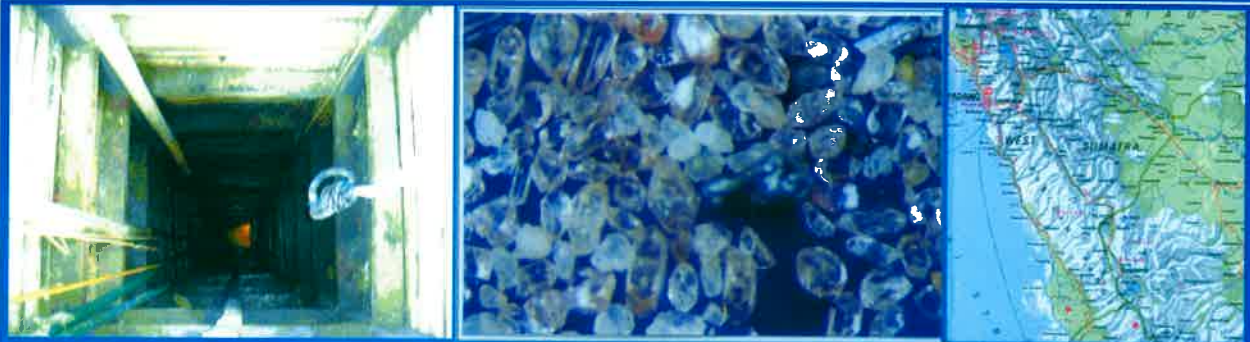


ISSN 1907-5367

# buletin

Volume 2 Nomor 1 - 2007

# SUMBER DAYA GEOLOGI



- Review Of The Small Scale Gold Mining Practices At Cineam Area, Tasikmalaya Regency, West Java, Indonesia
- Karakteristik Sungai Berau Sebagai Alur Transportasi Batubara Di Kalimantan Timur
- Mengenal Metadata Sebagai Sebuah Alat Investasi Data



**Pusat SumberDaya Geologi**

## PENGANTAR REDAKSI

Para pembaca yang budiman,

Puji syukur ke hadirat Allah S.W.T. di awal tahun 2007 ini bulletin dapat disajikan kembali ke hadapan pembaca. Setelah terbit 3 edisi pada volume I tahun 2006, dengan penuh rasa syukur kami persembahkan Bulletin volume II nomer 1. Kami bersyukur walau tertatih-tatih, tahun kedua sudah kita mulai, dengan harapan bisa berlanjut pada tahun-tahun berikutnya.

Dengan adanya dukungan anggaran yang telah tersedia, diharapkan buletin ini akan makin berkembang. Kedepan, Buletin Sumber Daya Geologi diharapkan tidak hanya menjadi sebuah wadah pemikiran para pakar mineral dan energi untuk mempublikasikan hasil penelitiannya tetapi juga merupakan wadah pemberi informasi terbaru pemikiran maupun penemuan sumberdaya geologi bagi masyarakat.

Dalam terbitan kali ini, ada semangat untuk memperbaiki mutu terbitan dengan penyaringan artikel yang lebih ketat. Bagi kami redaksi, hal ini seperti sebuah dilema. Di satu sisi, kami harus mengakomodasi tulisan-tulisan dari masyarakat penulis ilmiah yang masih sedang belajar untuk menghasilkan karya berkualitas baik kadar pemikiran maupun analisisnya. Sementara di sisi lain, keinginan untuk menerbitkan tulisan-tulisan yang betul-betul bermutu dan dapat dipertanggungjawabkan sedemikian mendesaknya. Dewan redaksi harus berjalan diantara dua kutub pemikiran tersebut. Kami berharap, dalam penerbitan-penerbitan berikutnya, para penulis tidak memanfaatkan toleransi dewan redaksi hanya untuk kepentingan tuntutan minimal nilai kenaikan pangkat dalam jabatan fungsionalnya.

Sekedar berbagi cerita isi dapur, dalam diskusi penyaringan makalah, kami sampai pada penilaian bahwa pada sebagian besar makalah yang masuk, isinya kebanyakan merupakan laporan dari kegiatan lapangan tahunan yang dilakukan oleh pegawai Pusat Sumberdaya Geologi. Isi makalah umumnya berupa laporan deskriptif yang hanya berhenti pada pemaparan kualitas dan sumberdaya komoditi yang dilaporkan. Tidak ada analisa sintesa yang seharusnya ada pada sebuah laporan penelitian.

Memang ada sebagian geologist yang berpandangan bahwa laporan penyelidikan/penelitian tidaklah perlu untuk ditulis terlalu ilmiah. Yang paling penting, menurut mereka laporan tersebut haruslah singkat dan jelas. Pandangan ini mungkin sekali sangat baik untuk prospeksi awal wilayah yang mungkin bisa ditambang secara ekonomis. Tetapi para perencana investasi tambang yang baik, tentunya akan memerlukan data yang lebih akurat berikut analisa ilmiah dari deposit sarannya untuk keperluan pengambilan keputusan. Sehingga, pemberian data dan analisa ilmiah adalah hal mutlak yang harus dilakukan oleh para ahli geologi dalam pembuatan laporannya.

Sekedar menengok ke belakang, melihat betapa pentingnya sebuah analisa dilakukan oleh seorang geologist, sampai sampai pernah suatu kali sewaktu kita bekerja sama dengan British Geological Survey beberapa puluh tahun yang lalu, senior geologist mereka menginstruksikan agar ditiap pintu kamar kerja geologist dikantor ditempel kata kata "Every geologist is a researcher". Mudah mudahan ini dapat menjadi inspirasi para geologist untuk kembali ke khitahnya.

Kami di dewan redaksi mempunyai cita-cita agar buletin ini menjadi sarana publikasi capaian terbaik Pusat Sumberdaya Geologi. Melalui Buletin ini, hasil hasil penelitian dan penemuan sumberdaya geologi yang baru didapat di lapangan maupun hasil kajian selama setahun yang lewat dapat dipilih untuk dipublikasikan secara luas. Dengan demikian diharapkan nantinya makin banyak hasil penelitian dan kajian kita yang berguna bagi masyarakat. Insyallah.

Kami sangat gembira bahwa pada penerbitan kali ini, makalah yang masuk berasal dari berbagai kelompok program penelitian. Bahkan salah satu berasal dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi. Adanya makalah dari luar, menunjukkan pembaca yang makin luas dari buletin kita ini.

Nomor perdana volume II telah terbit, kami akan tetap mempertahankan semangat untuk tetap membangun buletin kita agar bisa menjadi sarana para peneliti, penyelidik bumi dan yang lainnya untuk berkarya dan merujuk sesuatu.

Selamat menikmati Buletin Sumber Daya Geologi.

Salam Hangat,  
Dewan Redaksi

### Penanggung Jawab :

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

### Wakil Penanggung Jawab :

Kepala Bidang Informasi

### DEWAN REDAKSI

#### Ketua

Agus Pujobroto

#### Wakil Ketua

Danny Z. Herman

#### Anggota

Herry Rodiana Eddy

Teuku Ishlah

Sutrisno

Rahardjo Hutamadi

Freddy Nanlohi

Siti Sumilah R.S.

Asep Suryana

#### Editor :

Sjafra Dwipa

Herudiyanto

Bambang Tjahjono

Bambang Pardiarto

### DEWAN PENERBIT

#### Ketua

S.S. Rita Susilawati

#### Anggota

Ella Dewi Laraswati

Nandang Sumarna

Retno Rahmawati

Candra

Redaksi menerima makalah baik dari dalam maupun dari luar lingkungan Pusat Sumber Daya Geologi. Makalah hendaknya berkaitan dengan sumber daya geologi secara khusus atau geologi secara umum serta ditulis dalam format Microsoft Word dengan single spasi, maksimal 10 halaman.

Alamatkan kepada :

Redaksi Buletin Pusat Sumber Daya Geologi,  
Sub Bidang Penyediaan Informasi Publik

Jalan Soekarno Hatta No. 444

Bandung 40254.

Telp. (022) 5226270,

Fax. (022) 5206263

<http://www.dim.esdm.go.id>;

<http://portal.dim.esdm.go.id>

E-Mail = [sismin@dim.esdm.go.id](mailto:sismin@dim.esdm.go.id)

## DAFTAR ISI

Halaman

### MAKALAH ILMIAH

Review Of The Small Scale Gold Mining Practices At Cineam Area, Tasikmalaya Regency, West Java, Indonesia.....	3
<i>By R. Hutamadi, Sutrisno, Bambang N. Widi, Sabtanto J.S.</i>	
Karakteristik Sungai Berau Sebagai Alur Transportasi Batubara Di Kalimantan Timur.....	10
<i>Oleh :A. Setyanto, I K.G. Aryawan dan C. Purwanto</i>	
Upaya Konservasi Bahan Galian Dalam Pengelolaan Emas Aluvial Dalam Pertambangan Sekala Kecil Di Kabupaten Nabire, Provinsi Papua.....	15
<i>Oleh : Denni Widhiyatna</i>	
<i>Mengenal Metadata Sebagai Sebuah Alat Investasi Data.....</i>	25
<i>Oleh :S.S. Rita Susilawati</i>	
Kandungan Sulfur Dalam Batubara Indonesia.....	67
<i>Oleh :Fatimah dan Herudiyanto</i>	
Potensi Kandungan Minyak Dalam Bitumen Padat, Daerah Padanglawas, Sumatra Barat.....	77
<i>Oleh : S. M. Tobing</i>	
Potensi Panas Bumi Wilayah Kabupaten Buru Maluku.....	91
<i>Oleh : Sri Widodo, Kasbani, Bangbang Sulaeman, Edy Sumardi, Dede Iim</i>	
<b><u>PEDOMAN PENULISAN</u></b>	
Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi Di Indonesia.....	99
TOKOH.....	104
KAMUS GEOLOGI.....	105

# REVIEW OF THE SMALL SCALE GOLD MINING PRACTICES AT CINEAM AREA, TASIKMALAYA REGENCY, WEST JAVA, INDONESIA

By

R. Hutamadi, Sutrisno, Bambang N. Widi, Sabtanta J.S.

Center for Geological Resources

## Abstract

*Gold deposit at Cineam area is an epithermal gold deposit of low sulphidation type which lies about 180 km southeast of Bandung at an elevation of 400 meter above the mean sea level. The Cineam deposit is administratively belongs to Cineam Subdistrict, Tasikmalaya Regency, West Java Province, which dominantly occurred within volcanic rocks unit of Jampang Formation. Alterations developed in this area namely propylite, argillic, sericitation, and silicification, occurred in andesitic lava, volcanic breccia, and andesitic to dacitic tuff. The thickness of gold bearing quartz veins are commonly from few cm up to > 20 cm, while for the veins of higher grade of gold content the thickness are about 5 cm or less. The average grade of gold content is around 6 - 10 gr/t Au. Although Cineam gold deposits can not be classified as a big scale deposit, its mineral genesis has an interesting characteristic to be further studied. The Cineam area representing one of the most prospect areas of gold found in the eastern part of West Java Southern Mountain Range.*

*As the Cineam gold deposit is proportionally suitable for a small scale gold mine, the local government had already gave a mining license to a Family Firm in the form of a Village Unit Cooperation or "KUD" such as KUD Mekarjaya which had also been updated to become a B class of Exploitation License category that permitted for the realization of metallic exploitation. This action was in line with the implementation of Autonomy Policy since the year of 2001.*

*Although KUD Mekarjaya's mining production is relatively so small but in fact the mining activity is still being maintained to be daily earnings for the local gold miners to rely on. Within the long run of the local gold miners activity at Cineam which has been working since 1968, this condition can give rise to many well skilled and experienced labors in seeking for gold ores, in handling small scale gold mining works, and in obtaining for the bullions. In other side, on the contrary, there are some negative actions must be kept under control such as the disposal of the waste or tailing directly into the river and the unsafely process of heating the amalgam to obtain the bullion including other improper ways done during the handling of their mining activities. Since the whole mining operation so far generally financed by individual investors it is very likely that small scale gold mining lacks of the capital needed for the mining operation. This condition is what the KUD always facing with so that management and financial matters can be a very serious problem affecting the progress of the KUD Mekarjaya. From some presentation given by the CCOP-CASM Meeting in Bandung we can compare the condition of small scale mining in Indonesia, and that from other countries which have conducted good management in mining regulation and policy in relation with licensing, mining workers, tax payment and awareness of environment live in the vicinity of mining areas*

*On account of that event this can be expected to motivate and encourage the policy and decision makers either locally or centrally throughout Indonesia in giving more attention related to the guidance, monitoring and inspection of the implementation of small scale mining activities which is actually growing in numbers.*

## 1. Introduction

Cineam epithermal gold deposit as an epithermal deposit of low sulphidation type lies about 180 km southeast of Bandung at an elevation of 400 meter above the mean sea level. The Cineam deposit is administratively belongs to Cineam Subdistrict, Tasikmalaya Regency, West Java Province as illustrated in Figure 1. Although this deposit is proportionally suitable for a small scale mine type, it plays an important role in relation with gold bearing mineral formation occurring in the eastern part of West Java which is part of the Java regional mineralization series. Historically,

mineral deposits with gold prospect were found in 1968 through the panning of gold placer by local miners at Citambal River and its tributaries. The finding of the gold prospect was followed up by an exploration conducted by a work team of Directorate of Mineral Resources (DMR) who finally found primary type of gold deposits at Citambal and Cengal in 1970. Other subsequent explorations also conducted after that time either by government institution or by private company.

From mineral association available in this area, the coverage of Cineam gold deposit, basically, involving that of

three separate blocks or locations namely Cikondang block located at the northern part of the area, Citambal-Cikurawet block at the central, and Ciseel block at the southern part of the area. The Cineam area representing one of the most part of the Java regional mineralization series. Historically, mineral deposits with gold prospect were found in 1968 through the panning of gold placer by local miners at Citambal River and its tributaries. The finding of the gold prospect was followed up by an exploration conducted by a work team of Directorate of Mineral Resources (DMR) who finally found primary type of gold deposits at Citambal and Cengal in 1970. Other subsequent explorations also conducted after that time either by government institution or by private company.

From mineral association available in this area, the coverage of Cineam gold deposit, basically, involving that of three separate blocks or locations namely Cikondang block located at the northern part of the area, Citambal-Cikurawet block at the central, and Ciseel block at the southern part of the area. The Cineam area representing one of the most prospect areas of gold found in the eastern part of West Java Southern Mountain Range in which quartz veins intruded lava, volcanic breccia in the lower part, and tuff or tuff breccia in the upper part of Oligo-Miocene Jampang Formation. Alterations developed in the area are in the form of propylite, argillic, sillisic, and phyllic with carbonate mineral "ankerite" occurring locally. The thickness of gold

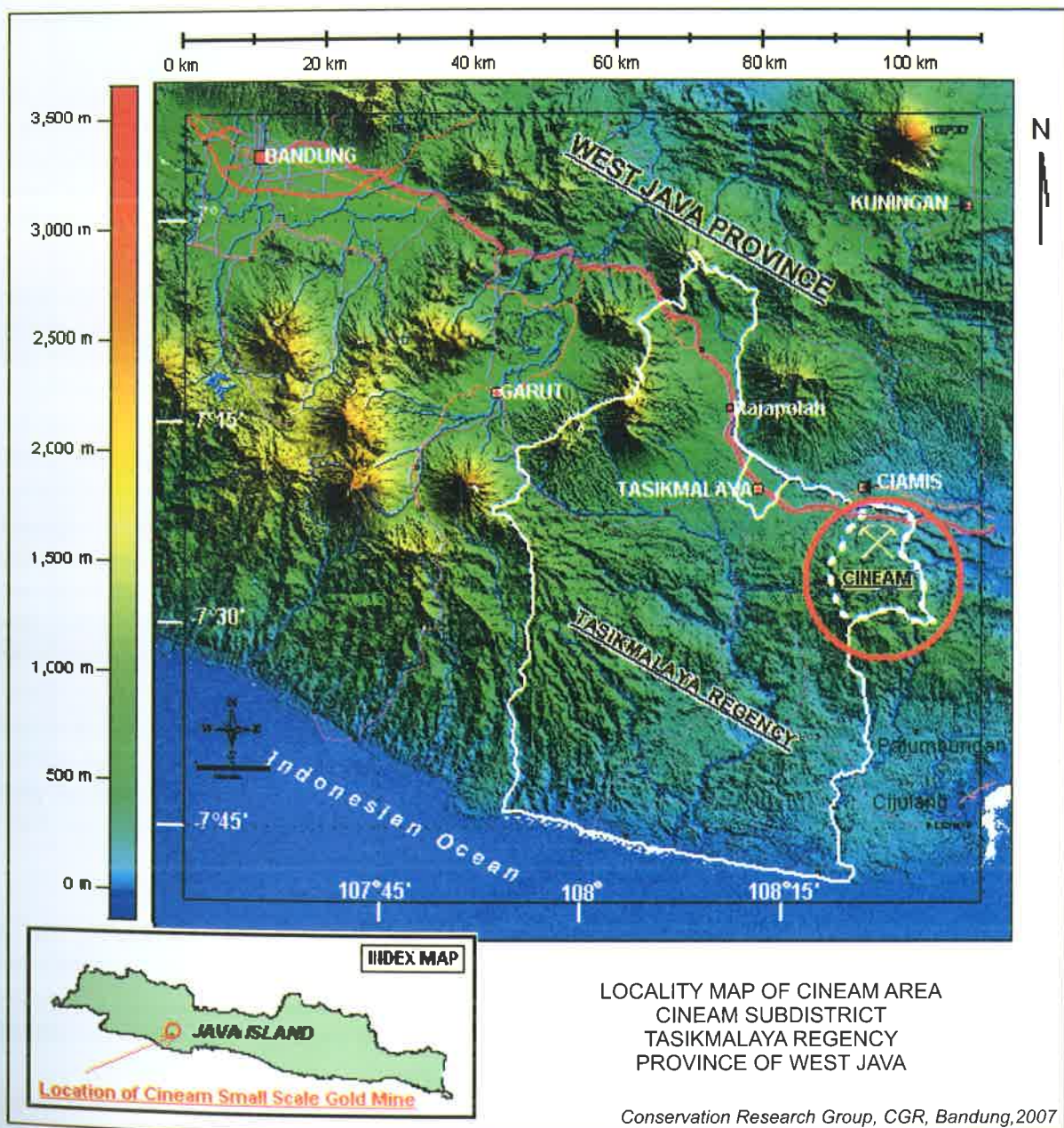


Figure 1. Location map of Cineam area (the basemap is adopted from the DEM source map)

bearing quartz veins are commonly from few cm up to > 20 cm, while for the veins of higher grade of gold content the thickness are about 5 cm or less. The average grade of gold content is around 6 - 10 gr/t Au. Although Cineam gold deposits can not be classified as a big scale deposit, its mineral genesis has an interesting characteristic to be further studied.

The Cineam deposits has currently still been giving a good prospect to the local gold miners, but unfortunately, due to lack of capability in exploitation technology and developments and also for financial resources, the mining activity needs much help to overcome for the problem.

