakin kecil dan data *log* dapat diperoleh dengan lengkap sesuai kedalaman lubang bor.

Penggunaan metode *Log Inside Casing* tentunya memiliki dampak negatif dalam hal kualitas *output* data yang dihasilkan, terutama pada *Log Density*. Hal ini dikarenakan *Log Density* sangat terpengaruh oleh kualitas dinding lubang bor akibat penggunaan *casing* tersebut. *Casing* akan menjadi perisai (*shielding*) dalam proses emisi radiasi sinar *gamma* ke dalam batuan di dalam lubang bor dari sumber radioaktif. Beberapa hal tersebut akan dibuktikan melalui pengujian dengan pendekatan kuantitatif (statistik).

Dengan demikian data yang sudah diperoleh tersebut dapat memberikan manfaat lain pada *geologist* dalam mempelajari fasies pengendapan melalui identifikasi elektrofases dari *log GR* dan memberikan tingkat kepercayaan tertentu dalam menarik korelasi litostratigrafi. Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui apakah pola *Log Gamma Ray* dan *Density* dengan metode *Log Inside Casing* dapat dipergunakan dalam menganalisis elektrofases.
2. Mengidentifikasi fasies pengendapan batubara *seam X25*, sehingga dapat mengkoreksi korelasi litostratigrafi yang sudah ada berdasarkan genesa batubaranya.
3. Mengidentifikasi lingkungan pengendapan batubara *seam X25*.

METODOLOGI

Fasies pengendapan dapat dianalisis melalui studi elektrofases. Elektrofases dianalisis dari pola kurva *log gamma ray (GR)*. Menurut Selley (1978. dalam Walker & James, 1992), *log gamma ray* mencerminkan variasi batuan dalam suatu suksesi ukuran besar butir yang

menunjukkan perubahan energi pengendapan (Levy, 1991).

Beberapa pola respon *log* dari Walker & James (1992) akan dipergunakan dalam perbandingan pola *log* pada litologi pengapit batubara *seam* X25 seperti batupasir dan batulempung. Dengan demikian kita dapat mengidentifikasi fasies *crevasse splay*, *channel*, *swamp*, *levee* dan *inter distributary bay* sebagai sub lingkungan *delta plain* (Gambar 2).

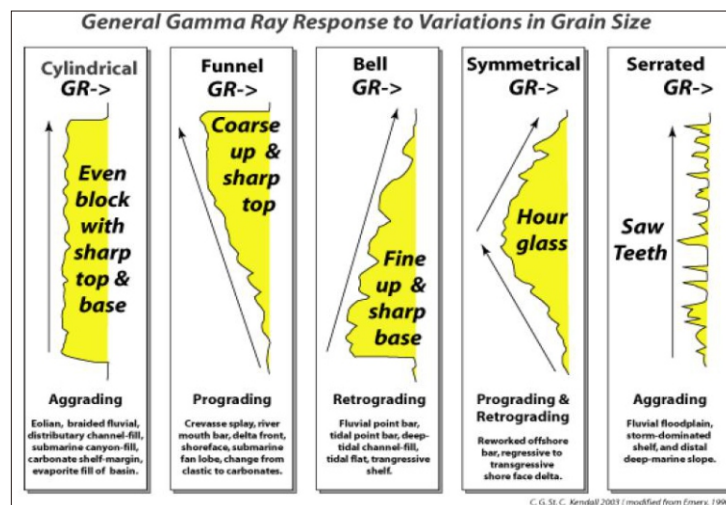
Log Gamma Ray adalah *log* yang menggunakan sinar *gamma* sebagai alat untuk mengukur tingkat radiasi unsur radioaktif yang ada dalam setiap formasi yang dilaluinya. Prinsip terpenting dari *log* GR ini adalah suatu perekaman tingkatan radiasi alami dari suatu lapisan, tingkatan radiasi itu terjadi akibat adanya unsur-unsur radioaktif yang ada di dalam lapisan bumi, diantaranya unsur - unsur Uranium (U), Thorium (Th), dan Pottasium (K). Batubara biasanya mempunyai respon *natural gamma ray* yang rendah, karena batubara murni mengandung unsur - unsur radioaktif alami yang rendah.

Sedangkan *Log Density* merupakan suatu *tipe log* porositas yang mengukur densitas elektron suatu formasi. Prinsip pencatatan dari *Log Density* adalah suatu sumber radioaktif yang dimasukkan ke dalam lubang bor mengemisikan sinar *gamma* ke dalam formasi. Pada formasi tersebut sinar *gamma* akan bertabrakan dengan elektron sebagai fungsi langsung dari jumlah elektron di dalam suatu formasi.

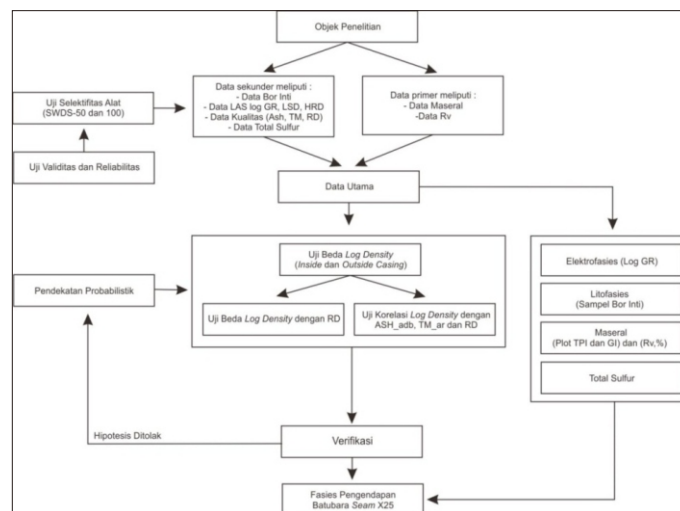
Tiap-tiap lingkungan pengendapan menghasilkan pola energi pengendapan yang berbeda. Pada penelitian ini pengelompokan fasies berdasarkan sifat kelistrikan batuan (elektrofasies) diperoleh dari pola kurva *Log Gamma Ray*, dimana teknis analisisnya dibagi berdasarkan pembagian blok dari analisis kuantitatif. Kurva *log* akan dikalibrasikan dengan beberapa hasil deskripsi batuan dari bor inti, sehingga fasies batubara dapat teridentifikasi. Analisis litofasies ini berasosiasi dengan lingkungan pengendapan tertentu berdasarkan kesebandingan model Horne (1978).

Metode akuisi *log* di dalam pipa (*inside casing*) dengan *log* di luar pipa (*outside casing*) akan dilakukan uji beda dua sampel berpasangan. Dengan demikian akan diperoleh nilai signifikansi dari kedua populasi data tersebut. Beberapa variabel *proximate* batubara yang diduga memiliki hubungan erat dengan *Log Density* seperti abu (*Ash*) dan kelembaban (*Total Moisture*) juga akan dilakukan uji korelasi. Pendekatan kuantitatif ini adalah sebagai upaya untuk memberi dukungan dalam interpretasi fasies pengendapan lapisan batubara tersebut.

Untuk memudahkan interpretasi, area penelitian ini dibagi menjadi tiga blok berdasarkan penyebaran data yang ada. Koefisien korelasi (R) yang diperoleh dapat membantu menginterpretasikan serta memberikan indikasi anomali sebagai salah satu variabel dalam analisis fasies pengendapan batubara pada *seam* tersebut.



Gambar 2. Pola Respon dari *Log Gamma Ray* Secara Umum Terhadap Variasi Ukuran Butir (Walker & James, 1992)



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Kriteria utama pengenalan lingkungan pengendapan delta telah dikemukakan oleh Horne (1978). Identifikasi lingkungan pengendapan purba dari sayatan stratigrafi berdasarkan variasi urutan batuan kemudian dibandingkan dengan sistem pengendapan untuk model endapan *fluvial, delta, dan barrier* modern (saat sekarang). selain itu analisis lingkungan pengendapan batubara *seam X25* akan didukung oleh data litofasies dari sampel bor inti (*coring*), kandungan sulfur dan kandungan maseral.

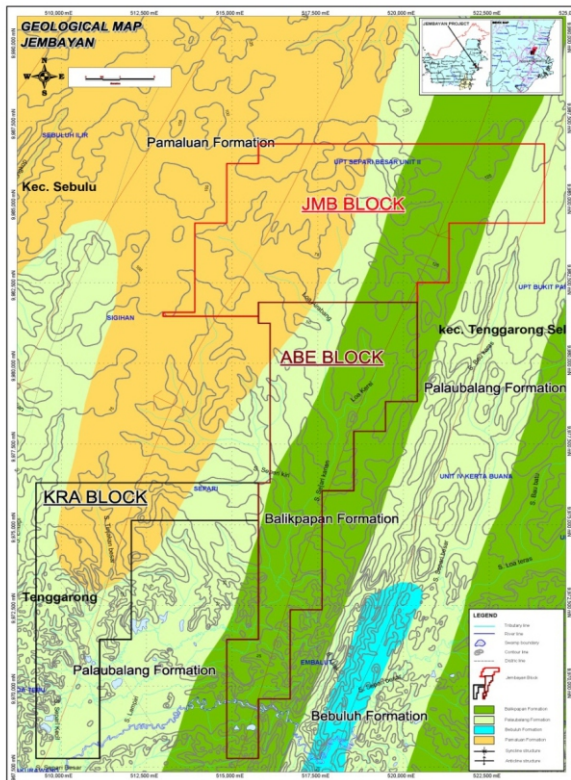
Untuk memberikan keyakinan terhadap hasil interpretasi dan pemenuhan verifikasi hipotesis, maka data *well logging* perlu diuji melalui pendekatan kuantitatif. Alat yang digunakan perlu dilakukan kalibrasi, uji validitas dan reliabilitas data. Dengan demikian keandalan/kesahihan dan kekonsistenan alat *logging* memiliki arti penting dalam perolehan hasil pembacaan *log* yang akurat dan terpercaya.

Tatanan Geologi Regional

Daerah penelitian termasuk dalam bagian Peta Geologi Lembar Samarinda skala 1 : 250.000 (Supriatna & Rustandi, 1995). Daerah ini merupakan bagian dari Cekungan Kutai. Cekungan ini terbentuk sebelum Eosen dan selama kurun waktu antara Eosen - Oligosen Bawah telah terjadi penurunan cekungan sehingga menyebabkan terjadinya genang laut yang terjadi dari arah timur ke barat. Peristiwa genang laut yang cukup lama ini menjadikan Cekungan Kutai merupakan cekungan yang mempunyai endapan sedimen yang tebal dan luas.

Secara regional daerah penelitian merupakan bagian dari Cekungan Kutai, dimana formasi yang menempati daerah penyelidikan merupakan batuan sedimen Tersier. Cekungan Kutai terisi oleh batuan sedimen sebagai pengisi cekungan diperkirakan mencapai tebal sekitar 7500 m yang diendapkan mulai dari lingkungan delta, laut dangkal hingga laut dalam. Peristiwa genang laut yang cukup lama ini menjadikan Cekungan Kutai mempunyai endapan sedimen yang tebal dan luas.

Beberapa formasi sebagai penyusun terdiri atas Formasi Pulau Balang, disusun oleh perselingan antara batupasir grewake dan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tufa dasit berumur Miosen Tengah. Pada bagian atasnya diendapkan Formasi Balikpapan yang berumur Miosen Akhir Bagian Bawah - Miosen Tengah Bagian Atas, berupa perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batulanau, serpih, batugamping dan batubara. Selanjutnya adalah Formasi Kampung Baru yang terdiri atas batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, lanau dan batubara berumur Miosen Akhir - Plio Plistosen. Endapan termuda yang terdapat di daerah penelitian adalah endapan aluvium, menempati daerah pinggir sungai besar, terdiri atas kerikil, pasir dan lumpur berupa lempung dan lanau, yang umumnya belum terkompaksi dan bersifat lepas.



Gambar 4. Peta Geologi Regional (Supriatna & Rustandi, 1995)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui nilai signifikansi dari perbedaan antara *Log Inside Casing* dan *Outside Casing* perlu dilakukan uji beda berpasangan. Hasil uji beda metode ini menggunakan model uji *Wilcoxon* (Sugiyono, 2009) dan diperoleh nilai signifikansi $\alpha < 0,05$ (Tabel 1).

Untuk menguji perbedaan *output* dalam penggunaan *Log Inside Casing* maka *Log Density* akan dilakukan uji beda terhadap nilai Densitas Relatif (RD). Tujuan pengujian ini untuk mengetahui apakah nilai densitas (*bulk density*) yang diukur oleh instrumen *logging* memiliki kesesuaian dengan nilai RD dari uji laboratorium, sehingga akan memberikan tingkat keyakinan tertentu dalam mendukung hasil interpretasi uji korelasi.

Hasil uji beda antara *Log Density* (hasil pembacaan) dengan RD (hasil laboratorium) terdapat perbedaan nilai yang signifikan, dimana semua nilai signifikansi yang diperoleh menunjukkan $\alpha < 0,05$ (Tabel 2). Dengan demikian nilai densitas batubara yang diperoleh dari akuisi *Log Inside Casing* tidak dapat dijadikan referensi atau prediksi nilai densitas batuan. Hal ini dikarenakan penggunaan *casing* mengakibatkan emisi radiasi terhadap batuan menjadi lemah. *Casing* besi bertindak sebagai *shielding* (perisai), sehingga nilai emisi radiasi terhadap batuan menjadi tidak sempurna. Sebagian emisi radiasi akan tertahan pada *casing* dan separuhnya dapat berpenetrasi pada batuan di dalam lubang bor sejalan dengan naiknya alat ke permukaan.

Berdasarkan data di atas, diperoleh informasi bahwa metode akuisi *Log Inside Casing* menunjukkan penurunan nilai *output* baik defleksi maupun nilainya. Hal tersebut sejalan dengan teori hamburan *Compton*.

Tabel 1. Hasil Uji Beda Selektifitas Metode Akuisi

Lbg. Tes	Log	Rata-rata Output		Model Uji	Sig.	Keputusan	Kesimpulan
		Inside	Outside				
1	GR	38,1432	42,5005	<i>Wilcoxon</i>	0,002	Tolak H ₀	Terdapat perbedaan nilai CPS signifikan
	LSD	1,4132	1,8284	<i>Wilcoxon</i>	0,000	Tolak H ₀	Terdapat perbedaan nilai gr/cc signifikan
	HRD	1,1254	1,6082	<i>Wilcoxon</i>	0,000	Tolak H ₀	Terdapat perbedaan nilai gr/cc signifikan

Tabel 2. Hasil Uji Beda Nilai *Log Density* dengan RD pada *Seam X25*

Lbg. Tes	Rata-rata (gr/cc)		Model Uji	Sig.	Keputusan	Kesimpulan
	Log	RD				
1	1,4061 (LSD)	1,3382	<i>Mann Whitney</i>	0,000	Tolak H ₀	Terdapat perbedaan nilai densitas log dan RD
	1,2472 (HRD)		<i>Mann Whitney</i>	0,000	Tolak H ₀	Terdapat perbedaan nilai densitas log dan RD

Menurut Compton (1923, dalam Moon, 2000) menyatakan bahwa akibat dari efek hamburan *Compton* dimana pada saat foton bertumbukan dengan elektron, maka foton akan dipantulkan dan mengalami penurunan energi.

Dari keterdapan data, hampir 95% data yang diperoleh adalah berasal dari metode *Log Inside Casing*. Dengan demikian peneliti tertarik untuk menggunakan data tersebut dalam mengkaji elektrofases, fasies serta lingkungan pengendapan batubara *Seam X25*.