The visit of CCOP-CASM Asia (Coordinating Committee for Geoscience Programmes Community Artisanal and Small Scale Mining) delegates to the Cineam area in relation with the event of "CASM-Asia Workshop on the State of the Art of Science and Technology to Protect the Environment and People" which held in Bandung in the 29 th November 2006, has given encouragements including some comments and suggestions to the local gold miners. Inefficiency of handling the process of gold mining and tailing treatment that constituting a serious problem should be solved soon before getting through the next step in relation with the enhancement of the mining production.

## 2. Geology

Geology of Cineam belongs to the eastern region of the Southern West Java Mountain Zone in which the physiographical condition is made up of two major belts called as Middle-Southern Mountain Belt in the south and Volcanic Belt in the northern part.

It is stated that Cineam area is also belonging to the volcanic belt (JICA-DMR,1995). At the southern and middle district the rocks mainly composed of Oligo-Miocene Jampang Formation volcanic series, while volcanic members of Jampang Formation consist of andesitic to dacitic rock types (Bemmelen Van, 1949). These groups of rocks were intruded by diorite, granodiorite, andesite, and dacite (Figure 2). The Volcanic Belt at the northern part is mostly occupied by quaternary rocks with andesitic to basaltic in composition consisting of volcanic breccia, andesitic lava and tuff which is then called as "Old Volcanic Rocks".

This area, tectonically, has at least twice experienced that of orogenic events in which the first orogenic event was in the Middle Miocene resulted in the uplifting phase that followed with intrusions of granodiorite, diorite, dacite, and andesite which also accompanied with folding and faulting as well as hydrothermal activities within Jampang Formation where precious and base metal mineralizations took place. The

second event was the young volcanic formation as a product of the last tectonic event.

The geology of Cineam area itself as part of the lower member of Jampang Formation is principally composed of six rock units in which three units out of the six are intrusive rocks. The rock unit descriptions is as follows:

- ☐ Tuff intercalated with dacitic lava and breccia unit, occupying the central area mainly at Cisarua, Cikurawet until Balekambang and Cipateungteung, is considered to be as the oldest rock unit.
- ☐ Basaltic -andesitic lava occupying the southern area (Ciseel) and the western part of Cineam area is characterized with gray to dark gray in color that composed of plagioclas, pyroxene, feldspar and hornblende as main phenocryst.
- ☐ Andesitic tuff -breccia and intercalated tuffaceous sandstone, in which locally they are widely disseminated from the south to the north part. This unit is typified by intercalating andesitic tuff -breccia with tuffaceous sandstone that locally mixed with andesite altered fragment.
- ☐ Diorite which is well exposed at the upstream of Cihorang river megascopically shows gray to brown color, composed of biotite, plagioclase, quartz and hornblende grains. In certain areas such as in Ciseel hill, the rock has strongly altered, so it is very difficult to recognize the original of those minerals due to their changing into sericite, kaolinite and carbonate.
- ☐ Dacite which forming a big stock exposed in the northern and southern part of the area is brownish white to pale, consisting of plagioclase, biotite and quartz uehedral crystals as phenocryst within plagioclase groundmass. This dacite had intruded the host rock volcanic breccia.
- ☐ Hornblende andesite which is well developed in the north of G. Kembang is gray to blackist gray, porphyritic in texture, composed of plagioclase, hornblende and pyroxene phenocrysts that sink in plagioclase groundmass.

Geological stuctures developed in this area are anticline located in the western part and oblique fault in the eastern area. These structures assumed to have played an important role in relation with hydrothermal mineralization in this area.

As a result of chemical reaction between the wall rocks and hydrothermal fluids passed through it and precipitated within the rock fractures gave rise to the occurrence of alterations in this area in the form of propylitization,

sericitization. In this case Jampang Formation is considered to be as a very favorable media where gold bearing hydrothermal fluids precipitated. These kinds of alterations are typical of an epithermal low sulphidation type.

Mineralization in this area is indicated by the occurrence of sulphide minerals bearing quartz veins within the host rocks that generally trending from N 330 to 350E and dipping from 60 to 90. The thickness of the veins varying from few cm up to 60 cm and in average of about 10 cm to 20 cm. Mineralization is characterized by the presence of a

number of mineral bearing quartz veins and silicified rock within host rock lava, volcanic breccia and tuff, consisting of electrum, pyrite, pyrargyrite, realgar, stibnite, and pyrite in the northern area; proustite, galena, hessite and petzite, arsenopyrite, tetrahedrite, chalcopyrite, sphalerite and pyrite in the central area; and chalcopyrite, electrum, sphalerite, tetrahedrite and pyrite at the southern area. Veins of epithermal gold are of about 20-80 cm in thickness with a gold grade content in between 25-30 ppm.

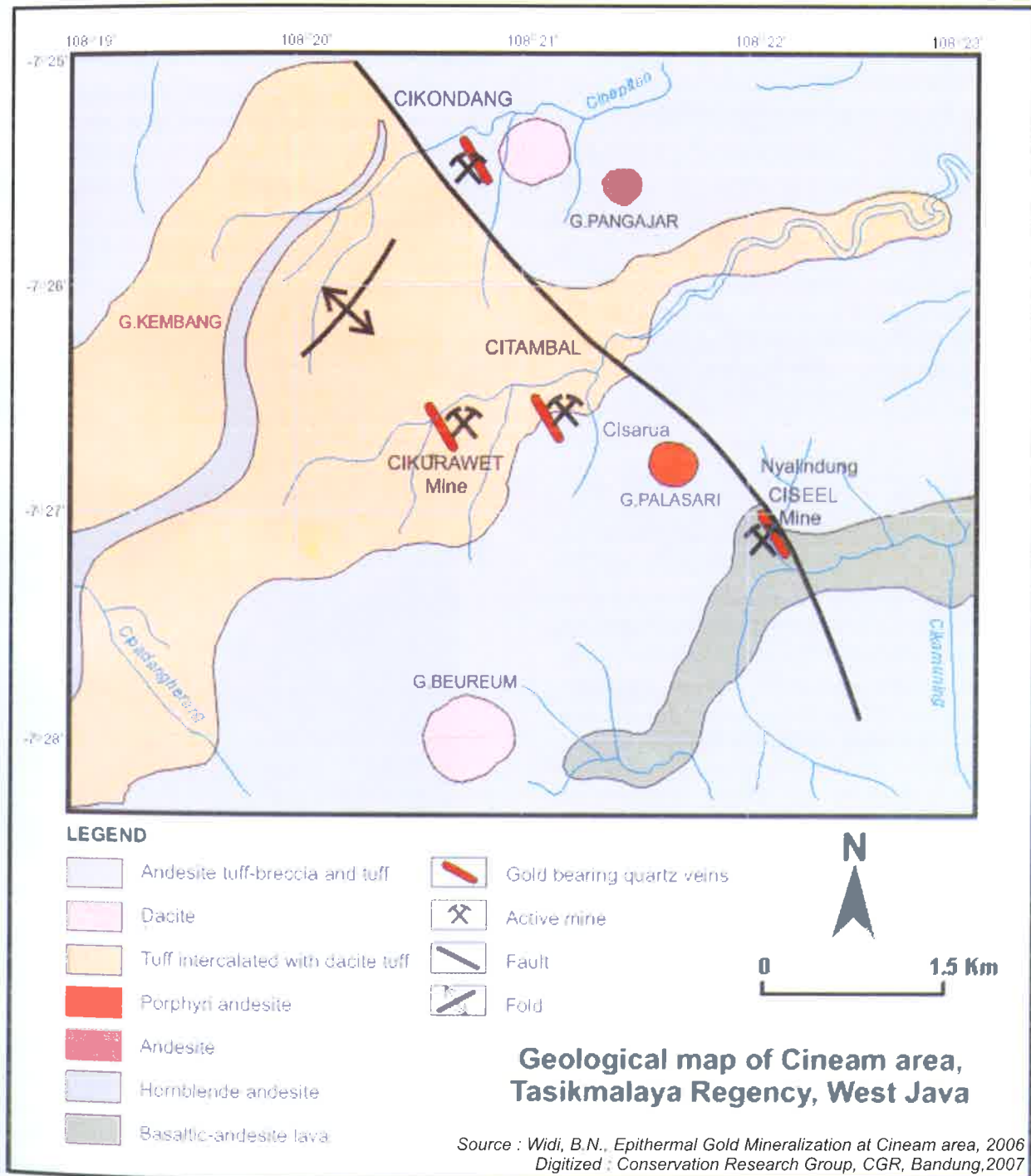


Figure 2. Geological map of Cineam area, Tasikmalaya Regency, West Java.

**3. The KUD Mekar Jaya's Small Scale Gold Mine**

KUD Mekar Jaya is a Village Unit Cooperation which acting as the holder of the Cineam small scale gold mining activity located around Cisarua, Citambal, and Cikurawet areas, within the territory of Karanglayung Village, Sub-District of Karang Jaya. The coverage area of the KUD Mekarjaya's small scale gold mining is around 36.58 Ha with an estimated reserve of about 56,281.762 ton of ore and to be predicted to containing that of about 1,043,426.476 grams of gold. ( Report “, PKSDM, 2002, Bimbingan Teknis Konservasi Sumber Daya Mineral di daerah Cineam dan sekitarnya, Kecamatan Cineam, kabupaten Tasikmalaya, prov. Jawa Barat, DIM, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral “)

**3.1. Historical Background of the KUD Mekarjaya**

The finding of a Cineam gold prospect mining area was in 1968 by several local gold miners who came from Salopa situated not far from Cineam area. Since then some small scale gold mines have been illegally worked out by several groups of local people at some gold spots nearby. These activities have actually been in a good progress and well developed for such small-scale gold mining business until 1982. In this year, to accommodate for the mining activities, the local government was gathering them and gave a mining license to a Family Firm in the form of a Village Unit Cooperation or KUD in the name of Mr. Sopandi.

In 1989 that KUD was taken over by KUD Mekarjaya in which the mining activity was also still running well until the time it changes the firm status into another bigger one.

In 1992 the KUD Mekarjaya's mining license was updated to become a B class of Exploitation License category permitted for metallic exploitation that in Indonesian language known as KP (Kuasa Pertambangan) and issued by the government. This mining activity had been working up to 2002.

In the end, due to the implementation of Autonomy Policy since 2001 the mining authority known as KP had consequently been changed to become IUP (Ijin Usaha Pertambangan).

**3.2. Finding of gold ore**

A stage of finding for gold ore is not conducted systematically by small scale gold miners. Determination for the gold ore is usually done on the basis of the surface appearance. The veins strike at Cineam area is generally west-east with general thickness of 70 80 cm sporadically until 150 cm. Content ratio of gold to silver is of about 7 to 3.

Distribution of veins and mineshaft locations were determined by each group of miners on the basis of surface



Figure 3. An adit used by local gold miners for extracting gold ore at Cineam area.



Figure 4. A shaft used by local gold miners for extracting gold ore at Cineam area

appearance as well and frequently relying solely on their experiences. Gold content is determined by panning part of the veins using plates or coconut shells which depend on the result of their megascopic observation on either veins distribution or the gold content. From thereon the local gold miners then decided to locate and to direct for the tunnel or shaft for mining the gold. Configuration of a tunnel and a shaft are illustrated in Figure 3 and 4 respectively.

**3.3. Mining Activity**

Mining activity is started with digging a tunnel towards the direction of gold ore veins. The process from initial excavation until ore production commonly takes about 20 days. The system is underground mining by using very simple tools. Tunnel to reach quartz veins or gold ore draws on wooden support stand. During excavation they are facilitated with a blower for air circulation and submersible pump for drying out the tunnel or shaft.



Gold ore is obtained by using chisel and hammer to extract the ore from the shaft. By using a pulley or other similar type of such tool facilitated with wire and a bucket they pull the collected ore up to the surface. The depth of the shaft at the moment is 30-60 m. At the depth of more than 60 meter, the mining is usually not to be continued due to ground water problem. A group of miners is generally divided into three sub-groups so that a group of workers working in turn with other groups during the 24 hours of working time.

### 3.4. Ore Processing

Gold ore is processed using amalgamation method. First, the ore is crushed and then put into some equipments which are cylindrical in shape made up of iron called "gelundung" or "teromol" (Figure 5) for pulverizing that of crushed material. After becoming amalgam, process of heating is conducted indoor. Some of local gold miners, even, they heated up that amalgam at the open air.

The price of mercury is Rp. 400.000,-/kg and it can not be found openly at legitimate traders or shops. Mercury contained in tailing is recaptured by heating up, and re-used or sold at the price of Rp. 130.000,-/kg.

Parties who involved with a group of miners can obtain their portion of sharing out in the form of the crushed ore which still need for further processing on their own. These processing are conducted at separate locations using water force generated by water wheels placed at a milldam or a waterfall at river area.



Figure 5. "Gelundung" or "teromol" facilitated for pulverizing crushed ore to become amalgam.

### 3.5. Production

From personal communication with a small scale gold miner (Pak Syai) who works for the KUD Mekarjaya it was informed in the mid of November 2006 that the result of gold which is still in the form of bullion was estimated to be in average of 50 mg-1gr of gold taken from every single "gelundung" or "teromol". Examples of an amalgam and a bullion are illustrated in Figure 6.

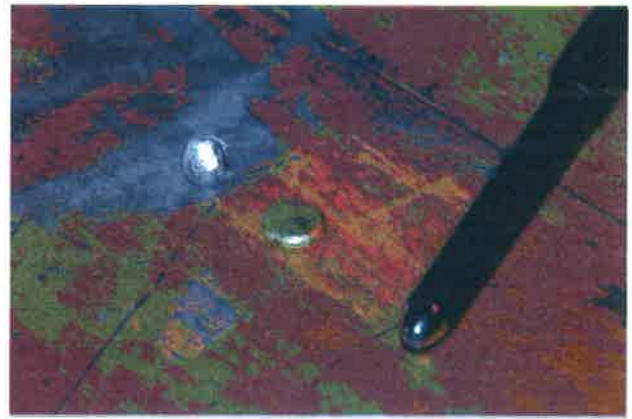


Figure 6. Example of an amalgam and bullion as the final product of KUD Mekarjaya's small scale gold mine.

Although the production is relatively so small but in fact the mining activity is still being maintained to be daily earnings for them to rely on. From a conversation between the local gold miners and the CCOP-CASM delegates in the late of November 2006 it was informed that the KUD's gold production per year was estimated to reach of about 8 kg and the local gold miners were even hoping, if possible, for a financial support from an investor. They stated that if there is a sufficient capital in hand they courageously predicted for the gold production to be three times bigger than what they have been obtaining so far.

Besides, to increase the target of their gold production it is also very much needed some assistances such as technical guidances in mining and processing including treatment of waste/tailing as well because what they have been doing so far with the waste/tailing resulted from their gold mining and processing is just by throwing it out directly into the river.

### 4. Discussion

Activity of the Cineam small scale gold mining at this time is still running although the mining progress has been remaining steadily. This condition is likely due to several factors affecting that of the mining progress such as the fluctuation of the number of the gold miners which are most of them not fully work for the gold mine, they rather be a seasonal gold miners. Their working days for the mine will be dependent on their primary work in agriculture or horticulture business. In this case, the work for the gold mine seems to be as another choice or alternative in obtaining for another extra daily income.

A different opinion may come from the people who fully work for the gold mine in which they have already taken the risk for whatever they do so that they will never change their mind for taking another job for living. These kinds of people commonly have a lot of experiences from trial and

error in exploiting for the gold ore deposit. This condition of course can increase to many well skilled and experienced labors in seeking for gold ores, in handling small scale gold mining works, and in obtaining for the bullions.

Some similar actions to what has been doing by many illegal gold miners in exploiting gold ore deposits have been conducted as well by most of the KUD's gold miners. As what actually happening so far is mostly in relation with how they cope with the handling of the gold mine especially in the way they disregard the rule of the game related to the application of good mining practice principle.

As the whole mining operation for the KUD is generally financed by individual investors it is very likely that this kind of small scale gold mining lacks of capital needed for the small scale gold mining operation. This condition is what the KUD always facing with so that management and financial matters can be a very serious problem affecting the progress of the KUD Mekarjaya's small-scale gold mine.

Such a type of small-scale gold mining like that of KUD Mekarjaya is believed to be very common throughout the country. By knowing the quantity and quality as well as the accessibility of all small-scale gold mining in the country, it will be possible for the central or local government to manage them for the sake of increasing their socio-economic welfare and environmental impact.

Easiness of getting a mining license from each local government can be a good support for the local gold miners to do for their business. Unfortunately, this is not accompanied with the law enforcement regarding the mining practise by the local government.

Unawareness to the health of almost all miners also find at the KUD Mekarjaya's gold mining although a technical guidance used to be given by the staff of Center for Mineral and Coal Technology Research and Development of Bandung (Masri Ripin, 1996). This situation is very common for such a small scale gold mining and even very much the same through the country.

#### References :

- Aspinall Clive, 2001, Small Scale Mining in Indonesia, MMSD, IIED, World Business Council for Sustainable Development.*
- Bambang N.Widi, 2006, Epithermal Gold Mineralization in the Cineam Sub-Regency, Tasikmalaya, West Java-Indonesia, CASM Asia-Pacific Meeting, November, Bandung, Indonesia.*
- Basuki, A., Sumanagara, D.A., and Sinambela, D., 1994, The Pongkor Gold Silver deposit, West Java Indonesia, Journal of Geochem. Explor., V.50, 371-391*
- Bugnosen, Edmund B., 2006, Review of the Small Scale Mining Policy and Licensing Practices in the Asia-Pacific Countries, CASM Asia-Pacific Meeting, Bandung, Indonesia, November 2006.*

#### 5. Conclusion

Mineralization in the Cineam area is an epithermal type which is characterized by the presence of gold and base metal bearing quartz veins occurred in lava and volcanic breccia in the lower part, while tuff and breccia tuff found at the upper part of Jampang Formation. Gold is close associated with sulfide minerals like sphalerite, chalcopyrite, pyrite, galena, realgar and stibnite. Quartz vein with high grade of gold content have thickness of 5 cm or less.

Mining method (exploitation) has been using in the Cineam Mine is underground mining. The ore processing using amalgamation method. The management system of KUD's gold mining is conducted by capital and profit sharing among the KUD's members.

The history of Cineam mining production are fluctuating, sometime the production are increasing and sometime decreasing, depending on the situation or spirit of workers.. Even the history of this mine is more than 25 years, some primary problems is still remain like limitation of finance and management, which is consequently influencing the maximum achievement of exploration, exploitation and processing. The negative impact of that conditions such as: unawareness in handling waste materials, water pollution, and unhealthy condition caused by heating up the amalgam at an open air. This can raise a healthy dangerous for the community live around the mining area.

As a comparison to what we have from CCOP-CASM's event it has been presented that in some foreign countries; India and Malaysia have conducted small scale mining regulation and policy in relation with licensing, mining workers, tax payment and awareness of environmental live in the vicinity of mining areas

On account of the CCOP-CASM meeting in Bandung this can be expected to motivate and encourage the policy and decision makers either locally or centrally throughout Indonesia in giving more attention related to the guidance, monitoring and inspection of the implementation of small scale mining activities which is actually growing in numbers.