Elektrofases Dengan Metode *Log Inside Casing*

Secara kualitatif *Log Gamma Ray* akan memberikan kualitas grafik *log* yang cukup baik dibandingkan dengan *Log Density*, meskipun akuisisi datanya menggunakan *inside casing*. Hal tersebut dikarenakan *log GR* memiliki tingkat kesensitifitas detektor yang cukup baik dalam pembacaan radiasi alam seperti unsur Uranium, Thorium dan Potasium.

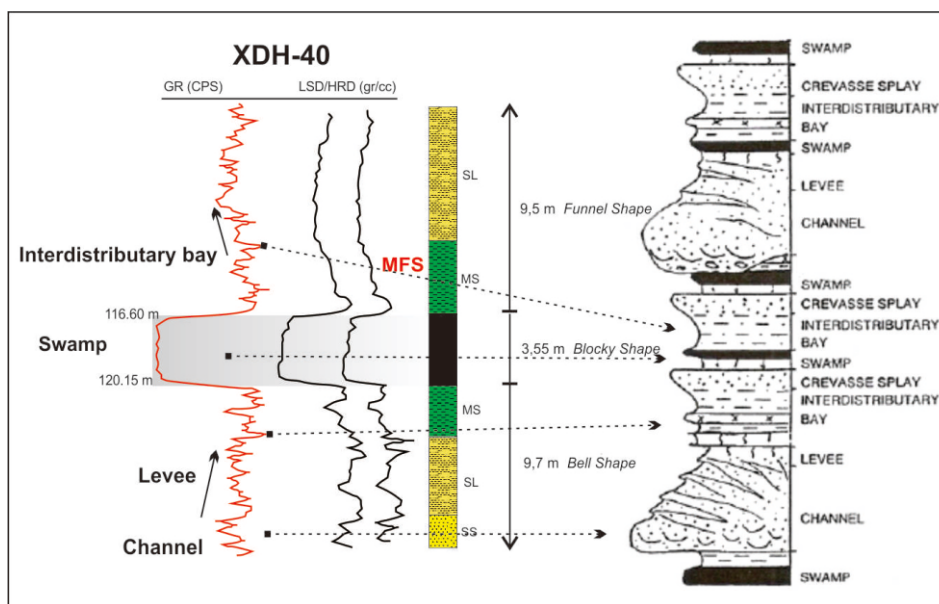
Tingkat keakuratan pembacaan terhadap litologi dari 40 sampel lubang bor diperoleh data bahwa keakuratan *log GR* adalah > 96,5%, dan *Log Density (LSD/HRD)* sebesar < 62%. Angka tersebut diperoleh dari *adjustment* terhadap litofasies pada 40 sampel bor inti (*coring*).

Analisis elektrofases ini akan menggunakan beberapa sampel lubang bor

inti (*coring*) yang diambil secara representatif. Pada Blok 1 dipilih lima lubang bor yaitu XDH-07, XDH-09, XDH-14, XDH-38 dan XDH-40. Pada Blok 2 dipilih tiga lubang bor yaitu XDH-10, XDH-02 dan XDH-12. Sedangkan di Blok 3 dipilih lima lubang bor yaitu XDH-21, XDH-26, XDH-19, XDH-24 dan XDH-35.

Berikut ini akan diperlihatkan beberapa lubang bor yang menunjukkan perbedaan pola *log* sebagai manifestasi penggunaan metode *Log Inside Casing*. Lubang bor XDH-40 dan 19 pada korelasi litostratigrafi, diduga berada dalam satu lapisan batuan yang sama. Analisis pola *log* tersebut akan dibandingkan dengan model Horne (1978) dan dikalibrasikan dengan sampel bor inti agar dapat memberikan keyakinan tertentu pada identifikasi litologi. Model Horne (1978) yang telah teridentifikasi dari pola *log* menunjukkan lingkungan *Transitional Lower Delta Plain*.

Perubahan pola *log GR* adalah identik dengan perubahan ukuran butir batuan sedimen dan memberikan informasi energi pengendapan pada saat itu. Pada lubang bor XDH-40 yang mewakili blok 1 memperlihatkan dominasi sedimentasi fluvial dengan ciri fasies batupasir *channel (blocky-bell)* dengan kisaran nilai 20-40 CPS dan *crevasse splay* dengan struktur sedimen mengkasar ke atas (*funnel*) dengan kisaran nilai 25-50 CPS. Energi sedimentasi



Gambar 5. Elektrofases Seam X25 Lubang Bor XDH-40

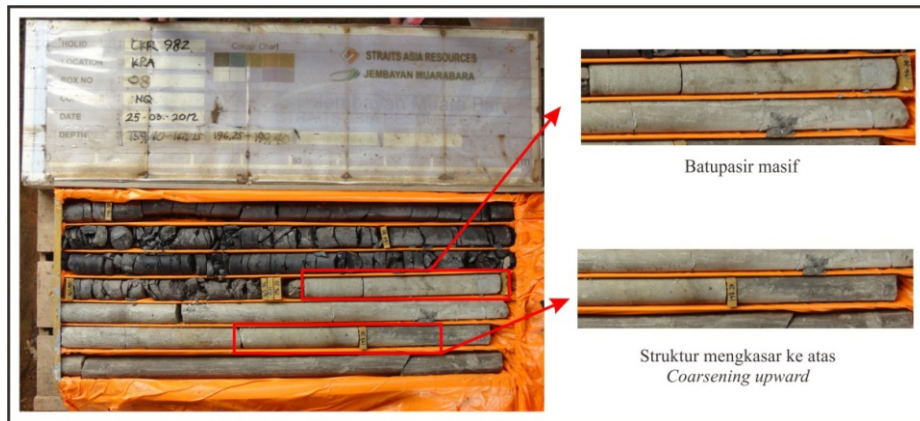
pengendapan batupasir tersebut identik dengan arus sedang-kuat. Sedangkan batubara seam X25 adalah *blocky shape* dengan ketebalan 3,55 m (Gambar 3). Beberapa tempat menunjukkan adanya parting batulempung.

Pada blok 2 dan 3, beberapa *log* menunjukkan perubahan struktur sedimen dari *coarsening upward* menjadi perselingan batulempung dan batupasir dengan ciri pola *log serrated*. Nilai CPS pola *log serrated* berkisar antara 40-75 CPS (Gambar 4).

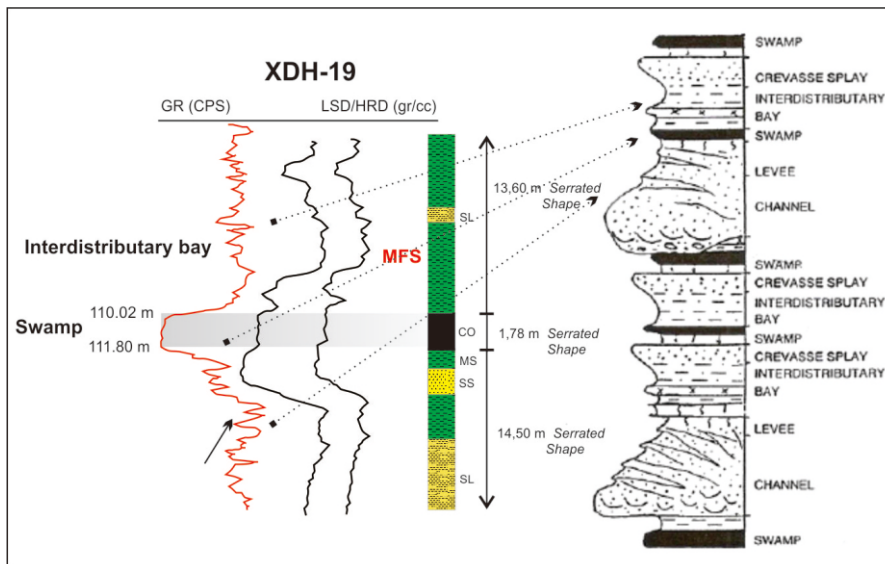
Fasies Pengendapan Batubara Seam X25

Identifikasi fasies pengendapan pada akhirnya dapat memberikan koreksi pada korelasi lapisan batubara yang sudah dibuat sebelumnya. Dengan demikian estimasi dalam perhitungan cadangan batubara pun akan lebih akurat berdasarkan kondisi geologinya.