- Budhistira., 1987, The Geology of Tasikmalaya quadrangle, West Java, Geological Research and Development Centre, Bandung.*
- Hoppe Richard, 1978, Operating Handbook of Mineral Surface Mining and Exploration, E-/MJ library of Operating Handbooks, Mc. Graw Hill, Inc., Avenue of The Americas New York, N.Y. 10020 USA.*
- Lembaga Demografi Universitas Indonesia (LD-UI), 1996, Pertambangan Sekala Kecil,. Jakarta*
- Laporan , PKSDM, 2002, Bimbingan Teknis Konservasi Sumber Daya Mineral di daerah Cineam dan sekitarnya, Kecamatan Cineam, kabupaten Tasikmalaya, prov. Jawa Barat, DIM, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*
- Metal Mining Agency of Japan (JICA) Directorate of Mineral Resources, Phase.1, 1995, Report on the Cooperative mineral exploration in the Tasikmalaya area, West Java, The Republic of Indonesia, Tokyo.*
- Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi no 01P/201/M.PE/1986 tentang Pedoman Pengelolaan Pertambangan Rakyat Bahan Galian Strategis dan Vital (Golongan A dan B).*

# KARAKTERISTIK SUNGAI BERAU SEBAGAI ALUR TRANSPORTASI BATUBARA DI KALIMANTAN TIMUR

Oleh :

A. Setyanto, I K.G. Aryawan dan C. Purwanto

Pusat Penelitian Geologi Kelautan

(Centre for Marine Geological Research)

## S A R I

Sungai Berau merupakan salah satu sungai yang dimanfaatkan sebagai sarana transportasi batubara mulai dari tempat penimbunan hingga ke kapal pengangkut. Informasi kedalaman, pasang surut, dan arus serta karakteristik tepian sungai mutlak diketahui. Morfologi dasar Sungai Berau umumnya landai dengan kedalaman hingga 30 m, hanya beberapa daerah cukup curam. Kecepatan arus rata-rata di permukaan sebesar 0,8 m/detik lebih besar dibandingkan bawah permukaan sebesar 0,6 m/detik. Perbedaan pasang tertinggi dan surut terendah di daerah Gunung Tabur (2,2 m) dengan muara sungai (3,35 m) adalah sekitar 2,5 jam. Tepian sungai umumnya berupa dataran dan hanya di beberapa tempat merupakan perbukitan.

## ABSTRACT

*Berau River is one of rivers that used as coal transportation media from stockpile until transshipment. Information of bathymetric in Berau area, water level changes, current, and side of the river characteristic is a must. Berau's river base morphology generally approximately 30 m, in depth locations has steep morphology. Water current surface is 0.8 m/s higher than at the base which is only 0.6 m/s. The Highest Difference of water level changes is at Gunung Tabur (2.2 m) at the estuary (3.35 m) is approximately 2.5 hours. Along side of the river a low land area some are hilly areas.*

## PENDAHULUAN

Studi kelayakan eksplorasi batubara di pedalaman Kalimantan merupakan salah satu studi yang perlu mendapat perhatian, karena lokasi tambang dan penimbunannya relatif cukup jauh dari konsumen. Pengangkutan melalui jalur darat di Kalimantan Timur kurang memungkinkan karena sarana jalan untuk pengangkutan batubara relatif sangat sedikit. Oleh karena itu pengangkutan melalui sungai dan laut hingga saat ini merupakan pilihan terbaik dan termurah untuk transportasi batubara dalam jumlah besar. Pilihan ini juga berdasarkan pertimbangan bahwa sungai-sungai disini cukup besar dan berair sepanjang waktu.

Sungai Berau merupakan salah satu contoh sungai yang telah dimanfaatkan penduduk sebagai sarana transportasi sampai saat ini. Dengan mempelajari kondisi sungai tersebut, akan dapat diketahui sampai sejauhmana dapat dimanfaatkan sebagai sarana angkutan air oleh kapal atau tongkang dengan ukuran dan bobot tertentu. Pilihan terhadap Sungai Berau, Tanjung Redeb didasarkan pada kedekatan dari keberadaan batubara di bagian Utara Kalimantan Timur.

Maksud dari tulisan ini adalah memberikan gambaran karakteristik dan menyajikan data yang diperoleh dari hasil penelitian di alur transportasi batubara Sungai Berau. Tujuannya adalah agar para pengguna jasa transportasi Sungai Berau dapat memperhatikan hal-hal yang dapat mengganggu kelancaran transportasi.

Daerah penelitian terletak di sekitar Sungai Berau, Kabupaten Tanjung Redeb Propinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada koordinat 117024'00"-117055'00" BT dan 01057'00"-02015'00" LU. Dari Balikpapan ke lokasi menggunakan kapal motor atau menggunakan kendaraan melalui jalur darat dengan tujuan Tanjung Redeb (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Sungai Berau

## Geografis Berau

Ketinggian daerah Tanjung Redeb dan sekitarnya umumnya berkisar antara 0 -50 m dari muka laut rata-rata (Mean Sea Level/MSL). Hanya beberapa tempat di Kecamatan Gunung Tabur yang berada di ketinggian 50 -100 m MSL. Daerah Rinding di Kecamatan Sambaliung berada di ketinggian 50 -100 m MSL.

Terdapat 7 sungai yang mengalir; di Kecamatan Gunung Tabur mengalir Sungai Berau sepanjang 292 km, Sungai Lati 43 km, Sungai Birang 58 km, dan Sungai Sambarata 39 km, sedangkan di Kecamatan Sambaliung mengalir Sungai Suaran sepanjang 19 km, Sungai Inaran 22 km, dan Sungai Bentel 58 km.

**Geologi**

Daerah Tanjung Redeb dan sekitarnya merupakan daerah cekungan Graben dari suatu bidang sesar. Daerah yang terbentuk merupakan endapan kipas aluvial yang berupa endapan-endapan sungai atau teras sungai. Daerah di dekat muara merupakan rawa-rawa payau yang ditumbuhi tanaman bakau dan Nipah yang membentuk hutan pasang surut.

Geologi Regional (Situmorang dan Burhan, 1995) secara berurutan dari muda ke tua sebagai berikut:

**Endapan Aluvium (Qa)**

Berupa lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal, dan gambut berwarna kelabu sampai kehitam-hitaman; tebal lebih dari 40 m.

**Formasi Sajau (TQps)**

Berupa perselingan lempung, lanau, pasir, konglomerat, disisipi batubara mengandung moluska, kuarsit, dan mika; menunjukkan struktur silang siur dan laminasi, lapisan batubara (20-100 cm), berwarna hitam, coklat; diendapkan di lingkungan Fluvial dan delta dengan tebal 775 m.

**Formasi Domaring (Tmpd)**

Gamping terumbu, gamping kapuran, napal, dan sisipan batubara muda; umur Miosen Akhir-Pliosen diendapkan di lingkungan litoral dengan tebal 1000 m.

**Formasi Latih (Tml)**

Pasir kuarsa, lempung, lanau, dan batubara dibagian atas, di bagian bawah bersisipan serpih pasiran dan gamping, lapisan batubara (0,2 - 5,5 m) berwarna hitam, cokelat; umurnya Miosen Awal-Miosen Tengah diendapkan di lingkungan delta, estuarin, dan laut dangkal dengan tebal 800 m.

**Formasi Birang (Tomb)**

Perselingan napal, gamping, dan tufa di bagian atas dan perselingan napal, rijang, konglomerat, pasir kuarsa, dan gamping di bagian bawah; umurnya Oligosen-Miosen dengan tebal 1100 m dan mengandung fosil.

**Formasi Tabalar (Teot)**

Napal abu-abu, pasir, serpih, sisipan gamping dan konglomerat di bagian bawah, gamping dolomit, kalkarenit dan sisipan napal di bagian atas; umurnya Eosen-Oligosen diendapkan di lingkungan Fluvial-laut dangkal dengan tebal 1000 m.

**Tinjauan Meteorologi**

Data BMG Balai Wilayah III Stasiun Meteorologi Tanjung Redeb (tahun 2000), menunjukkan suhu rata-rata 26,80 C (Min. 20,90 C dan Max. 34,10 C) dengan kelembaban rata-rata 86,2%. Curah hujan rata-rata 206,6 mm/bln dimana curah hujan minimum 78,1 mm/bln pada bulan September dan maksimum 292,4 mm/bln. Banyaknya hari hujan dalam satu bulan 11-17 hari.

**Transportasi Batubara**

Hasil penambangan batubara PT. Berau Coal diangkut dengan menggunakan dump truck melalui jalan darat ke tempat penimbunan batubara (stockpile) yaitu Sambarata, Lati, dan Binungan yang berada di tepi Sungai Berau. Batubara yang berasal dari Binungan diangkut dari jalan darat ke Suaran, dari tempat ini diangkut menuju muara dengan menggunakan tongkang yang ditarik oleh Tug Boat melalui Sungai Berau menuju kapal pengangkut (transshipment) di muara sungai. Selanjutnya dikirim ke tempat tujuan dalam dan luar negeri.

Jenis Kegiatan	Daerah Sokkan Lamanya (Jam)	
	Dikeruk	Tanpa dikeruk
Muat ke Tongkang	5	5
Menunggu air pasang	-	3.5
Perjalanan ke Muara Pantai	9	9
Bongkar ( Muat ke Transshipment)	5	5
Menunggu air pasang	-	3.5
Perjalanan ke Penimbunan Lati	9	9
T o t a l	28	35
Jumlah batubara yang diangkut/tahun (ton)	900.000	720.000

Sumber : Test Burn Transportation PT. Berau Coal, 1987

Tabel 1. Waktu Tempuh Tongkang Melewati Daerah Sokkan

**METODA PENELITIAN**

**Posisioning**

Penentuan posisi lintasan survei geofisika, pengambilan data geologi dan pengamatan data oseanografi dilakukan dengan peralatan Global Positioning System (GPS). Penentuan posisi lintasan pemeruman dengan perahu dilakukan secara menerus dengan menggunakan Post Processed Differential GPS. Peralatan Sistem Posisi pengambilan data yang dipergunakan adalah sistem navigasi satelit terpadu dari Moving GPS Marine dan Land (Garmin 235 Map Survey).

Download data posisi dari GPS menggunakan minimum 7 (tujuh) satelit. Cara mengkorelasi antara posisi GPS dengan fix point pada rekaman yaitu dengan menggunakan titik ikat pasang surut sebagai Base Station. Sistem koordinat pada peta dasar permukaan dikaitkan dengan sistem koordinat Bakosurtanal, dengan pengukuran datum survei menggunakan WGS 84. Jarak antena GPS dengan transducer adalah 2 m, interval pengambilan data kedalaman sungai 20 detik secara menerus kemudian

didigitasi. Sebelum dan sesudah pemeruman dilakukan bar check.

**Batimetri (Kedalaman Dasar Laut)**

Pengukuran batimetri (pemeruman) dilaksanakan mulai dari pelabuhan stockpile batubara terdekat (daerah Samarata) milik PT. Berau Coal hingga Muara Sungai Berau. Pemeruman menggunakan alat Echosounder (Odom Hydrotrac System) untuk mengukur kedalaman dasar sungai. Pengambilan data kedalaman dilakukan secara simultan dengan pengambilan data lintasan kapal tegak lurus dan sejajar dengan garis pantai sekitar muara dan pola zigzag di alur Sungai Berau. Data Lokasi terekam secara otomatis di dalam Odom, kedalaman terekam di kertas rekaman kemudian didigitasi.

Konstanta pasang surut yang didapatkan dari pemrosesan data pasang surut selanjutnya digunakan sebagai faktor koreksi data batimetri, dengan persamaan:

$$C = B \text{ MSL}$$

$$E = D \ C + d$$

- Dimana :
- C : Faktor koreksi pasang surut
  - B : Nilai tinggi air/pasang surut terukur d lapangan
  - D : Nilai kedalaman tanpa terkoreksi
  - E : Nilai kedalaman terkoreksi
  - d : Faktor draft kapal

MSL (Mean Sea Level) : Muka air laut rata-rata

**Pengukuran Pasang Surut Dan Arus**

Pasang surut adalah proses naik turunnya muka laut secara hampir periodik karena gaya tarik benda-benda angkasa (terutama bulan dan matahari). Pengukuran pasang surut dilakukan di Kampung Gunung Tabur dan Suaran, dekat muara sungai dengan menggunakan rambu pasang surut dengan interval 1 jam selama 15 hari, jarak kedua tempat tersebut sekitar 40 km. Lokasi pengukuran pasang surut diasumsikan sebagai base station untuk pengukuran posisi lintasan kapal. Tujuan dari pengukuran pasang surut adalah menghitung nilai koreksi terhadap peta batimetri.

Pengukuran arus dilakukan secara dinamis menggunakan metoda float tracking. Pengukuran dinamis dengan metoda float tracking dilakukan untuk mengetahui pergerakan massa air, dimana peralatannya dilengkapi dengan 2 buah cruciform yang ditempatkan pada kedalaman 1 m (permukaan) dan 5 m. Pengamatan pergerakan kedua buah cruciform dilakukan dengan menggunakan GPS Garmin 75 dengan cara pembacaan fixed point posisi

cruciform setiap selang 5 menit. Hasil penggambaran titik fix point akan membentuk lintasan jejak arus yang selanjutnya digunakan untuk melihat pola pergerakan massa air.

Pengamatan pergerakan massa air dilakukan di 3 lokasi pada saat kondisi air sedang surut. Data pengamatan jejak arus ini selanjutnya digunakan untuk mendukung analisa distribusi sebaran sedimentasi di daerah muara Sungai Berau dan sungai lainnya.

**Hasil Penyelidikan**

**Batimetri**

Kegiatan pemeruman dilaksanakan untuk mendapatkan data batimetri sungai di sepanjang alur transportasi batubara di S. Berau. Kegiatan ini di mulai dari tempat penimbunan batubara di Samarata sampai ke muara sungai sepanjang kurang lebih 80 km termasuk juga alur-alur lain di sekitar alur transportasi tersebut. Pengukuran ini dikontrol oleh dua rambu pasang surut yang berada di Tanjung Redeb dan daerah P. Lungsuran Naga sehingga hasil pemeruman dikoreksi dengan pembacaan pasang surut tersebut. Sedangkan penentuan posisi kapal menggunakan alat Global Positioning System (GPS).

Kedalaman sungai yang terdalam sekitar 30 m terdapat di daerah Pabrik Kertas Kiani Pulp. Daerah-daerah dengan kedalaman kurang dari 5 m sering ditemukan ditengah-tengah S. Berau, seperti di daerah P. Sodang Besar, P. Tolasau atau Sokan, daerah Gurimbang, dan daerah Sambaliung. Morfologi S. Berau umumnya landai hanya di alur transportasi batubara biasanya membentuk morfologi yang curam.

**Pasang Surut dan Arus**

Berdasarkan pengamatan tinggi air di kedua titik pengamatan dalam 24 jam terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut. Perbedaan pasang tertinggi dan surut terendah di daerah Gunung Tabur (Rambu I) sekitar 2,2 m dengan perbedaan waktu sekitar 12 jam. Sedangkan perbedaan pasang tertinggi dan surut terendah di muara pantai (Rambu II) sekitar 3,35 m dengan perbedaan waktu sekitar 12 jam. Perbedaan waktu rata-rata terjadinya pasang atau surut antara kedua daerah ini adalah sekitar 2,5 jam; artinya ketika di muara air sudah pasang atau surut.

Pengukuran pergerakan massa air (float tracking) dilakukan di 3 tempat yaitu dari daerah Tanjung Redeb sampai daerah Maluang saat menuju surut dan saat akan pasang. Pengukuran di daerah Bering saat akan surut dan pengukuran di daerah Sokan saat akan surut. Kecepatan arus rata-rata untuk kedalaman 1 m sekitar 0,8 m/detik sedangkan

untuk keda  
menunjukk  
dari kecepat  
Karakteris  
U  
morfologi  
perbukitan  
pasir, keriki  
tepiang sung  
tanaman su  
hingga mua  
dan pohon  
tepiang Sun  
kampung,  
adalah Pega  
Suaran. Jug  
dan penimb  
tambak uda  
Pr  
Berau beru  
terkena abr  
Pelabuhan  
Perumahan  
Tanjung Pe  
sepanjang t  
dibangun t  
Daerah-dae  
gosong pas  
Sodang bes  
Penduduk  
sebagai bah

untuk kedalaman 5 m sekitar 0,6 m/detik. Hal ini menunjukkan kecepatan arus di kedalaman 1 m lebih besar dari kecepatan arus di kedalaman 5 m.

### Karakteristik Tepian Sungai Berau

Umumnya tepian Sungai Berau memiliki morfologi yang datar, hanya beberapa tempat merupakan perbukitan. Litologi tepian sungai terdiri dari lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal, dan gambut. Tumbuhan di sepanjang tepian sungai (daerah Sambarata sampai Sokan) berupa tanaman sungai dan semak-semak sedangkan dari Sokan hingga muara sungai dijumpai tumbuhan nipah atau bakau dan pohon kayu api-api. Bangunan-bangunan di sepanjang tepian Sungai Berau adalah pemukiman penduduk atau kampung, dimana kampung terakhir dijumpai di muara adalah Pegat. Terdapat 3 stock pile yaitu Sambarata, Lati, dan Suaran. Juga terdapat tempat penebangan, penggergajian, dan penimbunan kayu milik PT. Kiani Pulp di Suaran dan tambak udang di daerah P. Sodang Besar.

Proses-proses yang terjadi di sepanjang tepian S. Berau berupa proses abrasi dan akresi. Daerah-daerah yang terkena abrasi adalah daerah Teluk Bayur, sepanjang daerah Pelabuhan Teratai, Cempaka, dan Tanjung Redeb, Maluang, Perumahan P.T. Berau Coal, Samburakat, Kurimbang, Tanjung Perangat, Lati, Sokan, dan Kiani Pulp. Khususnya di sepanjang tepian Pelabuhan Tanjung Redeb, saat ini sedang dibangun tembok-tembok penahan hempasan gelombang. Daerah-daerah sedimentasi umumnya berupa gosong-gosong pasir di tengah-tengah S. Berau, seperti di daerah P. Sodang besar, Sokan, Kurimbang, Maluang dan Sambaliung. Penduduk setempat menambang gosong-gosong pasir ini sebagai bahan bangunan.

### Kelayakan Alur Transportasi Batubara

Pengiriman batubara dengan tongkang bermuatan 3000 ton mengakibatkan maksimum draft 3,5 m. Kedalaman minimum sungai yang aman dilewati tongkang sekitar 5 m, jika tidak tongkang harus menunggu saat pasang lagi kira-kira minimal 3,5 jam. Alur yang ada saat penelitian ini masih layak dipakai sebagai jalur transportasi batubara. Di daerah tertentu perlu diperhatikan beberapa hal yang dapat mengganggu perjalanan tongkang ke muara.