Gambaran penyebaran lateral batubara seam X25 secara meliputi geometri dari beberapa lubang bor, sehingga bentuk cekungan dan suplai sedimen dapat



Gambar 6. Litofasies Lubang Bor XDH-40



Gambar 7. Elektrofasis Seam X25 Lubang Bor XDH-19.

Perubahan nilai ini mengindikasikan berkembangnya fasies batupasir *interdistributary bay* di atas lapisan batubara seam X25. Pola *log* ini dapat dikenali diantaranya pada lubang bor XDH-14 dan 19 (Gambar 7).

diinterpretasikan. Melalui analisis elektrofasis, secara vertikal dapat diidentifikasi bahwa batubara seam X25 dibedakan menjadi dua fasies pengendapan yaitu batubara seam X25 *lower* dan *upper*. Dengan demikian dapat diinterpretasikan

bahwa secara genesa pengendapan lapisan batubara seam X25 ini terbentuk oleh dua proses geologi yang berbeda. Fasies pengendapan batubara seam X25 dapat teridentifikasi dari beberapa hasil analisis elektrofases dan anomali pada uji korelasi *Log Density* terhadap *ASH_adb*, *TM_ar* dan *RD*. Fasies tersebut adalah fasies batubara seam X25 *lower* dan *upper* yang terpisah antara blok 1 dan 2 (Gambar 7).

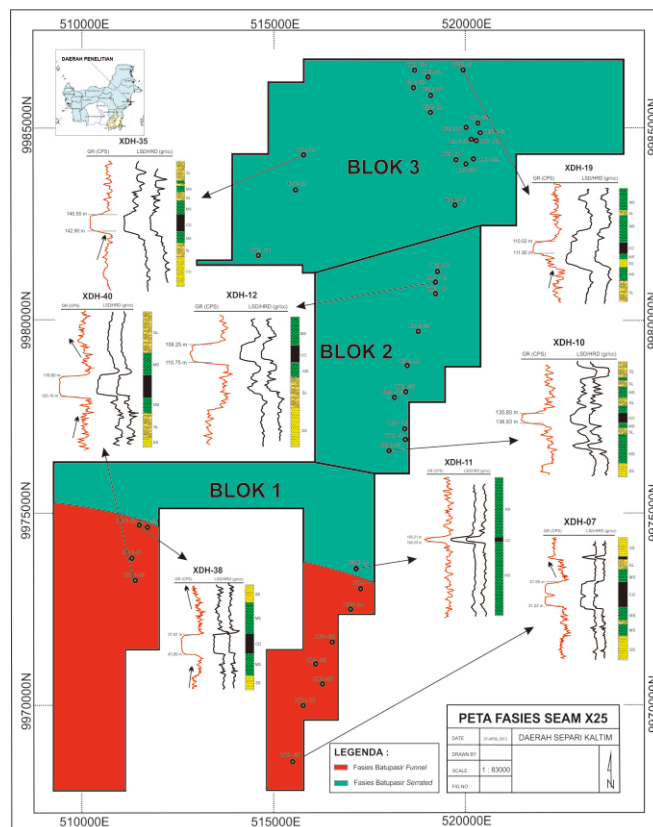
Log shape blok 2 dan 3 memperlihatkan pola yang berbeda dengan blok 1, hal ini diidentifikasi sebagai fasies pengendapan yang berbeda. Identifikasi endapan *channel* dan *interdistributary bay* masih muncul hanya saja secara vertikal fasies batulempung menebal menunjukkan suksesi pengendapan yang dipengaruhi oleh sedimentasi oleh arus tenang. Pada umumnya deskripsi batubara seam X25 ini adalah berwarna hitam, gores hitam kecoklatan, belahan *sub-conchoidal*, kilap hitam kusam, kekerasan *moderate-hard*, terdapat *cleat* dan resin/amber (getah damar) dan tidak ditemukan mineral pirit, memiliki ciri dengan pola *log blocky*.

Penyebaran ketebalan batubara seam X25 di daerah penelitian sangat

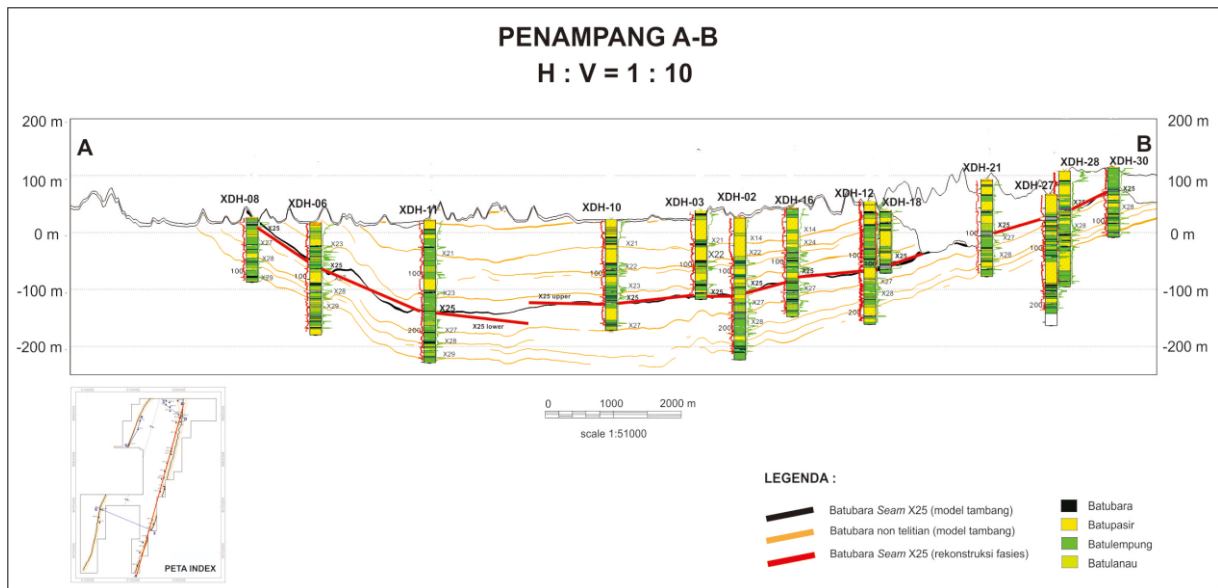
bervariasi dimana fasies batubara seam X25 *lower* dari 0,64 - 5,88 meter dan fasies seam X25 *upper* dari 0,3 - 4,72 meter. Terjadi penipisan lapisan batubara seam X25 ke arah utara daerah penelitian yang mengindikasikan adanya kontrol cekungan

Hasil korelasi litostratigrafi menunjukkan bahwa lapisan batubara seam X25 dimana 90% penyebarannya mengikuti pola lipatan sinklin dengan arah umum timur laut - barat daya, dengan kemiringan lapisan umumnya sekitar 15° dan bervariasi antara 8° - 60°. Jumlah seam yang dapat dikorelasikan di daerah penelitian adalah sebanyak 140 seam dan batubara paling tebal dapat mencapai 12 meter. Seam X25 salah satu seam batubara primadona yang menjadi target eksplorasi dan penambangan karena memiliki ketebalan dan spesifikasi kualitas pasar yang sangat baik dan potensial.