Alur transportasi dari Sambarata hingga Gunung Tabur (0-10 km) kendalanya ada 2 tikungan sungai yang tajam dan adanya pemukiman di sekitar Teluk Bayur dapat memperlambat laju tongkang. Pada  $\pm 13,76$  km terdapat alur sempit (135 m), di sebelah kiri kapal terdapat tebing, dan adanya pendangkalan berupa gosong pasir (saat surut terlihat jelas) di daerah Sambaliung sehingga tongkang harus berhati-hati. Pada  $\pm 24,5$  km kembali dijumpai alur sempit dengan lebar sungai 214 m dan tongkang harus berbelok ke kanan. Pada  $\pm 36$  km kembali alur menjadi sempit karena di sisi kiri kapal terdapat pulau dan lebar alur kira-kira 100 m. Pada  $\pm 40,5$  km di daerah Sokan, dimana terjadi pendangkalan juga hingga kedalaman sungai kurang dari 5 m sehingga hanya pada waktu pasang saja aman dilewati. Untuk itu perlu diperhitungkan waktu keberangkatan tongkang baik dari tempat penimbunan batubara Sambarata maupun Lati. Setelah melewati daerah Sokan tongkang harus melewati daerah yang sempit dimana kedalaman sungai yang lebih dari 5 m ada di kanan kapal sehingga tongkang harus merapat ke sisi kanan sungai, pada  $\pm 40,5-49$  km. Sebagai penunjuk alur, di daerah ini terdapat 3 buah rambu yang sengaja dipasang oleh PT. Berau Coal untuk memandu kapal



Gambar 2. Tumbuhan Nipah di Pinggir Sungai Berau Mengalami Abrasi Akibat Angkutan Air

yang melewati daerah ini. Perjalanan tongkang makin sulit karena harus melewati 2 tikungan sungai yang tajam di daerah P. Sodang Besar sampai daerah P. Lungsuran Naga, pada  $\pm 49-58,5$  km. Setelah itu pada  $\pm 58,5-69$  km tongkang melewati 2 tikungan tajam dan terdapat daerah yang dalam ( $>20$  m) di depan PT. Kiani Pulp. Setelah melewati daerah Kiani Pulp perjalanan tongkang relatif aman karena sudah memasuki daerah muara hingga mencapai kapal pengangkut yang menunggu di lepas pantai pada  $\pm 69-87,5$  km.

### KESIMPULAN

Morfologi dasar Sungai Berau umumnya landai dengan kedalaman hingga 30 m, hanya beberapa daerah cukup curam. Tepian Sungai Berau mengalami abrasi di beberapa tempat seperti daerah Teluk Bayur, sepanjang daerah Pelabuhan Teratai, Cempaka, dan Tanjung Redeb, Maluang, Perumahan P.T. Berau Coal, Samburakat, Kurimbang, Tanjung Perangat, Lati, Sokan, dan Kiani Pulp. Khususnya di sepanjang tepian Pelabuhan Tanjung Redeb, saat ini sedang dibangun tembok-tembok penahan hempasan gelombang. Perbedaan waktu terjadinya pasang ke surut

antara Gunung Tabur dan muara sungai adalah 2,5 jam yang berarti ketika di muara sungai air sudah pasang atau surut, baru 2,5 jam kemudian daerah Gunung Tabur mengalami air pasang atau surut. Dari pengukuran arus kecepatan arus di kedalaman 1 m sebesar 0,8 m/detik sedangkan pada kedalaman 5 m kecepatan arus 0,6 m/detik, berarti arus di permukaan lebih besar daripada arus di bawah permukaan air sungai.

Secara umum Sungai Berau masih layak sebagai alur transportasi batubara, hanya daerah-daerah tertentu yang perlu mendapat perhatian khusus.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ka. Tim Ir. Catur Purwanto dan rekan-rekan, terutama kepada IG Ketut Aryana yang telah memberikan dukungan khusus kepada penulis, atas kerjasamanya selama di lapangan sampai selesainya tulisan ini, kepada rekan-rekan yang tentunya tidak dapat kami sebutkan satu persatu di tulisan ini, serta kepada editor yang telah membantu dalam terbitnya tulisan ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_, PT. Berau Coal Test Burn Transportation, *Mobil Shipping and Transportation Company, Marine Offshore Division*, New York, 1987.
- R.L. Situmorang, G. Burhan, *Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb, Kalimantan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1995.
- \_\_\_, *Kabupaten Berau Dalam Angka 2000*, Badan Pusat Statistik Kabupaten Berau dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Berau, 2001.
- Tim Berau, *Kajian Proses Sedimentasi Untuk Alur Transportasi Batubara Di Sungai Berau*, Kalimantan Timur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, 2001.
- \_\_\_, *PT. Berau Coal in Brief*, PT. Berau Coal, Tanjung Redeb, Kabupaten Berau, 2001.



# UPAYA KONSERVASI BAHAN GALIAN DALAM PENGELOLAAN EMAS ALUVIAL DALAM PERTAMBANGAN SEKALA KECIL DI KABUPATEN NABIRE, PROVINSI PAPUA

Oleh :

**Denni Widhiyatna**

Kelompok Program Penelitian Konservasi

Pusat Sumber Daya Geologi

## SARI

Kegiatan penambangan/pendulangan emas aluvial di Kabupaten Nabire dilakukan oleh masyarakat Papua dan suku pendatang pada tanah residual, endapan aluvial tua dan endapan sungai aktif (aluvial muda). Besarnya potensi cebakan emas aluvial ditunjukkan dengan tersebarnya lokasi penambangan emas antara lain di Topo, Kilo, Centrico, Siriwo, Musairo-Legare, Wanggar, Siriwini dan Wapoga.

Secara umum, metode penambangan emas aluvial dilakukan berdasarkan kondisi endapan aluvialnya, antara lain :

- Pendulangan pada endapan sungai aktif (aluvial muda) yang dilakukan pada badan-badan sungai dengan menggunakan peralatan sederhana seperti dulang atau wajan, linggis, sekop, cangkul dan ayakan.
- Metode tambang bawah tanah berupa sumuran dan lubang terowongan mirip lubang tikus atau sistem "gophering" untuk mengambil material aluvial tua atau tanah yang dekat dengan batuan dasar yang diperkirakan merupakan lapisan mengandung emas. Selanjutnya material yang diperoleh didulang di sekitar lokasi lubang tambang.
- Metode tambang semprot yang menggunakan mesin berkekuatan 5,5 PK/unit untuk menambang emas pada aluvial tua atau tanah lapukan, selanjutnya material tersebut diolah ke dalam "sluice box" yang kemudian mineral-mineral berat yang tertinggal dalam sluice box di dulang untuk memperoleh emas

Hasil perhitungan sumber daya hipotetik emas aluvial di beberapa lokasi antara lain endapan sungai aktif di Sungai Topo sebanyak 3,101 kg, pada endapan aluvial tua Blok Kilo 62-64 sebanyak 7,001 kg, endapan sungai aktif Sungai Jernih 1,057 kg, endapan sungai aktif Sungai Musairo 2,703 kg, endapan aluvial tua di daerah Palang sebanyak 2,74 kg dan pada endapan aluvial tua di daerah Sungai Musairo 16,44 kg

Pertambangan Sekala Kecil merupakan cara pengelolaan yang dapat diterapkan di daerah ini dengan melakukan penyempurnaan pada sistem penambangan dan pengolahan yang telah ada, kondisi ini disebabkan karena potensi sumber daya hipotetik emas aluvial di daerah kegiatan memiliki dimensi yang relatif kecil, infrastruktur yang belum mendukung, jenis endapan dangkal sebaiknya dikelola oleh masyarakat sehingga dengan cara penambangan yang telah ada dan sederhana dapat melibatkan masyarakat di sekitarnya dan lebih ekonomis.

Penyelidikan lebih rinci perlu dilakukan di daerah ini karena adanya endapan sekunder umumnya disebabkan oleh keberadaan cebakan primer yang besar yang mengalami pelapukan dan tertransportasi. Selain itu dengan melakukan penyelidikan lebih rinci akan dapat diketahui potensi sumber daya mineral secara lebih detil dengan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi.

## ABSTRACT

*Mining activity or panning of alluvial gold in Nabire Regency done at residual soil, old alluvial deposit and stream sediment (young alluvial) by Irianese community and new arrivals. Level of alluvial gold deposits is shown at its distribution areas such as: gold mine in Topo, Kilo, Centrico, Siriwo, Musairo-Legare, Wanggar, Siriwini and Wapoga.*

*In general, alluvial gold mine methods were done based on conditions as follows:*

- Panning at stream sediment deposit (young alluvial) that done at rivers using simple equipment like pan or frying pan, crow bar, spade, hoe and screen.*
- Underground mine method applied is adit and shaft that looks like mouse hole or "gophering system" to take old alluvial material or soil close to basement rock that predicted to have gold bearing layer. After then the result processed for raw-gold around the area.*
- Hydraulicking mining method using pump of 5,5 HP/unit at the old alluvial or residual soil, to process the materials into "sluice box" and panned to obtain gold.*

*Estimated hypothetic alluvial god in Sungai topo is 3,101 kgs, at Blok Kilo 62-64 is 7,001 kgs and in Sungai Jernih is about 1,057 kgs. In Sungai Musairo the deposit is about 2,703 kgs, in Palang district 2,74 kgs and in Musairo area is 2,703 kgs.*

*Small Scale Mining is the proper way of managing suc activities includes retouching mining system and processing. Infrastructure and other supporting facilities have to be taken into consideration in conducting a better gold mining activity for the benefit of economic added valaue to the surrounding community.*

*Explorations that are more detailed need to be done in this district to obtain large primary deposit. Since the secondary deposit normally undergone weathering. In addition to that, edetailed exploration will enable to provide information on mineral resources.*

**PENDAHULUAN**

Sejarah penambangan emas di Kabupaten Nabire dimulai oleh kegiatan pendulangan emas pada endapan aluvial di Sungai Topo, Distrik Topo pada Tahun 1994. Kegiatan tersebut dilakukan oleh masyarakat pendatang dari Suku Sangir, Suku Minahasa, Suku Gorontalo, Suku Jawa dan Suku Sunda yang kemudian diikuti oleh penduduk asli Papua.

Pada saat ini kegiatan penambangan emas di Kabupaten Nabire telah tersebar di beberapa lokasi antara lain Daerah Topo, Kilo, Centrico, Siriwo, Wanggar, Wapoga dan Musairo-Legare yang dilakukan dengan menambang/mendulang lapisan tanah, endapan aluvial tua dan endapan sungai aktif. Daerah penambangan yang paling ramai saat ini yaitu Daerah Siriwo, namun untuk mencapai lokasi tersebut harus mempergunakan alat transportasi helikopter dengan ongkos Rp.3.000.000 per orang satu kali jalan dari Bandara Nabire atau berjalan kaki selama 2 hari.

**LOKASI KAJIAN**

Kabupaten Nabire memiliki luas wilayah ± 15.350 km2 berada diantara 134°35'-136°40'BT dan 2°25'- 4°15'LS, terletak di kawasan Teluk Cenderawasih bagian tengah Provinsi Papua. Batas-batas wilayahnya sebagai berikut:

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Yapen Waropen.
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Paniai.
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Manokwari
- Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Paniai dan Puncak Jaya.

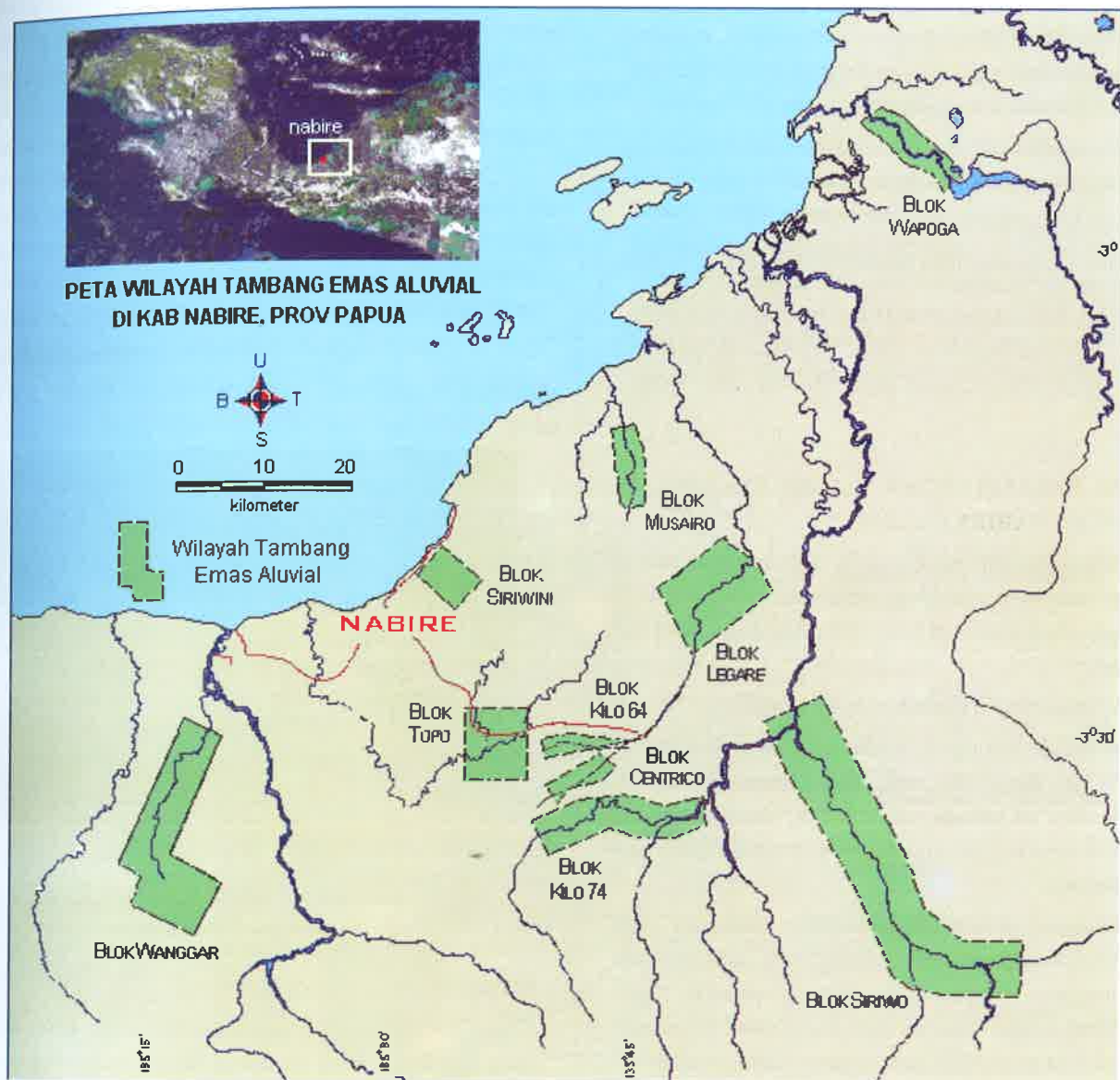


Gambar 1 Peta Lokasi Kajian daerah Kab Nabire, Provinsi Papua

Lokasi kegiatan penambangan/ pendulangan emas aluvial di Kabupaten Nabire tersebar pada beberapa lokasi seperti pada tabel.1 dan gambar 2 di bawah ini :

Tabel 1. Lokasi Wilayah Penambangan Emas di Kabupaten Nabire

No	Daerah	Lokasi Penambangan	Komoditi	Perkiraan Jumlah Penambang
1	Siriwo, Distrik Siriwo	Minitinggi, Bayabiru, Minibiru, Usir 58, Dandim	Emas	± 5000
2	Kilo 74, Distrik Uwapa	S.Adai, S.Utawa, Kali Dadi, Kali 74, Kali 80, Kali 82	Emas	± 2000
3	Centrico, Distrik Uwapa	Kilo.64, Kilo.66, Kilo,67	Emas	± 2000
4	Kilo 62 – 64 ( Jalan pemerintah ), Distrik Uwapa	Kilo.62, Kilo.64, S.Tembaga	Emas	± 2000
5	Wanggar, Distrik Wanggar	Kali Wami, Kali Wanggar, Kali Ororado, Gunung Anjing	Emas	± 1500
6	Topo, Distrik Uwapa	Argomulyo, Manabusa, Kilo.38, Kilo.40, Kali Cemara, Kali Danil.	Emas	± 1000
7	Musairo-Legare, Distrik Makimi	S.Musairo, S.Legare, Kali Jernih, SP.3	Emas	± 500
8	Siriwini, Distrik Nabire	Sungai Siriwini	Emas	± 50



Gambar.2 Peta Lokasi Wilayah Tambang Emas Aluvial di Kabupaten Nabire

### PENGERTIAN PERTAMBANGAN SEKALA KECIL

Pada dasarnya Pertambangan Skala Kecil di Indonesia bergerak di 4 sektor komoditas yaitu pertambangan emas, intan, batubara dan timah. Selain itu terdapat sektor lainnya di bidang mineral non logam seperti lempung kaolin dan penambangan pasir dan batu.

Beberapa karakteristik yang mendasar tentang kegiatan Pertambangan Skala Kecil antara lain :

1. Potensi cadangan sifatnya terbatas (minimum) dan biasanya mereka tidak mampu untuk melakukan kegiatan eksplorasi.
2. Teknologi penambangan dan pengolahan sifatnya "manual" dan diterapkan untuk bahan galian yang

bernilai (berkadar) tinggi.

3. Kualitas bahan galian dipengaruhi atau ditentukan oleh pasar/konsumen.
4. Sering mengabaikan kelestarian lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja (K3).
5. Ketersediaan prasarana pendukung kegiatan penambangan berada pada tingkat menengah (cukup).
6. Modal awal kegiatan penambangan sangat terbatas (minimum).
7. Dilakukan sebagai usaha keluarga atau perorangan oleh masyarakat setempat.
8. Para penambang mempunyai tingkat keahlian yang

dapat digolongkan ke dalam tingkat dasar sampai menengah (cukup).

9. Penggunaan tenaga kerja untuk setiap unit produk yang dihasilkan relatif tinggi (padat karya).
10. Waktu pelaksanaan penambangan sifatnya terbatas dan biasanya merupakan usaha sampingan.
11. Produktivitas rendah.
12. Kurang memperhatikan konservasi sumber daya alam (bahan galian).
13. Bentuk perijinan yang dapat diterapkan berupa Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR) atau Koperasi Unit Desa (KUD).

**KONDISI PENAMBANGAN EMAS ALUVIAL DI KABUPATEN NABIRE SAAT INI**

Penambangan emas aluvial di Kabupaten Nabire dilakukan oleh masyarakat asli Papua dan suku pendatang dari berbagai daerah seperti Suku Minahasa, Suku Jawa dan Suku Sunda.

Kegiatan penambangan dilakukan dengan cara :

1. Membentuk kelompok tambang dengan pembagian tugas dan kewajiban yang telah disepakati bersama. Pada cara ini terbagi status pemilik tanah, pemodal, kepala tambang, pekerja tambang, bagian-logistik dan keamanan.
2. Perorangan, sistem ini umumnya dilakukan oleh penduduk asli pemilik tanah yang dibantu oleh keluarganya. Bobi salah seorang pemilik tanah melakukan penambangan emas hanya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan keperluan anak-anak untuk sekolah, perolehan emas rata-rata perhari sekitar 2-4 gram/hari dengan memerlukan bensin sebanyak 5 liter untuk menggerakkan 2 mesin pompa 5,5 PK/unit.