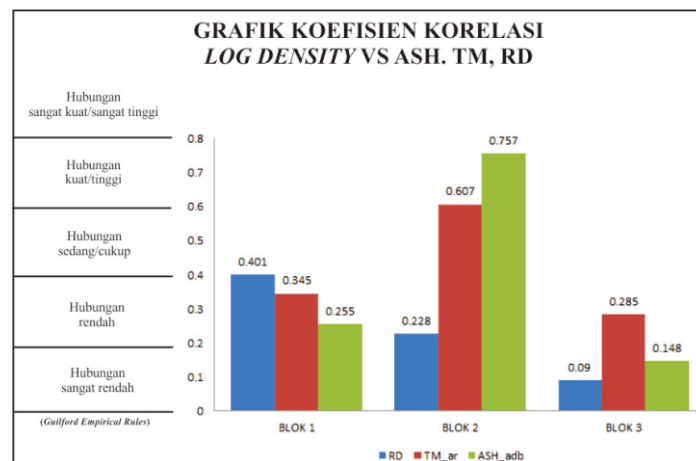
Dari hasil uji korelasi antara *Log Density* dengan *ASH_adb*, *TM_ar* dan *RD* diperoleh hasil bahwa terjadi perubahan koefisien korelasi antara blok 1 dan 2. Pada blok 2 terjadi keamatan hubungan *Log Density* dengan *ASH_adb* dan *TM_ar* dengan koefisien korelasi (R) sebesar 0,757



Gambar 8. Peta Fasies Daerah Penelitian



Gambar 9. Penampang A-B Seam X25



Gambar 10. Grafik Koefisien Korelasi Antar Blok.

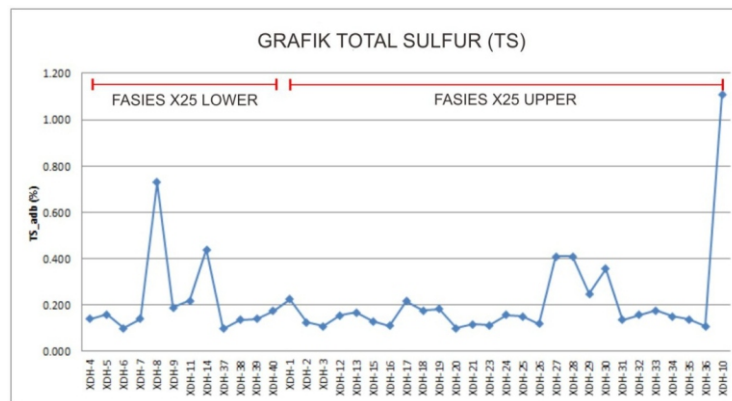
dan 0,607. Anomali tersebut mengindikasikan adanya perbedaan fasies yang berbeda dengan interpretasi korelasi sebelumnya. Dengan demikian analisis tersebut dapat mendukung analisis fasies pengendapan batubara pada seam X25.

Lingkungan Pengendapan Batubara Seam X25

Hasil analisis kimia fasies batubara seam X25 lower di daerah penelitian mempunyai nilai kalori antara 5677,67-6627,33 kal/gr, kelembaban total (TM) 11,66-28,64 %, kadar abu (Ash) 1,43-5,99 %, sulfur total (TS) 0,10-0,73 %, zat terbang (VM) 37,67-43,22 dan densitas relatif (RD) 1,32-1,37 gr/cm³.

Menurut Casagrande (1987, dan Meyers, 1982, dalam Anggayana & Widayat, 2007) batubara dengan sulfur tinggi akan didominasi oleh sulfur piritik. Sulfur piritik merupakan komponen sulfur yang mudah dijumpai dalam batubara baik secara mikroskopis maupun megaskopis (Anggayana & Widayat, 2007). Pirit dalam batubara dapat menjadi petunjuk untuk melakukan interpretasi fasies dan lingkungan pengendapan batubara.

Rata-rata kandungan total sulfur (TS) seam X25 lower sebesar 0,232 dengan standard deviasi 0,18% dan seam X25 upper sebesar 0,232 dengan standar deviasi 0,28%, nilai tersebut dikategorikan rendah (Gambar 10).



Gambar 11. Perbedaan Nilai Sulfur Antar Fasies Batubara.

Tabel 3. Parameter Skalar Grup Maseral Indikator TPI dan GI

No	Grup Maseral	No. Sampel				
		1	2	3	4	5
1	Vitrinit	96.6	92.1	93.7	93.6	95.5
2	Liptinit	1.2	1.6	1.9	1.9	0.8
3	Inertinit	0.9	2.9	2.6	2.1	1.1
4	Mineral Matter	1.3	3.4	1.8	2.4	2.6

Tabel 4. Parameter Skalar Sub Grup Maseral Indikator TPI dan GI

No	Sub Grup Maseral	No. Sampel				
		1	2	3	4	5
1	Telovitrinit	93.8	73.4	83.9	87.1	90.3
2	Detrovitrinit	2.4	18.2	9.1	5.9	4.4
3	Gelovitrinit	0.4	0.5	0.7	0.6	0.8
4	Telo-inertinit	0.8	2.7	2.3	1.7	1
5	Detro-inertinit	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2

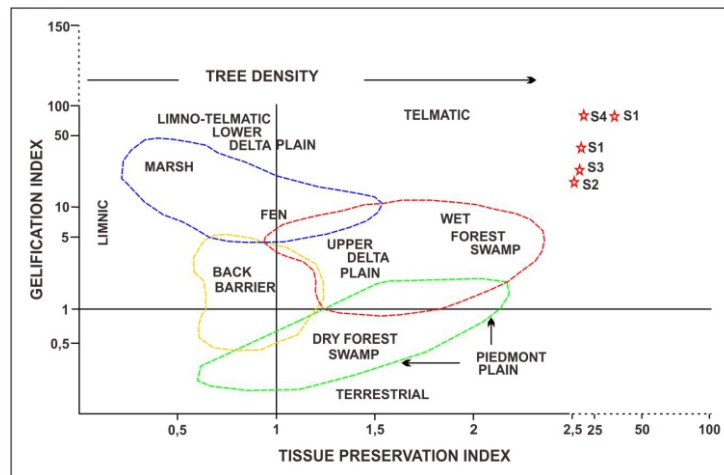
Tabel 5. Parameter Skalar Rata-rata Indikator Fasies

No	Sampel	TPI	GI	Rv max% (avg)
1	S1/X25	32.55	97.5	0.48
2	S2/X26	4.03	24.56	0.38
3	S3/X27	8.8	36.92	0.42
4	S4/X28	12.87	45.38	0.43
5	S5/X29	16.89	87.64	0.31

Kecilnya peningkatan persentase sulfur pada grafik di atas maka dianggap suplai sedimen relatif dominan dari lingkungan fluvial sehingga memperkuat interpretasi bahwa fasies pengendapan batubara seam X25 baik lower maupun upper adalah lingkungan *non marine*.

Berdasarkan sifat atribut maseral yang di sampling dari beberapa stasiun pengamatan di blok 3, dapat diperoleh informasi adanya perubahan lingkungan pengendapan secara berangsur dari blok 1

hingga 3. Sedangkan dari plot nilai TPI dan GI pada diagram Lamberson (1991, dalam Suwarna, 2006) menunjukkan hasil yang mendekati interpretasi lingkungan pengendapan pada batubara seam X25 upper ini. Dimana dari kelima titik sampel yang diplot jatuh pada daerah *wet forest swamp* di dalam lingkungan pengendapan *Upper Delta Plain* dengan kategori zona *telmatic*, lingkungan pengendapan ini menghasilkan gambut yang tidak terganggu dan terus digenangi air tawar atau air garam.



Gambar 12. Plot TPI dan GI Sampel Batubara Seam X25 pada Diagram Lamberson (1991)

Berdasarkan kesebandingan model Horne (1978), fasies batubara seam X25 upper masih masuk tergolong dalam kategori lingkungan pengendapan *Transitional Lower Delta Plain* seperti yang sudah diinterpretasikan sebelumnya melalui kajian elektrofases. Dengan demikian kajian lingkungan pengendapan batubara ini dapat membantu dalam mengestimasi kualitas batubara berdasarkan kemenerusan lapisannya. Di samping itu prioritas penambangan pada suatu daerah dapat dilakukan dengan akurat serta ilmiah dari aspek geologinya.