Gambar 3 Penyemprotan tanah residual yang dialirkan ke dalam *sluice box* untuk memperoleh mineral berat dan emas ( Lokasi : Tambang Bobi).

Emas yang diperoleh penambang umumnya dijual kepada pemilik warung di pemukiman terdekat dengan harga yang ditentukan oleh pemilik warung tersebut.

Metode penambangan yang dilakukan berupa sistem semprot dengan menggunakan pompa berkekuatan 5,5 PK/unit yang dilengkapi dengan monitor (mata jet) untuk menyemprotkan air, kemudian material-material tersebut dilewatkan ke dalam sluice box dengan tujuan agar mineral berat dan emasnya terendapkan pada ijuk dalam sluice box yang selanjutnya di dulang di lokasi sekitarnya

Pada sungai aktif dilakukan pendulangan terhadap endapannya yang dilengkapi dengan sekop dan cangkul untuk memperoleh endapan sungai yang lebih dalam.



Gambar 4 Mendulang emas pada endapan sungai Di Kali.62, Distrik Uwapa

**SUMBER DAYA EMAS ALUVIAL**

Perhitungan potensi sumber daya emas aluvial pada beberapa lokasi dilakukan secara sederhana dengan melakukan pendulangan untuk analisis mineralogi butir, kemudian dihitung berat emas dalam conto konsentrat dulang tersebut.

Hasil perhitungan sumber daya hipotetik di beberapa lokasi yaitu sebagai berikut :

**BLOK TOPO, DISTRIK UWAPA**

**Tambang Bobi**

Hasil analisis mineralogi butir dari conto konsentrat dulang di tambang Bobi, menunjukkan bahwa conto konsentrat dulang dari tanah C.04 menghasilkan kandungan emas seberat 1 MC atau 0,34 mg dan conto C.70 yang merupakan hasil uji coba penyemprotan di bagian bawah dinding tambang Bobi dekat dengan batuan dasar mengandung butiran emas sebanyak 10 MC, 9 FC dan 2 VFC ( 4,772 mg ), sedangkan pada conto C.02, C.09, C.11 dan C.13 tidak ditemukan butiran emas.

**Gunung Sapi**

Berdasarkan informasi lisan dari penambang setempat, di lokasi ini pernah ditemukan butiran emas seberat 0,8 kg yang diperkirakan merupakan emas nuget. Adanya penemuan ini menyebabkan masyarakat sekitar mulai menambang di lokasi tersebut.

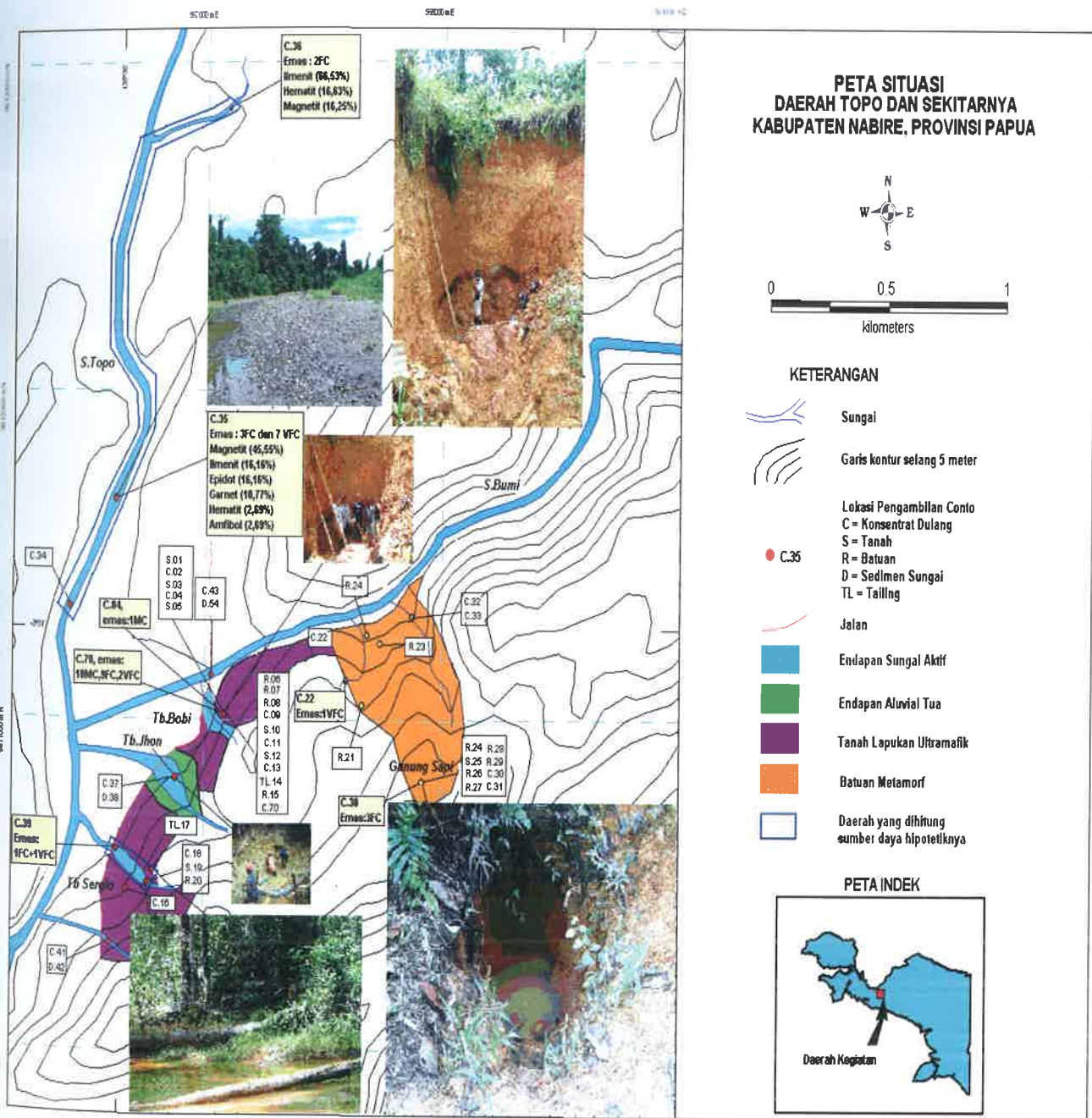
Pada conto konsentrat dulang (C.30) dari lokasi sumuran di Gunung Sapi diperoleh kandungan emas sebanyak 3 FC (0,45 mg) dari material sebanyak 5 Liter yang sebanding dengan kandungan emas sebanyak 90 mg/m<sup>3</sup>.

**Tambang Sergio**

Conto konsentrat dulang dari lapisan tanah pada lubang tambang sergio (C.16) diperoleh butiran emas

berwarna kuning metalik kuning kecoklatan karena masih terdapat pengotor. Sedangkan hasil pendulangan di lapangan diperoleh 1 "kaca" butir emas yang menurut penambang umumnya ukuran berat 1 kaca sebanding dengan 1 mg emas.

Conto konsentrat dulang dari endapan aluvial aktif (C.39) yang merupakan campuran sisa pengolahan emas atau berupa tailing dengan endapan sungai aktif mengandung butiran emas sebanyak 1 FC dan 1 VFC (0,161 mg) dari volume material 6 Liter. Luas endapan aluvial memiliki lebar 50 m di bagian hulu dan 18 m di bagian hilir, panjang 100 m dengan kedalaman 1 meter sehingga diperkirakan potensi sumber daya hipotetik emas tersebut sebanyak 91,233 gram.



Gambar 5. Peta Situasi Daerah Blok Topo, Distrik Uwapa, Kabupaten Nabire

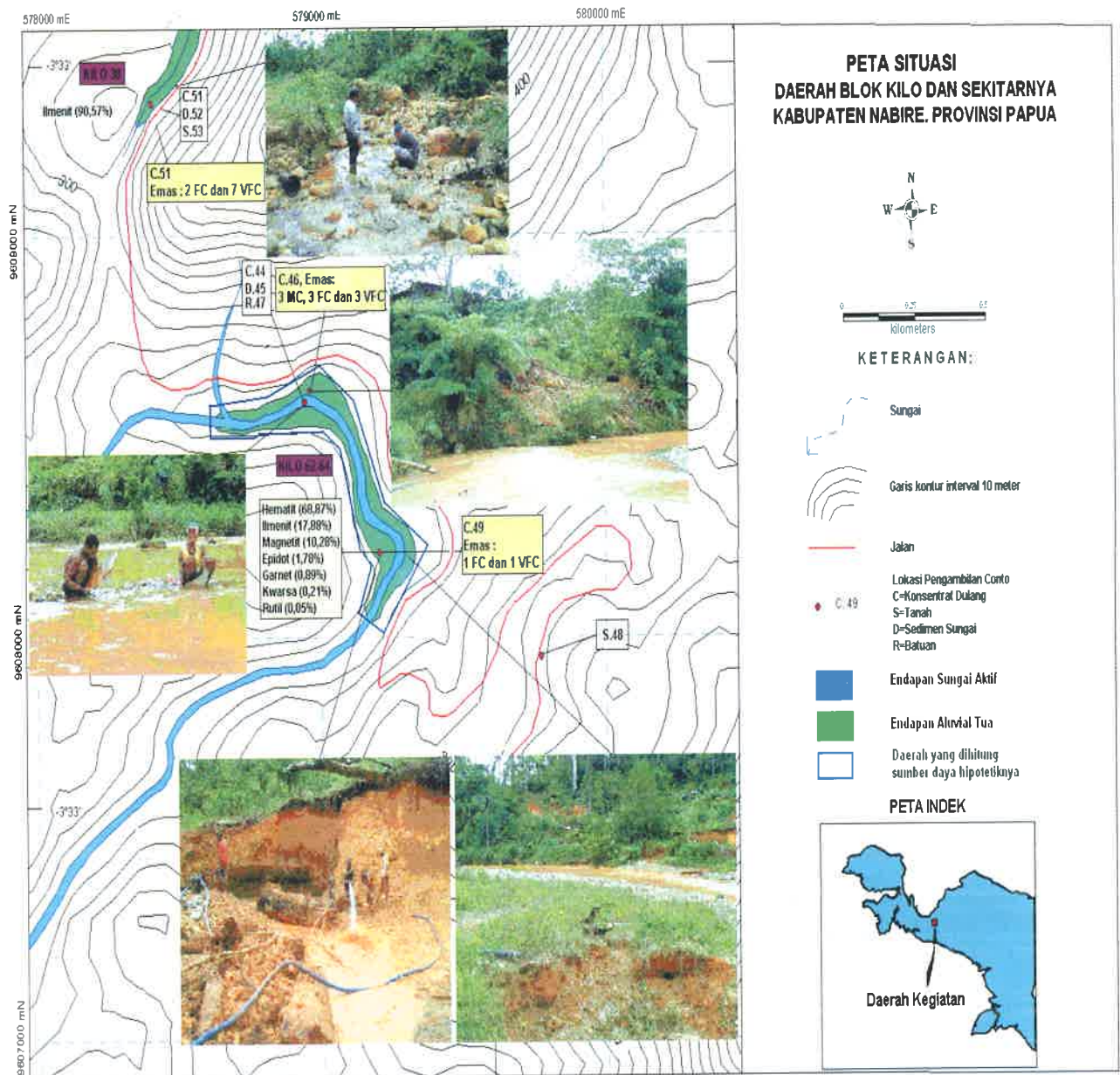
**Sungai Topo**

Butiran emas pada conto konsentrat dulang dari endapan sungai aktif di Sungai Topo (C.35) diperoleh seberat 3 FC dan 7 VFC (0,527 mg), pada conto konsentrat dulang C.36 di salah satu anak Sungai Topo diperoleh emas seberat 2 FC (0,30 mg). Maka potensi sumber daya hipotetik emas pada endapan sungai aktif di Sungai Topo dengan perhitungan sepanjang aliran 3 Km, ketebalan aluvial rata-rata 1 meter dan lebar sungai rata-rata 25 m diperkirakan sumber daya hipotetik emas sebanyak 3,101 Kg emas.

**BLOK KILO, DISTRIK UWAPA**

Penambangan/pendulangan emas aluvial di Blok Kilo dilakukan pada bagian sedimen sungai aktif sepanjang Sungai di Kilo-62 hingga Kilo-64 dan dinding aluvial tua dengan cara membuat sumuran vertikal.

Kandungan emas pada konsentrat dulang terdapat pada conto C-46 yang berasal dari lubang tambang vertikal pada endapan aluvial tua Kilo-62 sebanyak 3 MC, 3 FC dan 3 VFC (1,353 mg) dari volume conto material sebanyak 10,5 liter hal ini sebanding dengan 128,857 mg/m<sup>3</sup> Au. Conto konsentrat dulang dari endapan aluvial tua C-49 di Kilo 64 diperoleh emas sebanyak 1 FC dan 1 VFC (0,161 mg) yang berasal dari volume conto material sebanyak 6 liter yang sebanding dengan 26,833 mg/m<sup>3</sup>, maka kandungan rata-rata sebesar 77,845 mg/m<sup>3</sup>. Perhitungan sumberdaya hipotetik pada endapan aluvial tua di Sungai Kilo 62-64 diperkirakan kandungan emas aluvialnya sebanyak 77,845 mg/m<sup>3</sup> dengan lebar aluvial tua 15 m, panjang sungai 3000 m dan kedalaman material 1 m, maka sumber daya hipotetik emas aluvial sepanjang Sungai Kilo 62-64 tersebut sebanyak 7,006 Kg.



Gambar 6. Peta Situasi Daerah Blok Kilo, Distrik Uwapa, Kabupaten Nabire

Pengambilan conto konsentrat dulang (C.51) di lokasi Kilo-38 pada dinding aluvial tua menghasilkan kandungan emas seberat 2 FC dan 7 VFC (0,377 mg) atau sebanding dengan 37,7 mg/m<sup>3</sup> Au.

**BLOK MUSAIRO, DISTRIK LEGARE**

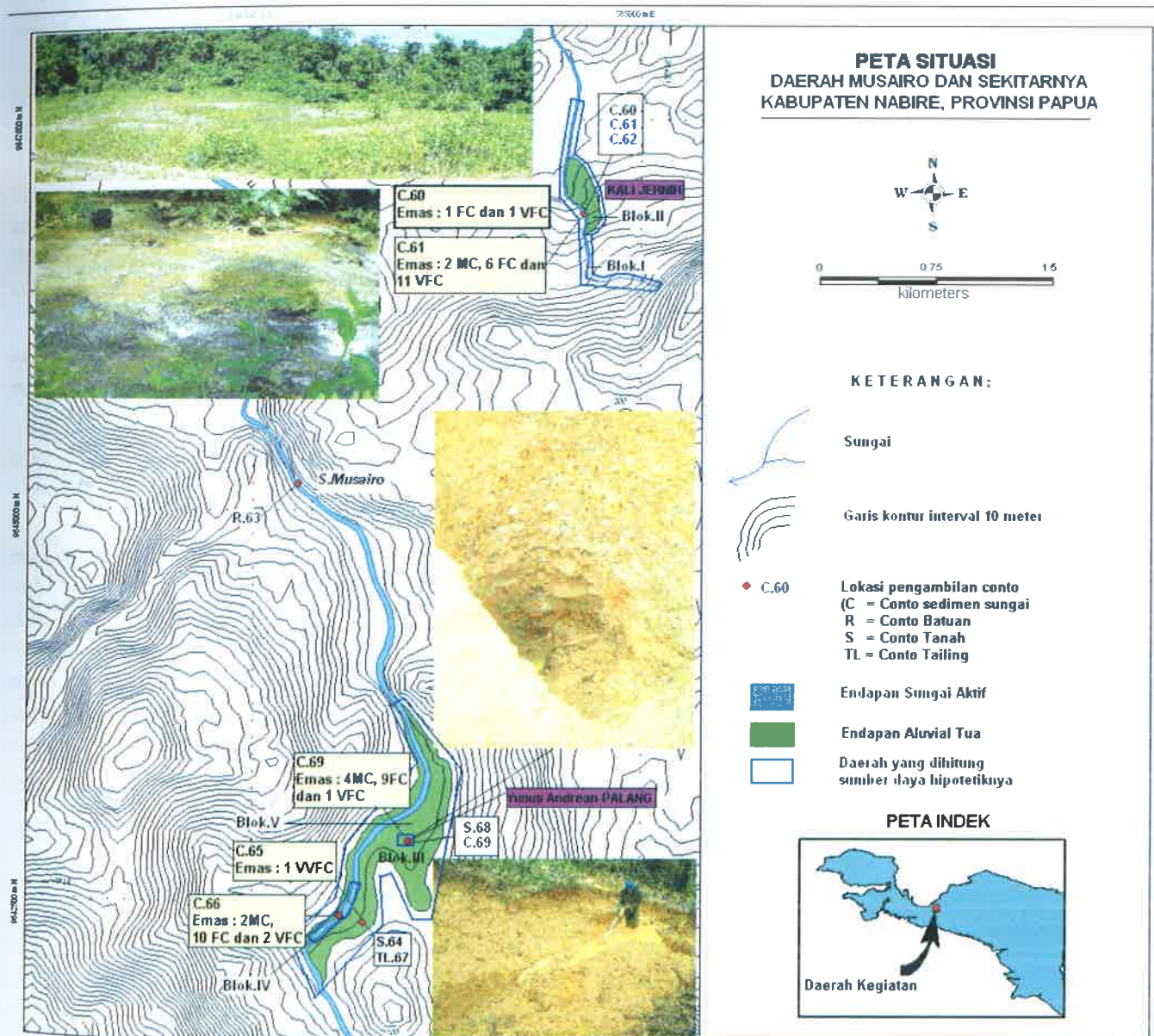
Pada lokasi Sungai Jernih, penduduk setempat umumnya melakukan penambangan pada sedimen sungai aktif dan endapan aluvial tua dengan cara pendulangan. Uji coba pendulangan di lokasi aliran Sungai Jernih umumnya menghasilkan butiran-butiran halus emas yang berwarna kuning metalik khas warna emas yang relatif bersih karena terliberasi sempurna sehingga tidak terdapat pengotor (C.61).

Hasil analisis mineralogi butir pada conto C-60 yang diambil dari endapan aluvial tua diperoleh kadar emas

sebanyak 1 FC dan 1 VFC yang sebanding dengan 0,161 miligram atau 16,1 mg/m<sup>3</sup>. Pelamparan endapan aluvial tua berukuran 70 m x 200 m dengan ketebalan 2 m, dengan demikian sumberdaya hipotetik emas aluvial pada endapan aluvial tua tersebut sebanyak 22,940 gram ?.

Hasil analisis mineralogi butir pada conto C-61 yang merupakan conto konsentrat dulang dari endapan sungai aktif Kali Jernih menghasilkan kandungan emas 2 MC, 6 FC dan 11 VFC (1,321mg) atau sebanding dengan 132,1 mg/m<sup>3</sup>. Lebar sungai rata-rata 4 meter, kedalaman endapan sungai 1 m dan panjang sungai 2000 meter, maka sumber daya hipotetik emas aluvial di Sungai Jernih adalah sebanyak 1,057 Kg.

Di lokasi Palang terdapat 2 lokasi kegiatan penambangan, conto konsentrat dulang C-65 diambil pada



Gambar.7 Peta Situasi Blok Musairo-Legare

lokasi tambang penambang dari Gorontalo, diperoleh kadar emas sebanyak 1 VVFC (0,0023mg) yang sebanding dengan 0,23 mg/m<sup>3</sup>.

Conto C-66 diambil dari endapan Sungai Musairo dengan kadar emas sebanyak 2 MC, 10 FC dan 2 VFC (2,162 mg Au) yang sebanding dengan 216,2 mg/m<sup>3</sup>, Lebar Sungai Musairo 25 m, panjang sungai 500 meter dan kedalaman 1 meter, maka sumber daya hipotetik emas aluvial sebanyak 2,703 Kg.

Conto C-69 berasal dari lokasi tambang Yunus Andrean, diperoleh kadar emas 4 MC, 9 FC dan 1 VFC (2,74 mg Au) dari 10 Liter material, sehingga harga rata-rata kandungan emas sebanyak 274 mg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan informasi lisan, luas daerah tambang yang akan dikerjakan yaitu 50 m x 100 m dengan ketebalan lapisan yang kaya emas setebal 2 meter, maka potensi sumberdaya emas hipotetik di daerah ini sebanyak 2,74 Kg. Apabila dilihat dari kontur ketinggian dan batas Sungai Musairo pada peta situasi Blok Musairo perkiraan luas endapan aluvial tua di daerah ini sekitar 30000 m<sup>2</sup>, maka potensi sumber daya hipotetik emas aluvial seberat 16,44 Kg.

**HASIL EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI PERUSAHAAN TAMBANG.**

Sebagian lokasi kajian merupakan daerah eksplorasi emas aluvial PT.Siriwo Mining di Blok 2. Hasil eksplorasi menunjukkan terdapat cebakan emas aluvial yang berdimensi kecil dalam endapan tanah laterit, koluvium dan eluvium di daerah Sungai Mati, Sungai Sowa dan Sungai Buaya. Endapan-endapan tersebut diperkirakan dari sumber yang dekat dan umumnya telah ditambang oleh rakyat. Kondisi tersebut terlalu kecil untuk dijadikan target eksploitasi PT.Siriwo Mining walaupun seandainya tidak ada kegiatan tambang rakyat.

Disimpulkan bahwa untuk Blok 2 tidak ada daerah prospek yang diperoleh pada cebakan emas aluvial, namun



Gambar.8 Kapal keruk untuk menambang emas aluvial di Sungai Musairo yang sudah tidak dipergunakan.

PT.Siriwo Mining akan melakukan pemboran di Utawa untuk mengetahui paleochannel di bawah permukaan.

Upaya eksploitasi emas aluvial di Sungai Musairo pernah dilakukan dengan menggunakan kapal keruk oleh salah satu perusahaan yang berasal dari Korea, namun kegiatan ini hanya berlangsung selama 6 bulan karena ketersediaan cadangan emas aluvial tersebut dianggap tidak ekonomis dibandingkan dengan biaya operasional.

**KEBIJAKAN PEMERINTAH**

Maraknya penambangan emas yang tersebar pada beberapa lokasi di Kabupaten Nabire telah diupayakan untuk ditertibkan oleh pihak yang berwenang dengan cara menjadikan Wilayah Pertambangan Rakyat.

Hal-hal yang telah ditempuh oleh pemerintah daerah antara lain :

1. Menerbitkan kartu dulang bagi tiap penambang dengan harga Rp 350.000 untuk setiap 3 bulan.
2. Menugaskan polisi untuk menjaga pintu masuk wilayah penambangan dengan memeriksa kartu dulang masing-masing.

Saat ini Wilayah Pertambangan Rakyat yang telah ada berdasarkan Surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral antara lain : WPR Sungai Bumi, WPR Sungai Buaya, WPR Sungai Matoa, WPR Sungai Soa-Soa dan WPR Sungai Adai

Wilayah Pertambangan Rakyat yang berdasarkan Surat Keputusan Kepala Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Papua adalah WPR S.Musairo.

Sedangkan Wilayah Pertambangan Rakyat yang sedang diusulkan antara lain : WPR Legare, WPR Wanggar, WPR Wami, WPR Siriwo dan WPR Wapoga.

Kebijakan pemerintah pusat dalam mengimplementasikan INPRES No.3 Tahun 2000 akan mengalokasikan cadangan mineral dangkal dan atau sekunder (aluvial) yang terdapat di sungai-sungai atau bekas sungai untuk diusahakan oleh rakyat melalui pertambangan berskala kecil. Dalam kaitan ini diperlukan pembinaan dan pengawasan secara intensif, serta dalam pelaksanaannya dapat dilakukan bekerja sama dengan perusahaan tambang swasta dan BUMN.

**PEMBAHASAN**

Potensi sumber daya / cadangan emas aluvial di Kabupaten Nabire perlu dikelola secara baik untuk memperoleh manfaat yang optimal terhadap nilai ekonomis bahan galian tersebut. Sistim Pertambangan Sekala Kecil (PSK) dalam mengelola bahan galian ini merupakan konsep dasar yang dapat diterapkan dengan berbagai pertimbangan dan upaya perbaikan antara lain :



- Kegiatan penambangan / pendulangan emas telah dilakukan oleh masyarakat asli Papua dan suku pendatang sejak tahun 1994 yang mengusahakan cebakan emas sekunder dalam tanah residual, endapan aluvial tua dan endapan sungai aktif. Hal tersebut merupakan embrio untuk pengembangan Pertambangan Skala Kecil dimana menurut UU No. 11/1967 pertambangan rakyat adalah pertambangan yang dikelola rakyat dan berada dalam wilayah pertambangan rakyat (WPR), prinsip dasar pertambangan rakyat atau Pertambangan Skala Kecil (PSK) yakni adanya pertambangan rakyat yang telah ada sebelumnya.
- Kegiatan penambangan emas dilakukan secara perorangan, usaha keluarga atau berkelompok yang aturannya dibuat berdasarkan kesepakatan bersama. Sedangkan kontribusi kegiatan ini dapat menambah pendapatan rumah tangga karena merupakan kegiatan sampingan selain pekerjaan utamanya. Seperti halnya dilakukan oleh masyarakat di Desa Argomulyo, Distrik Topo dan masyarakat Distrik Legare yang merupakan penduduk transmigran dengan mata pencaharian utama di bidang pertanian dan peternakan, kegiatan mendulang emas tersebut merupakan pekerjaan sampingan yang dapat menambah penghasilan keluarga.
- Di Desa Topo terdapat kegiatan pembuatan dulang yang dikenal dengan kualitas relatif baik, hal tersebut merupakan dampak tidak langsung dari adanya kegiatan penambangan emas aluvial. Bahkan adanya produksi dulang tersebut dapat memenuhi kebutuhan dulang beberapa toko di Kota Nabire.
- Kondisi infrastruktur yang belum mendukung membuat kegiatan ini sebaiknya dilakukan dengan manual atau semi mekanis, tidak perlu dilakukan penambangan dengan melakukan mekanisasi secara besar-besaran. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambangan di daerah kajian lebih memungkinkan dengan menggunakan sistem tambang semprot dan diolah melalui sluice box serta dulang.
- Dimensi sumber daya hipotetik yang relatif kecil tidak memungkinkan untuk dilakukan penambangan emas oleh perusahaan berskala besar. karena berdasarkan pengamatan di lapangan keterdapatn butiran emas umumnya berada pada bagian bawah endapan aluvial tua yang berupa gravel dengan variasi ketebalan hingga 2 meter. Hal ini ditunjukkan dengan lapisan-lapisan yang kaya dengan emas atau pay streak terletak pada batas endapan aluvial dengan batuan dasar, dimana di daerah ini disebut dengan batuan pengantar. Selain itu,

berdasarkan hasil penyelidikan beberapa perusahaan yang pernah melakukan eksplorasi di daerah ini disimpulkan bahwa cebakan emas sekunder di daerah ini tidak direkomendasikan untuk dieksploitasi lebih lanjut atau dapat dijadikan relict area. Oleh karena itu, di daerah ini dapat dijadikan sebagai wilayah Pertambangan Sekala Kecil untuk endapan emas aluvial.

Hasil perhitungan kadar emas di daerah ini relatif di bawah nilai ekonomis untuk diusahakan dalam bentuk pertambangan sekala besar. Sebagai perbandingan kadar emas di Kalimantan Barat yang terdapat di daerah Kapuas Hulu memiliki cadangan terukur 3.604.485 ton dan kadar Au 0,825 mg/m<sup>3</sup>, Sungai Raya, Monterado dan Nyemen (cadangan terukur 95.510.000 ton, kadar Au 182 mg/m<sup>3</sup>), Pangkalan batu (cadangan tereka 6.703.125 ton, kadar Au 124,08 mg/m<sup>3</sup>), Melawi (diusahakan oleh, PT Hamre, Kapuas Hulu dengan cadangan terukur 1.211.450,34 ton, cadangan terindikasi 375.405,82 ton, kadar Au 0,292 g/m<sup>3</sup>; oleh PT Sampit Mas dengan cadangan terukur 2.189.189,19 ton, kadar Au 0,148 g/m<sup>3</sup>), Kabupaten Kapuas (cadangan terukur 829.493 ton, kadar Au 0,868 g/m<sup>3</sup>), Kecamatan Singkawang dan Salamantan (kadar Au 121,06 - 127,10 mg/m<sup>3</sup>), Kabupaten Pontianak dan Ketapang.

- Pertambangan Sekala Kecil yang diharapkan diterapkan sebaiknya merupakan bentuk upaya penambangan rakyat yang mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat di wilayah sekitar lokasi pertambangan sebagai suatu bentuk penerapan asas ekonomi kerakyatan, memperluas lapangan kerja dan berkembang secara mandiri.
- Pembinaan dan pengawasan dari instansi yang berwenang pada sistem usaha penambangan ini akan dilakukan sehingga dapat mengikuti kaidah-kaidah penambangan yang baik dan benar dengan selalu memperhatikan K-3 tambang dan kelestarian fungsi lingkungan serta merangsang dan menunjang pertumbuhan ekonomi di sektor lainnya.

#### KESIMPULAN

1. Potensi cebakan emas aluvial pada beberapa wilayah penambangan emas di Kabupaten Nabire menunjukkan adanya sumber daya hipotetik yang relatif ekonomis, jika diusahakan dengan penambangan sekala kecil yang dilakukan oleh rakyat tanpa melakukan mekanisasi secara besar-besaran. Hal-hal yang menjadi pertimbangan antara lain :
  - Volume endapan aluvial dan tanah yang mengandung emas relatif terbatas.

- Potensi sumber daya cebakan emas relatif marginal sehingga tidak diperlukan modal yang besar.
  - Sumber daya manusia yang relatif banyak perlu diserap dalam kegiatan penambangan yang bersifat padat karya.
  - Pola penambangan secara tradisional dan manual di daerah ini akan relatif lebih ramah lingkungan karena hingga saat ini tidak mengimbuahkan merkuri untuk memperoleh butiran emas.
2. Upaya penerapan Pertambangan Skala Kecil di wilayah ini harus disertai dengan kegiatan pembinaan dan bimbingan kepada para penambang oleh pihak yang berwenang agar tercipta sistem penambangan yang baik (good mining practices) dan memperhatikan dampak yang mungkin timbul terhadap lingkungan sekitarnya.
  3. Kegiatan penyelidikan lebih rinci perlu dilakukan agar dapat diketahui potensi sumber daya/cadangan emas aluvial di Kabupaten Nabire dengan tingkat derajat kepercayaan yang lebih tinggi. Hal ini sangat berguna untuk dijadikan dasar perencanaan pengembangan wilayah pertambangan serta menciptakan pertambangan

- sekala kecil yang memiliki data eksplorasi yang lengkap sehingga akan memiliki rencana penambangan selanjutnya.
4. Mengingat endapan emas aluvial umumnya merupakan hasil proses erosi dan transportasi dari cebakan emas primer berdimensi besar, maka kemungkinan dapat dijumpai cebakan emas primer di daerah sekitarnya, oleh karena itu perlu dilakukan survei lebih lanjut.
  5. Bimbingan cara pengolahan emas perlu dilakukan karena umumnya tingkat perolehan yang dilakukan saat ini masih rendah (40% - 50%), oleh karena itu perlu dilakukan uji coba pengolahan dan modifikasi alat pengolahan yang ada agar tingkat perolehan pengolahan meningkat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. Sabtanto Joko Suprpto, Koordinator Kelompok Program Penelitian Konservasi, Pusat Sumber Daya Geologi yang telah memberikan saran dan koreksi dalam penulisan makalah. Juga disampaikan terima kasih kepada Asep Ahdiat dan Unen Oman yang menyediakan data dan gambar untuk melengkapi tulisan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aspinal Clive, IIED, 2001, *Small Scale Mining in Indonesia*, Jakarta.
- Aziz,S, 1999, *Aplikasi Geologi Kuarter untuk Eksplorasi Sumber Daya Mineral*, Geologi Teknik dan Tata Lingkungan, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Blackie, 1991, *Gold Metallogenic and Exploration*, Leicester Place, London.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2000, *Penanggulangan Masalah Pertambangan Tanpa Izin (PETI)*, Jakarta.
- Dinas Pertambangan DT.I Prop Irian Jaya dan Lembaga Penelitian ITB, 1998, *Pemetaan Wilayah dan Pembinaan Pengembangan Rakyat di Kabupaten DATI II Manokwari dan Nabire*, Bandung.
- Djunaidi Djoni.A, dkk, 1997, *Perencanaan Reklamasi Pasca Tambang di Tambang Karya Timah Belitung*, PPTM, Bandung
- Dow,D.B, Harahap.B.H, Hakim.S.A, 1990, *Geologi Lembar Enarotali, Irian Jaya*, Pusat Penelitian Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hartman L Howard, 1987, *Introductory Mining Engineering*, John Willey & Sons, Canada.
- Macdonald Eoin H, 1983, *Alluvial Mining, The Geology, technology and economics of placers*, Chapman and Hall, London.
- Pusat Sumber Daya Geologi, 2004, *Konsep Pedoman Teknis Penentuan Bahan Galian Lain dan Mineral Ikutan Pada Pertambangan Emas Aluvial*, Bandung.
- Pusat Sumber Daya Geologi, 2005, *Konsep Pedoman Teknis Inventarisasi Bahan Galian Tertinggal Pada Wilayah Bekas Tambang Emas Aluvial*, Bandung.
- Siriwo Mining.P.T, August 2001, *Report of First Year Exploration Period July 27, 2000 to July 26, 2001 and Proposed Work Programe and Budget of Exploration Period 2001/2002*, Jakarta.
- Siriwo Mining.P.T, September 2001, *Termination Report (Laporan Terminasi) Contract of Work PT.Siriwo Mining, Paniai Regency, Irian Jaya Province. Jakarta.*
- Sumarsono, 1992, *Bimbingan Teknis Penambangan Emas Alluvial di Sekonyer Kalimantan Tengah*, PPTM, Bandung.
- Webb, Hawke, 1962, *Geochemistry in Mineral Exploration*, Harper & Row Publisher, New York.
- Dit Pembinaan Pengusahaan Pertambangan dan LPM-ITB, 1997, *Proyek Pengembangan Pertambangan Sekala Kecil, Rencana Induk Pengembangan Pertambangan Skala Kecil.*

## MENGENAL METADATA SEBAGAI SEBUAH ALAT INVESTASI DATA

Oleh :

**S.S. Rita Susilawati**

(Bidang Informasi, Pusat Sumber Daya Geologi)

### SARI

Metadata dapat didefinisikan sebagai data tentang data atau data yang menjelaskan tentang data. Dokumen metadata berisikan informasi yang menjelaskan karakteristik suatu data, terutama isi, kualitas, kondisi dan cara perolehannya. Metadata digunakan salahsatunya untuk mendokumentasikan produk data yang dihasilkan serta menjawab pertanyaan mendasar tentang siapa, apa, kapan, dimana dan untuk apa sebuah data dibuat atau disiapkan.

Metadata memegang peranan penting di dalam mekanisme pencarian maupun pertukaran suatu data.

Sejak tahun 2002, Pusat Sumber Daya Geologi telah melakukan pekerjaan pembuatan metadata untuk produk data spasial yang dihasilkannya. Pekerjaan tersebut difokuskan pada pembuatan metadata peta potensi sumberdaya geologi Indonesia (mineral logam dan non logam, batubara serta panas bumi) berdasarkan lembar peta skala 1:250.000 serta dilaksanakan dengan tujuan utama untuk memelihara serta mempublikasikan data geospasial yang dimiliki Pusat Sumber Daya Geologi.

Tulisan ini berisi penjelasan tentang pengertian, manfaat dan kegunaan, maupun cara penyusunan metadata. Sedangkan secara lebih spesifik, tulisan ini juga akan menjelaskan tentang pekerjaan pembuatan metadata peta potensi sumberdaya geologi Indonesia yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi.

### ABSTRACT

*Metadata can be defined as data about data or data which explains about another data. Metadata document consists of information that describes the data characteristic including what is data about, data quality and data condition as well as how to get the access to the data. Basically metadata is developed to document the produced data and to answer the basic questions concerning who, what, when, where and why the data is made. Metadata is very important in searching data*

*Since 2002, Center for Geological Resources has been working on developing geospatial metadata. This project is focusing on building Indonesia's geo-resources potential metadata for all Indonesia's map sheets at scale of 250.000. One of the aims of this project is to maintain and publicize CGR geospatial data.*

*This paper will account for what metadata is. More specifically this will also explain about metadata of*

#### 1. Pendahuluan

Pusat Sumber Daya Geologi, sudah sejak lama memanfaatkan teknologi GIS dalam kegiatan survey maupun penelitian/penyelidikan sumberdaya geologi. Dengan teknologi GIS tersebut, saat ini Pusat Sumber Daya Geologi telah memiliki koleksi data spasial potensi sumberdaya geologi Indonesia yang cukup lengkap. Kumpulan tersebut meliputi data spasial potensi sumberdaya mineral logam dan non logam, batubara-gambut serta data spasial panas bumi Indonesia. Semua data tersebut dikelola serta disimpan dalam satu sistem database sumberdaya geologi Indonesia yang dimiliki Pusat Sumber Daya Geologi.

Pusat Sumber Daya Geologi telah ditetapkan sebagai walidata utama untuk data spasial potensi sumberdaya geologi Indonesia, oleh forum pertemuan walidata spasial Indonesia yang dikoordinir oleh

Bakosurtanal. Artinya, data potensi sumberdaya geologi Indonesia yang diakui adalah data yang dikeluarkan oleh Pusat Sumber Daya Geologi.