Dari plot nilai TPI terhadap GI pada diagram fasies (Diessel, 1986 dan Lamberson, 1991; dalam Heryanto, 2009) maka hasil analisis kuantitatif dari maseral telah memberikan gambaran fasies pengendapan yang sama jika kita kaitkan dengan hasil analisis berdasarkan *Total Sulfur (TS)* yang rendah, dimana batubara seam X25 terbentuk dari suplai sedimen organik pada lingkungan fluviatil. Lingkungan fluvial ini menyebabkan batubara kaya akan vitrinit dan juga kaya akan *mineral matter*, terutama lempung (Lamberson, 1991 dalam Suwarna, 2006).

KESIMPULAN

Beberapa simpulan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Melalui pendekatan kuantitatif penggunaan metode *Log Inside Casing* telah memberikan dampak yang cukup signifikan. Secara kualitatif *log GR* memiliki defleksi yang lebih baik

dibandingkan *Log Density* dengan tingkat kepercayaan > 95%, sedangkan *Log Density* sebesar < 60%. Penyebab buruknya kualitas *Log Density* akibat pengurangan energi radiasi sebesar 50,01% yang tertahan oleh casing besi saat akuisisi *well logging*. Di samping itu, *Log Density* sangat sensitif terhadap perubahan dimensi lubang bor akibat terbentuknya *cavity* pada dinding lubang bor. Beberapa pola *log* pada fasies batupasir kuarsa yang teridentifikasi adalah pola *funnel*, *bell*, *serrated* dan *blocky*.

2. Melalui analisis elektrofases, secara vertikal dapat diidentifikasi bahwa batubara seam X25 dibedakan menjadi dua fasies pengendapan yaitu batubara seam X25 lower dan upper. Dapat diinterpretasikan bahwa secara genesa pengendapan lapisan batubara seam X25 berbeda genesa geologinya. Dimana batubara seam X25 lower diendapkan pada daerah dengan arus relatif kuat dibandingkan dengan seam X25 upper. Hal tersebut terekam pada *Log Gamma Ray* sebagai penunjuk suksesi sedimentasi. Dengan demikian analisis fasies pengendapan menggunakan metode *Log Inside Casing* ini masih sangat layak digunakan dan berfungsi untuk mengkoreksi korelasi litostratigrafi yang sudah ada.
3. Dari kajian elektrofases yang telah dikoreksi terhadap litofases pada batubara seam X25 dari data bor inti (*coring*), maka dapat diinterpretasikan bahwa lapisan batubara ini diendapkan

pada lingkungan pengendapan *Transitional Lower Delta Plain*, berdasarkan kesebandingan model fasies Horne (1978). Hal tersebut didukung oleh rendahnya nilai rata-rata *Total Sulfur* dari kedua fasies batubara *seam X25* sebesar 0,232. Hal ini sejalan dengan hasil analisis sampel maseral batubara yang diwakili pada blok 3, yaitu bahwa dari kelima titik sampel yang diplot adalah jatuh pada daerah *wet forest swamp* dengan kategori zona *telmatic (Upper Delta Plain)*, dimana zona tersebut merupakan bagian dari lingkungan *delta plain*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Manajemen dan tim eksplorasi PT. Sinergy Consultancy Services yang telah memberikan sponsor dan bantuan teknisnya. Selain itu, ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada Prof. Dr. Ir. Hendarmawan, M.Sc, Dr. Ir. Emi Sukiyah, MT dan Ir. Andi Agus Nur, MT yang telah mendukung penelitian ini serta memberikan kritik, saran, dan diskusi yang mutakhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggayana, K. & Widayat, A. H. 2007. Interpretasi Fasies/Lingkungan Pengendapan Batubara dan Variasi Sulfur untuk Rekomendasi Strategi Eksplorasi. Bandung : FIKTM - ITB. hlm. 35-52.
- Heryanto, R. 2009. Karakteristik dan Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Tanjung di daerah Binuang dan sekitarnya, Kalimantan Selatan. Bandung : Pusat Survei Geologi. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 4 No. 4 : 239-252. hlm. 243.
- Horne, J. C. 1978. *Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region. American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 62, 2379-2411p.
- Moon, B. S. 2000. *A Design of Thickness Gauge Using The Compton Gamma Ray Backscattering, Korea Atomic Energy Research Institute. Jurnal of the Korean Nuclear Society*. Vol. 2 No. 5 : 457-458 p.
- Sugiyono. 2009. Statistik Untuk Penelitian. Bandung: Penerbit Alfabeta. hlm. 50-90.
- Supriatna & Rustandi. 1995. Peta Geologi Lembar Samarinda 1 : 250.000. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suwarna, N. 2006. *Permian Mengkarang Coal Facies and Environment, Based On Organic Petrology Study. Bandung : Center for Geological Survey*.
- Walker, R. G. & James, N. P. 1992. *Facies Models Response To Sea Level Change. Canada : Geological Association of Canada - Department of Earth Science*. 157 p.

<p>Diterima tanggal 10 September 2013 Revisi tanggal 30 Oktober 2013</p>
--

Armin Tampubolon (Pusat Sumber Daya Geologi)

THE INDONESIAN TITANIUM DEPOSIT TYPES AND THEIR RESOURCES: THE ASPECTS FOR TITANIUM COMMODITY DEVELOPMENT

BSDG November 2013 Vol. 8 No. 3 Hal. 100 - 109

Indonesia has several Titanium deposit types: beach placer, alluvial and lateritic types. The source of Titanium minerals in beach placer is derived from Tertiary Volcanic Rocks. The occurrence of alluvial Titanium deposit is closely associated with cassiterite (tin minerals) alluvial in Bangka-Belitung Islands. The source of Titanium minerals (ilmenite) are derived from weathering on tin mineralization hosted in metamorphic and granitic rocks within uplifted morphology areas.

Lateritic Titanium deposits are formed by lateritization process in association with bauxite and nickel in Riau, Kalimantan and Sulawesi Islands. The sources of Titanium are in granitic and metamorphic basement rocks.

Java beach placer resources are quite big in tonnage, nearly 50 million tons in total, with significant TiO₂ contents ranging from 8.91 % to 3.17 %. Beach placer along the south shoreline of Java seems to indicate consistency in their mineralogical and genetic types with relatively homogenous in TiO₂ contents.

Sumatra shows significant resources for lateritic Titanium deposit that is up to 107,800,859 tons with 0.5% to 15 % TiO₂. The quite interesting resources are indicated by very significant TiO₂ average (15%) with the total of 19,243,757 tons of lateritic deposit type in Bintan Island, Riau, Sumatra. The total resources of beach placer type deposits in Sumatra are much lower than lateritic ones.

Sulawesi has both beach placer and lateritic types where the interesting resources of this island are indicated by quite big resources and significant values in TiO₂ grades in North Sulawesi; the tonnage is up to 31,400,000 tons with TiO₂ content average is 9.85 %.

On the basis of resources and processing technologies, beach placer deposits in Sumatera, Java and Sulawesi are thought to have potentially economic significance. However, such available resources are needed to upgrade by performing detailed and systematic exploration. Government policies and environment concerns are important aspects for consideration in Titanium commodity development of this country.

Keyword : Beach placer, policy, resources, technology, titanium.

Dikdik Risdianto, Dudi Hermawan, Dedi Kusnadi, Muhammad Kholid, dan Yuano Rezky (Pusat Sumber Daya Geologi)

SIMULASI NUMERIK SISTEM PANAS BUMI BITTUANG KABUPATEN TANATORAJA, SULAWESI SELATAN

BSDG November 2013 Vol. 8 No. 3 Hal. 110 - 118

Simulasi numerik di daerah panas bumi Bittuang menggunakan program simulator TOUGH2 dengan Equation of State (EOS1), satu fasa, disusun berdasarkan konseptual model hasil survei geologi, geokimia, geofisika (3-G) dan pengeboran landaian suhu sumur BTG-1. Parameter yang digunakan antara lain permeabilitas, porositas, konduktivitas panas serta kapasitas panas batuan.