Dalam rangka memelihara serta mempublikasikan data geospasial yang dimilikinya, sudah sejak 3 tahun belakangan ini, Pusat Sumber Daya Geologi mengadakan kegiatan pembuatan metadata potensi sumberdaya geologi di Indonesia. Metadata dibuat berdasarkan lembar peta yang mengacu pada peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 250.000. Sementara ini, Pusat Sumber Daya Geologi telah berhasil menyelesaikan pembuatan metadata peta potensi sumberdaya geologi Indonesia untuk seluruh lembar peta skala 1:250.000 di pulau Sumatra dan Kalimantan. Rencananya, metadata tersebut akan dibuat untuk lembar peta skala 1:250.000 di seluruh Indonesia. Tahun ini ditargetkan untuk menyelesaikan metadata potensi

sumberdaya geologi di Pulau Sulawesi dan Maluku.

Tulisan ini dibuat dilatarbelakangi masih banyaknya pertanyaan seputar metadata dan kegunaannya. Dalam tulisan ini pembaca akan mendapatkan penjelasan tentang metadata secara umum serta geospasial metadata secara lebih spesifik.

## 2. Daftar Istilah

Untuk menyamakan persepsi, berikut arti dari beberapa istilah dalam metadata yang mungkin belum dikenal oleh pembaca:

Geospatial metadata : metadata yang mendeskripsikan objek-objek geografi (dataset, peta-peta, gambargambar atau dokumen-dokumen yang memiliki komponen geospasial).

Clearinghouse : suatu system server yang tersebar dan ditempatkan pada internet yang memuat gambaran nyata tentang data spasial digital yang tersedia. Informasi deskriptif berupa metadata dikumpulkan dalam suatu format standar untuk memudahkan query dan tampilan melalui beberapa situs yang terlibat.

FGDC : Federal Geographic Data Committee USA, sebuah lembaga resmi pemerintah Amerika Serikat yang bertugas menangani permasalahan data spasial.

## 3. Pengertian Metadata

Apa sih metadata itu ? ini pertanyaan pertama yang biasanya keluar setelah orang membaca kata metadata. Gampangnya dari kata meta dan data, orang mungkin akan bisa menduga apa arti dari metadata. Meta itu bisa diartikan sangat besar jadi metadata mungkin akan diartikan sebagian orang secara awam sebagai data yang sangat besar. Arti tersebut ada benarnya juga atau bisa dikatakan mendekati pengertian metadata yang sesungguhnya. Nah apa sih arti metadata yang sebenarnya?

Mengacu pada Wikipedia, definisi paling sederhana mengenai metadata adalah data tentang data atau data yang menjelaskan tentang data. Metadata pada umumnya berisikan informasi mengenai karakteristik data dan memegang peranan penting di dalam mekanisme pencarian maupun pertukaran data. Metadata dibuat untuk memfasilitasi pengertian, penggunaan ataupun manajemen pengelolaan suatu data.

Definisi lain mengenai metadata yang lebih sophisticated, adalah data terstruktur yang menjelaskan karakteristik sebuah data lain yang memiliki informasi tertentu dan dibuat dengan tujuan mempermudah identifikasi, pencarian, penilaian maupun manajemen pengelolaan data terkait. Dokumen metadata berisikan informasi yang menjelaskan karakteristik suatu data, terutama isi, kualitas, kondisi dan cara perolehannya.

Metadata digunakan untuk mendokumentasikan produk data yang dihasilkan serta menjawab pertanyaan mendasar tentang siapa, apa, kapan, dimana dan untuk apa sebuah data dibuat atau disiapkan.

Metadata dibuat sesuai tipe data dan konteks penggunaannya. Contoh sederhana, dalam konteks perpustakaan dimana dimuat berbagai koleksi buku, pengelola perpustakaan bisa membuat metadata tentang sebuah judul buku. Metadata tersebut berisi deskripsi isi buku, jumlah halaman, pengarangnya, tahun penerbitan, no ISSN serta lokasi fisik buku tersebut ditempatkan di rak. Contoh metadata lain yang bisa dibuat adalah dalam konteks peta. Metadata suatu peta dapat berupa judul peta, tanggal pembuatan, standar yang digunakan dalam pembuatan peta, instansi yang menerbitkan, cara perolehan, harga peta dsb.

## 3. Kegunaan Metadata

Untuk apa sih metadata dibuat ? ini pertanyaan selanjutnya yang biasanya muncul setelah seseorang tahu tentang arti metadata. Ada beberapa kegunaan dan manfaat metadata, berikut adalah beberapa diantaranya:

- a. Metadata digunakan untuk mempercepat pencarian sebuah objek. Secara umum, permintaan pencarian objek dengan mempergunakan metadata dapat membantu users dari pencarian yang lebih kompleks secara manual. Saat ini sudah sangat umum untuk sebuah web browsers atau media management software untuk secara otomatis mendownload dan secara lokal memanfaatkan metadata, untuk meningkatkan kecepatan pencarian suatu file.
- b. Metadata adalah sebuah alat pengelola investasi data. Dengan melihat metadata, sebagai contoh kita dapat memonitor kemajuan pelaksanaan pekerjaan pembangunan data yang kita miliki, mendokumentasikan data-data yang ada atau yang sudah selesai dikerjakan, menginformasikan data-data yang dimiliki untuk dapat dimanfaatkan oleh pihak lain ataupun sebagai alat estimasi rencana kerja pengumpulan data di kemudian hari.
- c. Metadata juga merupakan salah satu sarana untuk menyebarluaskan kepemilikan data melalui mekanisme clearinghouse. Dalam konsep pemanfaatan data bersama (data sharing), metadata merupakan salah satu faktor penting karena metadata mendukung pemilik data dalam menempatkan dan mempergunakan datanya sendiri ataupun memanfaatkan data yang diproduksi oleh orang lain.
- d. Metadata membantu seseorang yang menggunakan data geospasial untuk menemukan data yang ia

butuhkan dan menentukan cara terbaik dalam memanfaatkan data tersebut. Metadata juga mengandung istilah-istilah baku yang dipakai dalam kasanah data spasial. Dengan pembakuan istilah, kesalahan arti dalam penuturan data spasial dapat dihindari.

- e. Metadata menjadi sangat penting dalam jaringan web dunia, karena sangat membantu untuk menemukan informasi berguna dari sekian banyaknya informasi yang tersedia. Jika sebuah web page tentang beberapa topik tertentu mengandung kata atau frase tertentu, maka seluruh web page lainnya tentang topik tersebut juga harus mengandung kata atau frase yang sama.

Secara lebih spesifik dalam manajemen data, metadata diperlukan untuk :

1. Menyimpan sejarah data sehingga dapat digunakan kembali atau dirubah sesuai keperluan
2. Menilai umur data dan karakter penyimpanan data untuk menentukan apakah data seharusnya tetap dipelihara, diupdate atau dihapus
3. Menanamkan pertanggungjawaban data dengan mengharuskan si pembuat data untuk mengenal data yang dimilikinya, menyebutkan apa yang diketahuinya dan apa yang tidak diketahuinya tentang data tersebut
4. Membatasi pertanggungjawaban data dengan secara jelas menentukan batasan penggunaan data yang efektif

Dalam kasus real metadata akan terasa manfaatnya ketika terjadi pergantian personel yang menangani data dan informasi. Perubahan personel biasanya juga menyebabkan organisasi kehilangan pengetahuan tentang data yang dimilikinya seiring dengan kepergian personel tersebut. Data yang tidak terdokumentasikan bisa kehilangan nilainya. Personel pengganti kemungkinan hanya akan memahami sedikit tentang isi dan penggunaan database spasial yang dimiliki organisasi. Mereka bisa jadi merasa ragu untuk membuat produk (misalnya peta) dari data-data tersebut. Dengan adanya metadata, akan sangat memudahkan bagi pegawai pengganti untuk melihat data yang dimiliki organisasi serta memudahkan mereka dalam memiliki pemahaman yang sama tentang bagaimana data tersebut harus diolah, diupdate ataupun dimanfaatkan.

Metadata akan juga membantu agar tidak terjadi duplikasi dalam pembuatan/pengelolaan data. Dalam kasus pemerintahan, sedikitnya pengetahuan tentang data yang dimiliki oleh suatu instansi oleh instansi lainnya, akan

memungkinkan terjadinya duplikasi pembuatan data, yang tentunya merupakan pemborosan dana dan tenaga. Apabila seluruh produk data spasial suatu instansi memiliki metadata yang bisa diakses oleh instansi lain melalui proses data sharing, hal ini akan memungkinkan instansi di luar instansi pembuat data untuk melihat koleksi kepemilikan data di instansi lainnya. Sehingga jika mereka memerlukan data tersebut mereka bisa memohon kepemilikan data bersama dan tidak perlu melakukan pengerjaan pembuatan data yang sama. Dengan cara ini, negara bisa menghemat dari pemborosan pembuatan data sejenis yang mungkin terjadi.

#### 4. Klasifikasi metadata

Metadata bisa diklasifikasikan berdasarkan tingkatan informasinya, yaitu :

- a. Discovery metadata : berupa informasi minimum yang diberikan untuk menjelaskan isi dari sumber data. Jenis metadata ini tidak dapat memenuhi kategori metadata yang bisa diaplikasikan pada tingkat internasional
- b. Exploration metadata : berupa informasi yang lebih detail yang diberikan dalam menjelaskan isi dari sumber data. Jenis metadata ini diharapkan dapat membantu pengguna data untuk keperluan analisis
- c. Exploitation metadata : berupa metadata yang sangat lengkap memuat informasi akses data, transfer data, load data, mengintegrasikan data dan penggunaan data untuk suatu aplikasi.

Metadata juga bisa diklasifikasikan sesuai dengan jenis informasi yang dibutuhkan oleh pengguna. Mungkin ada pengguna yang hanya membutuhkan informasi dimana ia bisa memperoleh produk data set dengan spesifikasi tertentu, atau ada pengguna yang memilih data set apa yang cocok dengan kebutuhan untuk mengerjakan tugas-tugas tertentu. Dalam hal ini metadata diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu :

- a. Metadata organisasi : yang menjelaskan mengenai organisasi penghasil data dan data yang dihasilkan.
- b. Metadata koleksi : yang menjelaskan mengenai informasi satu kesatuan data yang memiliki keseragaman isi. Contohnya metadata peta potensi sumberdaya geologi Indonesia per lembar peta skala 1 : 250.000.
- c. Metadata inventori : yang menjelaskan secara detail informasi dari masing-masing data set (lembar peta)

#### 5. Bagaimana Menyusun Metadata ?

Agar mendapatkan hasil maksimal, penyusunan metadata harus dipersiapkan dengan mempertimbangkan berbagai hal hingga produk informasi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak. Informasi metadata

ditetapkan berdasarkan 4 karakteristik yang menentukan peranan dari metadata, yaitu :

- Ketersediaan : informasi yang diperlukan untuk mengetahui ketersediaan data
- Penggunaan : informasi yang diperlukan untuk mengetahui kegunaan data
- Akses : informasi yang diperlukan tentang tatacara mendapatkan data
- Transfer : informasi yang diperlukan untuk mengolah dan menggunakan data

Dalam mempersiapkan metadata, sangat penting untuk memahami data itu sendiri. Selanjutnya, agar data bisa dimanfaatkan bersama dalam suatu sistem clearinghouse, adalah penting juga untuk mengenal standar yang akan kita acu. Dalam suatu sistem online, metadata harus mengacu pada suatu keseragaman agar dapat diinterpretasikan sama oleh setiap user, baik itu format maupun isinya. Keseragaman juga penting artinya untuk mendapatkan pemahaman yang sama dalam terminologi yang dipakai dalam menjelaskan data. Oleh karena itu, keseragaman harus mengacu pada suatu standar tertentu yang disepakati.

Metadata pada umumnya dibuat dalam satu file digital untuk satu jenis data.. Untuk sebagian orang, membuat metadata terkesan ruwet. Sebenarnya pembuatan metadata bisa kita buat lebih sederhana dengan cara mendesain alur kerja. Informasi dapat kita kumpulkan melalui formulir isian yang dibuat sesuai kebutuhan serta mudah dipahami. Formulir isian dipersiapkan serta didesain sedemikian rupa dengan menggunakan istilah yang dikenal oleh pembuat data. Kita bisa bagikan formulir tersebut kepada semua pembuat data/peta (Misalnya kelompok kerja yang memproduksi data spasial) untuk diisi dan kemudian kita kumpulkan. Formulir tersebut selanjutnya dikelola oleh seorang data administrator yang paham betul dengan standar yang digunakan untuk kemudian dibuat sesuai standar yang berlaku. Tentu saja terlebih dahulu kita harus sudah memiliki software metadata creation tool yang akan memudahkan seorang data administrator memasukan formulir isian dan mengubahnya ke dalam format standar. Dengan cara ini, dalam satu tahun kita bisa membuat metadata untuk banyak data spasial yang kita miliki atau kita produksi.

Jaringan Infrastruktur Data Spasial Nasional yang dikoordinir oleh Bakosurtanal telah membuat satu sistem aplikasi metadata berbasis web yang dapat dipergunakan oleh masyarakat ISDN yaitu Metadata Data Spasial Nasional (MDSN). Aplikasi tersebut dibuat sesuai standar Federal Geographic Data Committee (FGDC) Amerika yang diakui secara internasional.

#### 6. Standar Metadata

Secara sederhana yang dimaksud dengan standar

metadata adalah satu set terminologi serta definisi umum yang digunakan dalam metadata serta dipresentasikan dalam format terstruktur. Standar metadata spasial dibuat dan dikembangkan untuk mendefinisikan informasi yang diperlukan oleh seorang pengguna prospektif untuk mengetahui ketersediaan suatu set data spasial, mengetahui kesesuaian set data spasial untuk penggunaan yang diinginkan, mengetahui cara-cara pengaksesan data spasial serta untuk mentransfer set data spasial dengan sukses. Walaupun demikian standar tidak menetapkan tatacara bagaimana informasi diorganisasikan dalam suatu sistem komputer atau dalam suatu transfer data, tidak juga menetapkan tatacara bagaimana informasi tersebut ditransmisikan, dikomunikasikan atau disampaikan kepada pengguna. Jika standar metadata geospasial terkesan sangat kompleks itu karena standar tersebut didesain untuk mendeskripsikan seluruh data geospasial yang bisa dideskripsikan.

Komunitas internasional melalui International Organization of Standards (ISO), telah membangun dan menyetujui standar internasional metadata ISO 19115 pada tahun 2003. Standar ini adalah standar terlengkap dan terinci dengan acuan sangat luas sehingga pengguna dapat mengidentifikasi, mengevaluasi, mendapatkan dan menggunakan data. Salah satu keunggulan ISO 19115 adalah bisa memberikan tampilan yang lebih lengkap serta memudahkan pencarian yang lebih detail. Hanya saja cakupan aplikasi spasial yang luas menyebabkan ISO 19115 memiliki struktur yang lebih rumit. Dalam aplikasinya, tidak semua elemen dalam ISO 19115 harus digunakan. Setiap negara bisa mengembangkan profil metadata ISO 19115 nya sendiri sesuai dengan kebutuhan. Dalam hal ini ISO 19115 menetapkan metadata utama (core) yang harus ada dalam suatu sistem metadata.

Indonesia termasuk negara yang belum meng-adopt standar ISO untuk pembuatan metadata geospasialnya. Saat ini, masyarakat data spasial Indonesia yang tergabung ISDN, masih menggunakan Content Standards for Digital Geospatial Metadata, yaitu standar yang berisi sekumpulan istilah dan definisi umum untuk mendokumentasikan data spasial digital yang telah disetujui oleh Federal Geographic Data Committee (FGDC). Standar ini juga menetapkan nama, definisi unsur data dan group data dalam penyusunan metadata geospasial.

Pada tahun 2006, komunitas ISDN (termasuk Pusat Sumber Daya Geologi sebagai salah satu anggotanya) melakukan pengkajian dan pemberian rekomendasi penggunaan ISO untuk pembuatan metadata geospasial di Indonesia. Berdasarkan hasil kajian, tim menemukan beberapa kelemahan ISO 19115 yang menyebabkan standar tersebut sulit untuk diterapkan di Indonesia, dimana metadata

belum begitu dikenal serta belum begitu dirasakan manfaatnya. Beberapa kelemahan tersebut adalah jumlah elemen yang begitu banyak dan relasi di antaranya yang cukup sulit untuk dipahami; format dan urutan dokumentasi ISO 19115 yang sulit untuk dimengerti; serta penerapan ISO yang sangat tergantung pada sistem aplikasi pembuatan metadata.

Walaupun demikian, karena ISO 19115 telah disepakati oleh komunitas internasional, maka tim kajian merekomendasikan bahwa ISO 19115 dapat digunakan sebagai standar metadata data spasial nasional. Hanya saja untuk kesuksesan penerapan ISO diperlukan waktu serta tahapan kegiatan tertentu. Sebelum ISO 19115 diimplementasikan, maka standar FGDC tetap digunakan. Tahapan kegiatan yang disarankan oleh Tim Kajian dalam rangka mengimplementasikan ISO adalah :

1. Pengkajian lebih dalam terhadap standar ISO 19115 agar bisa lebih dipahami struktur metadatanya
2. Menentukan profil komunitas yang akan digunakan untuk membuat standar metadata
3. Pembuatan aplikasi metadata format ISO 19115
4. Pembuatan konverter metadata dari sitem FGDC ke ISO 19115
5. Sosialisasi dan instalasi sistem metadata ISO 19115 di instansi terkait

Pusat Sumber Daya Geologi sebagai salah satu bagian dari ISDN hingga saat ini masih membuat metadata dengan mengacu pada standar yang ditetapkan ISDN yaitu standar FGDC. Unsur-unsur metadata yang ditetapkan berdasarkan standar FGDC dikelompokkan sebagai berikut :

1. Informasi Identifikasi Data : yang memberikan informasi dasar tentang data, termasuk didalamnya adalah informasi judul, cakupan area dan aturan untuk menggunakan data. Unsur-unsur metadata yang termasuk di dalamnya adalah hal-hal yang diperlukan untuk mengidentifikasi data yaitu : sitasi, deskripsi, periode waktu pembuatan, status data, domain spasial, kata kunci, batasan akses dan batasan penggunaan data. Informasi identifikasi merupakan keharusan dalam penyusunan suatu metadata
2. Informasi kualitas data : yang memberikan informasi umum tentang kualitas data
3. Informasi pengorganisasi data : yang menunjukkan tatacara yang digunakan untuk menyajikan informasi spasial dalam suatu data. Kategori metadata ini menjelaskan tentang objek, titik, vektor dan raster. Unsur-unsur yang berkaitan langsung dengan acuan spasial sangat diperlukan. Unsur-unsur yang tidak langsung berkaitan dengan acuan spasial hanya

digunakan untuk kategori tertentu.

4. Informasi acuan spasial : yang menjelaskan kerangka acuan koordinat dari suatu data
5. Informasi entitas dan atribut : yang memberikan informasi tentang isi informasi data, termasuk jenis entity, atribut dan domain untuk mendapatkan besaran atribut data
6. Informasi pendistribusian : yang memberikan informasi tentang nama institusi yang mendistribusikan dan tatacara untuk mendapatkan data
7. Informasi acuan metadata : yang memberikan informasi tentang informasi metadata. Informasi yang terkandung di dalamnya termasuk tanggal pembuatan metadata, kontak, standar dan versi metadata. Informasi acuan metadata merupakan unsur yang harus tersedia dari suatu metadata.