Susunan penyebaran litologi secara lateral dan vertikal berdasarkan grid blok serta tersusun menjadi beberapa lapisan mendekati model konseptual. Kondisi inisial dan batas kondisi diberikan berdasarkan data-data yang tersedia.

Hasil simulasi yang didapatkan setelah mengalami proses uji coba beberapa kali dengan merubah beberapa parameter simulasi dan hasil yang paling baik dikalibrasi dengan hasil pengukuran temperatur sumur pengeboran landaian suhu BTG-1 serta kemunculan manifestasi permukaan. Mengingat keterbatasan data yang dimiliki, hasil simulasi ini merupakan proses inisial (permulaan) simulasi untuk sistem panas bumi Bittuang dan masih harus dilakukan *update* berdasarkan data lanjutan.

Kata kunci : Bittuang, kondisi inisial, kondisi natural, panas bumi, simulasi numerik.

Yuanno Rezky dan Robertus S.L. Simarmata (Pusat Sumber Daya Geologi)

LANDAIAN SUHU DAERAH PANAS BUMI KEPAHANG PROVINSI BENGKULU

BSDG November 2013 Vol. 8 No. 3 Hal. 119 - 129

Satuan batuan penyusun sumur landaian suhu KPH-1 Kepahiang terdiri dari empat jenis batuan, yaitu : Andesit, Breksi Tufa, Skoria dan Basalt yang beberapa diantaranya terubah akibat aktivitas hidrotermal dengan intensitas lemah hingga sedang.

Berdasarkan kelompok mineral ubahan yang hadir, kedalaman 0 – 98,40 m merupakan *overburden*, kedalaman 98,40 – 452,20 m dikelompokkan kedalam lapisan penudung panas (*clay cap*) dengan tipe ubahan *argillic*. Indikasi munculnya kelompok mineral-mineral bertemperatur tinggi belum dijumpai hingga kedalaman terakhir, hal ini menunjukkan bahwa litologi sumur landaian suhu KPH-1 hingga kedalaman terakhir masih berada pada zona batuan penudung (*clay cap*).

Permeabilitas batuan dari beberapa conto inti bor terpilih berkisar antara 0,20 hingga 143,26 mDarcy dengan nilai tertinggi didapatkan dari conto inti bor di kedalaman 410 m. Sedangkan porositas antara 2,39 % hingga 21,53 % dengan nilai tertinggi juga didapatkan dari conto inti bor di kedalaman 410 m. Pada kedalaman ini batuan memiliki permeabilitas dan porositas baik.

Konduktivitas panas batuan pada sumur KPH-1 berkisar antara 1,43 – 1,77 W/mK. Temperatur formasi (*Initial Temperature*) di kedalaman 100 m, 257 m, 380 m, dan 450 m masing-masing adalah sebesar 20°C, 40,12°C, 52,66°C, dan 107°C. Nilai landaian suhu (*thermal gradient*) pada sumur KPH-1 sebesar 19,11°C/100 meter.

Kata kunci : Kepahiang, Landaian Suhu, Panas Bumi.

Tatang Padmawidjaja (Pusat Survei Geologi)

DELINIASI ENDAPAN TIMAH BERDASARKAN ANALISIS ANOMALI GAYABERAT DI DAERAH BANGKA SELATAN

BSDG November 2013 Vol. 8 No. 2 Hal. 130 - 140

Analisis data gayaberat untuk deliniasi endapan timah yang tersebar di Bangka Selatan telah dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Anomali gayaberat di daerah Bangka Selatan berkisar antara 17 sampai 46 mgal, dengan anomali gayaberat residual antara -8,5 mgal sampai 5,0 mgal. Anomali gayaberat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu kelompok anomali rendah dan kelompok anomali tinggi menjadi anomali gayaberat residual dibedakan dengan anomali positif dan anomali negatif.

Analisis kuantitatif dalam pemodelan geologi pada penampang anomali gayaberat residual menghasilkan lapisan batuan dengan rapat massa 2,69 gr/cc yang dapat ditafsirkan sebagai Batuan Komplek Pemali (CpP).

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : November 2013

ISSN 1907 - 5367

Komplek Pemali merupakan batuan yang mendasari daerah tersebut. Komplek Pemali ini diterobos oleh batuan dengan rapat massa 2,58 gr/cc yang ditafsirkan sebagai batuan terobosan granit (T_{RJKg}). Penerobosan ini diperkirakan melalui bidang lemah pada batuan Komplek Pemali yang ditafsirkan sebagai bidang sesar.

Oleh karena itu kontak antara batuan Komplek Pemali, Formasi Tanjunggending (T_{Rt}) dengan batuan terobosan granit ditafsirkan sebagai kontak sesar, yang diduga sebagai kontak yang berpotensi untuk ketersediaan endapan timah di daerah Bangka Selatan.

Kata kunci : Anomali sisa, Bangka, endapan timah, gaya berat, rapat massa.

Dany Margaesa
(PT Sinergy Consultancy Services)
Vijaya Isnaniawardhani dan Undang Mardiana
(Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran)

FASIES PENGENDAPAN BATUBARA *SEAM X25*
FORMASI BALIKPAPAN BERDASARKAN *LOG INSIDE*
CASING DI DAERAH SEPARI, KABUPATEN KUTAI
KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

BSDG November 2013 Vol. 8 No. 3 Hal. 141 - 152

Cekungan Kutai terletak di Kalimantan Timur menyimpan banyak kandungan sumber daya alam yang melimpah, seperti endapan batubara. Daerah penelitian secara geologi termasuk ke dalam Formasi Balikpapan yang dicirikan oleh keterdapatan litologi batupasir lepas (*loose sand*). Penggunaan *Log Inside Casing* merupakan salah satu solusi terbaik dalam pengambilan data *well logging* di Formasi Balikpapan ini untuk mengatasi beberapa kendala, seperti runtuhnya lubang bor dalam batuan sedimen lepas.

Dengan metode *Log Inside Casing* ternyata terjadi penurunan kualitas pembacaan *log* sekitar 50% terutama pada *Log Density*. Namun demikian *Log Gamma Ray* masih sangat baik digunakan dalam interpretasi tekstur batuan sedimen sehingga suksesi sedimen dapat dipelajari sebagai aplikasi dari elektrofases.

Batubara *seam X25* dibedakan menjadi dua fasies berbeda dan diendapkan pada lingkungan Transitional *Lower Delta Plain* yang dicirikan oleh pola fasies *crevasse splay, channel, levee* dan *interdistributary bay* berdasarkan model Horne (1978). Penelitian ini dapat mengoreksi korelasi litostratigrafi dan perhitungan sumberdaya batubara berdasarkan genesa batubaranya secara tepat, akurat dan ilmiah.

Kata kunci : Cekungan Kutai, *Delta Plain*, Elektrofases, *Log Inside Casing*.



Singkapan batuan metamorfosa, berupa sekis dengan sisipan urat – urat kuarsa, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. (Irwan Muksin, 2012)



Perubahan dari dingin menjadi panas menyebabkan retak mendatar. Sebaliknya, dari panas menjadi dingin menyebabkan pembentukan retak-retak radial pada batuan. Pelapukan mengulit bawang terdapat pada Formasi Sekala di daerah Lembang Manggau, Kecamatan Makale, Kab. Tana Toraja, Sulawesi Selatan. (Irwan Muksin, 2012)



Endapan travertine yang berlokasi di Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara. Mata air panas yang keluar di dinding sungai kecil, menghasilkan endapan tebal travertine yang berpadu dengan lumut yang berwarna hijau. (Dikdik Risdianto, 2013)



Hembusan uap di Fumarol Candradimuka, Gunung Lawu, Jawa Tengah-Jawa Timur. (Dudi Hermawan, 2012)



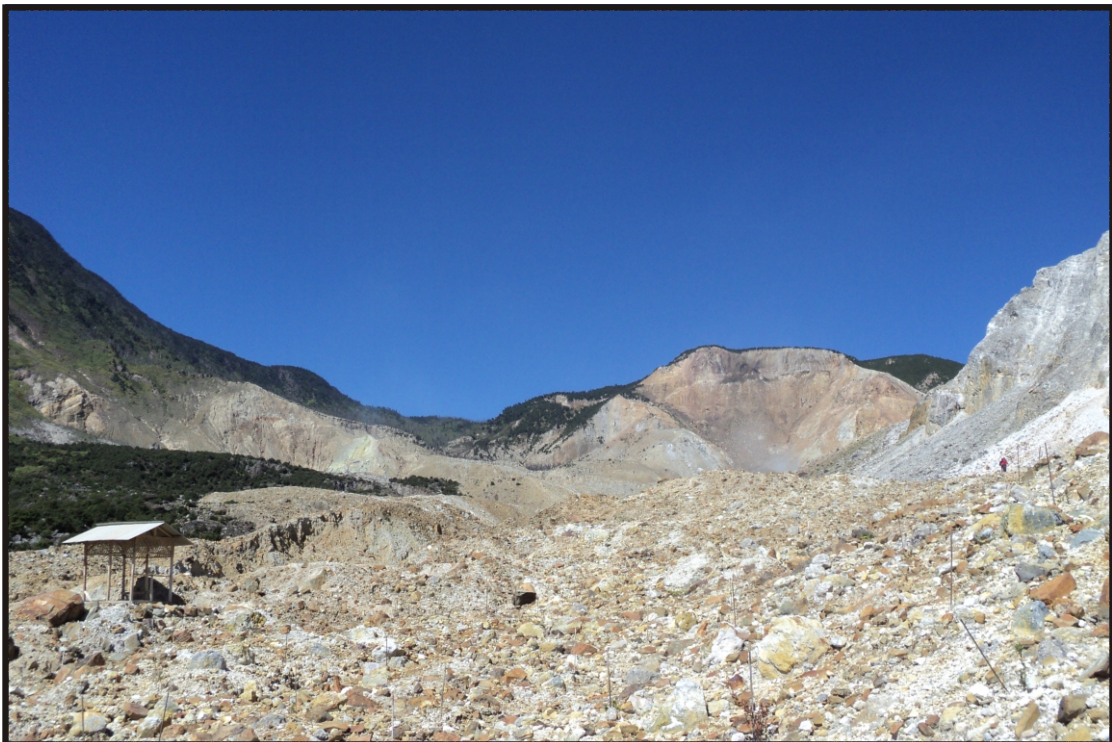
Penambangan mangan di Desa Supul, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur. (Bayu Sayekti, 2013)



Morfologi ini cukup dominan terlihat dan terbentuk akibat proses eksogen dan endogen dari Pulau Wetar, diambil fotonya pada saat perjalanan dari desa Esulik ke arah desa Lurang di Utara Pulau Wetar. (Robertus Simarmata, 2013)



Manifestasi panas bumi daerah Penabungan yang muncul di antara indahnya tebing.
(Muhammad Kholid, 2013)



Blue Sky, foto diambil pada saat kunjungan lapangan bersama tim WEST JEC, Jepang.
Diambil fotonya pada saat ke lokasi prospek panas bumi Gunung Papandayan,
Kabupaten Garut, Jawa Barat, yang merupakan daerah wisata alam Gunung Papandayan.
(Dikdik Risdiyanto, 2012)

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 Pusat Sumber Daya Geologi. Naskah yang diajukan belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada publikasi lain.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris sesuai kaidah masing-masing bahasa yang digunakan. Judul naskah ditulis dengan huruf besar (*capital*) di tengah atas halaman dan di cetak 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 dalam bentuk *electronic file* dan dicetak pada kertas HVS A4; 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 :

NO	POKOK BAHASAN	POKOK PIKIRAN
I	Judul (<i>title</i>)	Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 (lima) orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxsimile serta e-mail.
II	Sari dan Abstract	Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah seperti latar belakang (yaitu berupa alasan ilmiah ataupun alasan keperluan penting mengapa tulisan ini dipublikasikan), obyek yang diteliti, permasalahan riset, tujuan riset, kegunaan hasil riset, metode yang digunakan dalam mencapai solusi riset tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Sari dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara <i>Abstract</i> tercantum di bawah Sari; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan kata kunci/ <i>keyword</i> yang ditulis di bawah Sari/ <i>Abstract</i> , terdiri dari 4 (empat) hingga 6 (enam) kata. <i>Abstract</i> atau sari yang ditulis di bawah sari atau <i>abstract</i> menggunakan italic font
III	Pendahuluan (<i>Introduction</i>)	Bab ini dapat berisi latar belakang (alasan ilmiah dan maksud penelitian fenomena aktual bermasalah sebagai tema sentral penelitian), masalah aktual yang perlu solusi, pengantar tentang profil wilayah/lokasi kajian/riset, tujuan penelitian, spesifik, metode riset, hipotesis (kalau ada) dengan gaya bahasa lebih populer 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

IV	Metodologi	Metode yang digunakan harus spesifik dan jelas, mencakup uji- uji hipotesis atau model-model uji statistik, dapat menghimpun data primer/ <i>sampling</i> , cara pengukuran dan komputasi.
V	Hasil Analisis (<i>Results and Analysis</i>).	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
VI	Pembahasan atau Diskusi (<i>Discussion</i>).	Berisi tentang interpretasi dan bahasan singkat mengenai penjabaran hasil verifikasi/validasi yang ditekankan kepada kejelasan penelitian, keterlibatan aneka variabel dan peristiwa atau produk dari penelitian tersebut.
VII	Kesimpulan dan Saran. (<i>Conclusions and Recommendation</i>)	Berisi kesimpulan dan saran dari hasil uji hipotesis tentang penelitian, dan berisi segitiga konsistensi (masalah, tujuan dan kesimpulan)
VIII	Ucapan Terima Kasih (<i>Acknowledgements</i>)	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
IX	Acuan (<i>References</i>)	Acuan ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun (Harvard), nama penulis/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (surname), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (<i>italic font</i>)

Beberapa contoh penulisan sumber acuan :

Jurnal

Harvey, R.D. dan Dillon, J.W., 1985. Maceral distribution in Illinois coals 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

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

Skripsi/Tesis/Disertasi

DAM, M.A.C., 1994. The Late Quarternary evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia. Ph.D Thesis at Dept. of Quarternary 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) [Jan 2006].

WEWENANG REDAKSI

- Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa merubah substansi 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
Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung
Telepon. (022) 520 2698, 522 6270
Fax. (022) 522 6270, 522 6263



LEMBAGA
ILMU PENGETAHUAN
INDONESIA

**P2
MI**
Panitia
Penilai
Majalah
Ilmiah



KAN
Komite Akreditasi Nasional
Lembaga Ilmu Pengetahuan
Indonesia
LISMA 016 IDN

SERTIFIKAT

Nomor: 424/AU/P2MI-LIPI/04/2012

Akreditasi Majalah Ilmiah

Kutipan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Nomor 395/D/2012 Tanggal 24 April 2012

Nama Majalah : Buletin Sumber Daya Geologi

ISSN : 1907-5367

**Penerbit : Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi,
Kementerian ESDM**

Ditetapkan sebagai Majalah Ilmiah

TERAKREDITASI

Akreditasi sebagaimana tersebut di atas berlaku selama 3 (tiga) tahun

Cibinong, 24 April 2012

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Ketua Panitia Penilai Majalah Ilmiah-LIPI

→ Prof. Dr. Rochadi
NIP 195007281978031001

Alamat Redaksi :
Buletin Sumber Daya Geologi
Bidang Informasi
Jalan Soekarno-Hatta No. 444 Bandung, 40254
Telp. (022) 5226270, 5202698, Fax. (022) 5206263,
Website : www.esdm.go.id/, <http://psdg.bgl.esdm.go.id/>,
e-mail : psdg@bgl.esdm.go.id