### 8. Metadata Potensi Sumber Daya Geologi Indonesia

Salah satu alasan pembangunan metadata di Pusat Sumber Daya Geologi, disamping untuk mendokumentasikan aset data spasial, adalah juga dalam rangka mensosialisasikan keberadaan data dan informasi potensi sumber daya geologi Indonesia kepada stake holder bidang sumber daya geologi. Metadata potensi sumberdaya geologi Indonesia berisi formulir metadata dan peta-peta potensi Mineral Logam, Non Logam, Batubara, Gambut dan Panas Bumi perlembar peta skala 1 : 250.000.

Metadata potensi sumberdaya geologi Indonesia telah di upload kedalam website PMG ([www.dim.esdm.go.id](http://www.dim.esdm.go.id)). Semenjak metadata tersebut bisa diakses dari website PMG, semakin banyak permintaan permohonan data dan informasi potensi sumberdaya geologi Indonesia kepada PMG. Dengan kata lain, dapat dikatakan metadata telah memberikan informasi yang menarik tentang potensi sumber daya geologi Indonesia.

Metadata potensi sumberdaya geologi Indonesia dibuat dengan format sesuai standar ISDN. Metadata tersebut tidak hanya berisi formulir metadata tetapi juga berisi beberapa peta image. Peta image yang disertakan terdiri atas peta sebaran mineral logam berikut layer geologi disederhanakan, peta sebaran mineral non logam berikut layer geologi disederhanakan, peta potensi sebaran batubara dengan latar belakang formasi pembawa batubara dan peta lokasi panas bumi beserta layer hutan lindung serta batuan vulkanik. Selain peta image, metadata juga berisi tabel potensi sumberdaya perkomoditi (logam, non logam, batubara dan panas bumi) dalam format Excel.

### 9. Penutup

Pekerjaan penyusunan metadata sering dianggap rumit dan membosankan, sehingga banyak penghasil data yang enggan menyiapkan atau membangun metadata.

Sebenarnya dengan melihat manfaatnya ke depan, metadata adalah salah satu kegiatan inventarisasi serta dokumentasi data spasial yang pantas untuk terus dilanjutkan. Metadata bisa menyelamatkan investasi berupa uang dan tenaga yang kita keluarkan untuk mengumpulkan/mendapatkan data-data yang kita miliki. Metadata juga akan sangat membantu dalam membuat estimasi/rencana kerja pengumpulan data berikutnya.

Di masa yang akan datang, metadata sudah seharusnya dibuat untuk seluruh produk data spasial yang pernah dikeluarkan oleh Pusat Sumber Daya Geologi baik ketika bernama Direktorat Sumber Daya Mineral maupun ketika bernama Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral. Untuk memudahkan pengumpulan data, formulir metadata bisa disebar kepada seluruh kelompok komoditi yang menyelenggarakan kegiatan lapangan serta memproduksi peta/data spasial. Dengan jalan ini, diharapkan seluruh produk data spasial yang dihasilkan oleh Pusat Sumber Daya Geologi terpelihara dan terdokumentasikan dengan baik melalui metadatanya.

Lebih jauh, metadata yang bisa diakses melalui website, juga diharapkan mampu menyebarluaskan kepemilikan data spasial Pusat Sumber Daya Geologi

disamping mensosialisasikan potensi sumberdaya geologi Indonesia kepada stake holder bidang sumberdaya geologi. Semakin banyaknya pemesanan peta potensi setelah metadata dapat diakses melalui website membuktikan bahwa metadata memang sebuah alat investasi data. Uang dan tenaga yang dikeluarkan sedemikian banyak oleh Negara untuk menyelenggarakan survey penyelidikan/penelitian potensi sumberdaya geologi, tidak akan terbuang begitu saja. Terbukti dengan metadata, data tertata dan bisa mendatangkan kembali juta.

#### 10. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan di Unit Pelayanan Informasi Teknis, Bu Tati, Pa Encep, Pak Candra dan Retno yang selalu bersemangat mengerjakan metadata sehingga juga menularkan semangat untuk menulis tentang metadata. Pak Utoyo dkk, thanks untuk LAN serta internetnya yang sekarang lebih Sip, sehingga memudahkan penulis (mungkin juga teman-teman penulis yang lain) untuk membrowsing sebagian bahan bagi tulisan ini. Juga untuk Editor, terimakasih atas saran dan kritiknya yang menyempurnakan tulisan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

<http://dim.esdm.go.id/metadata>

<http://www.fgdc.gov/metadata>

<http://geology.usgs.gov/tools/metadata/tools/doc/faq>.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Metadata>

<http://www.webopedia.com/TERM/m/metadata>

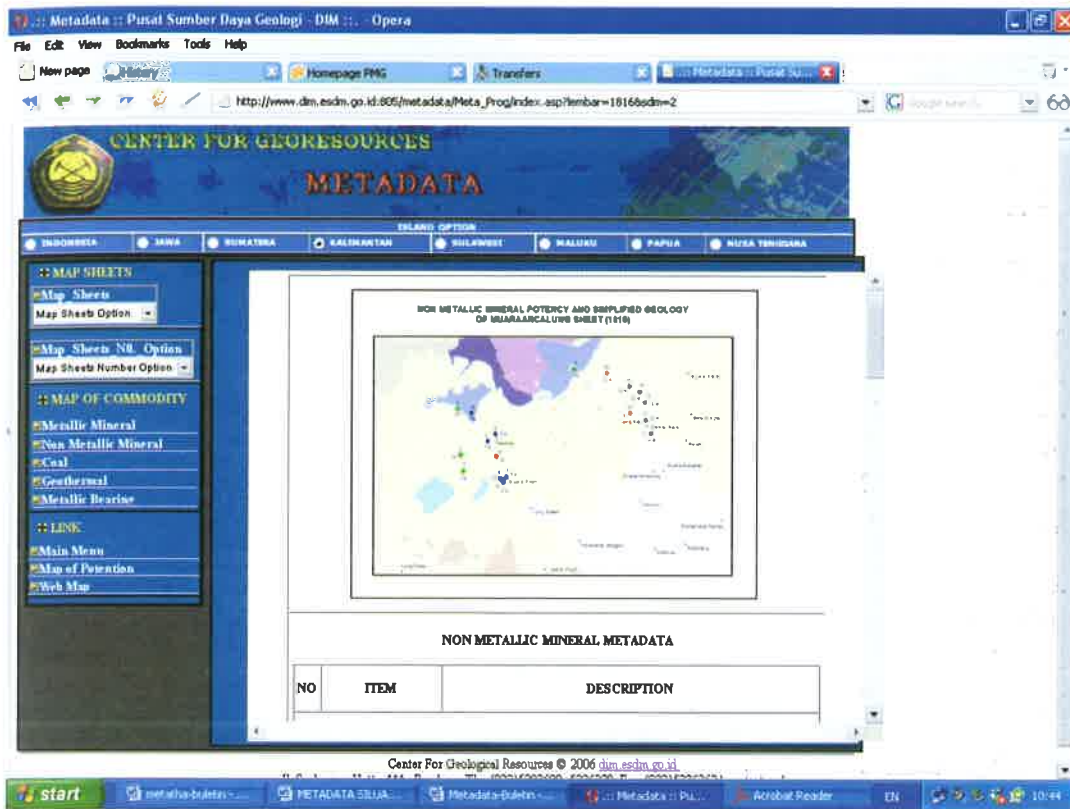
Tim Penyusunan Metadata, *Penyusunan Metadata Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi di Kalimantan*, Pusat Sumber Daya Geologi, 2006.

Sekretariat Infrastruktur Data Spasial Nasional (IDSN) 2005, *Pembangunan Metadata Data Spasial Nasional*, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, 2005.

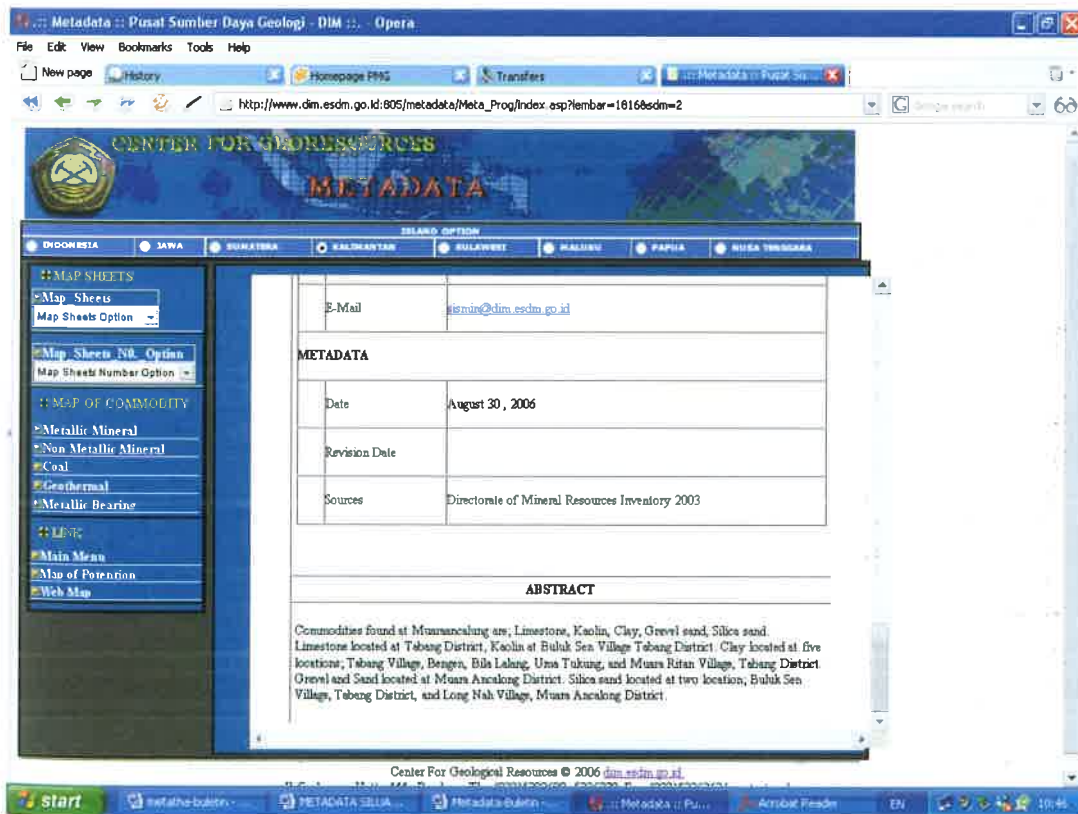
Tim Kerja Standar Metadata, *Rekomendasi tentang pemanfaatan dokumen ISO 19115 sebagai standar metadata nasional* Indonesia, Pusat Sistem Jaringan dan Standardisasi data Spasial,

Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional 2006 Sekretariat Infrastruktur Data Spasial Nasional (IDSN) 2006, *Standar Metadata Geospasial*, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, 2005.

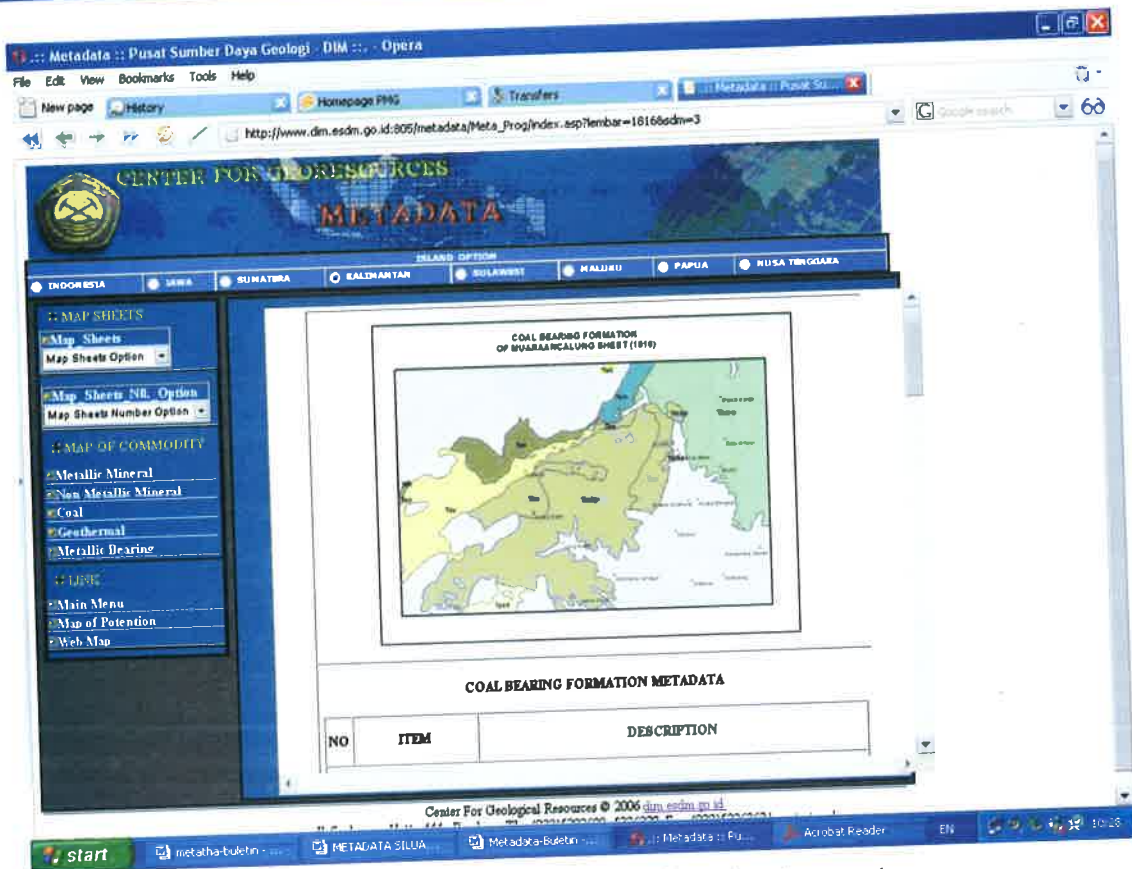




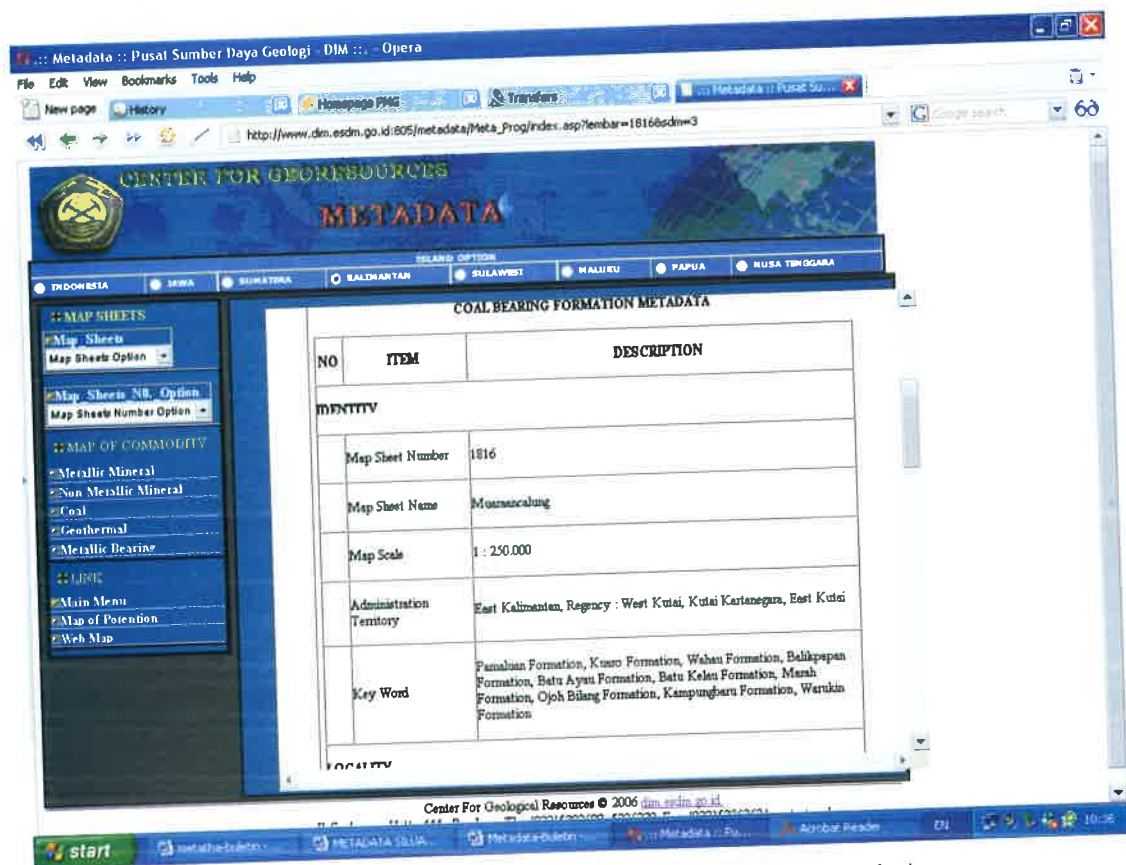
Gambar 1. Salah satu tampilan peta image potensi mineral logam dalam metadata potensi sumberdaya geologi Indonesia untuk lembar peta 1816, dalam website Pusat Sumber Daya Geologi



Gambar 2. Salah satu tampilan metadata potensi sumberdaya geologi untuk lembar peta 1816 dalam website Pusat Sumber Daya Geologi



Gambar 3. Salah satu tampilan peta image formasi pembawa batubara dalam metadata potensi sumberdaya geologi untuk lembar peta 1816 dalam website Pusat Sumber Daya Geologi



Gambar 4. Salah satu tampilan metadata potensi sumberdaya geologi untuk lembar peta 1816 dalam website Pusat Sumber Daya Geologi

## CIRI KHAS STRUKTUR TAHANAN JENIS DI DAERAH PANAS BUMI TEMPERATUR TINGGI: STUDI KASUS DAERAH PANAS BUMI JABOI-PULAU WEH

Oleh:

**Edi Suhanto, Sriwidodo dan Kasbani**

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi

Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Anomali tahanan jenis rendah yang teramati pada sistem panas bumi di lingkungan vulkanik sangat penting untuk menentukan target-target eksplorasi. Anomali-anomali tahanan jenis secara umum memperlihatkan anomali rendah di suatu zona di atas reservoir panas bumi. Suatu model khas tentang struktur tahanan jenis dari daerah panas bumi di lingkungan vulkanik telah dikaji oleh beberapa ahli geofisika untuk mengerti faktor-faktor yang mempengaruhi tahanan jenis di daerah panas bumi, dimana memperlihatkan bahwa produk-produk lempung konduktif dari hasil alterasi hidrotermal adalah yang paling umum sebagai penyebab keberadaan tahanan jenis rendah di atas reservoir.

Penyelidikan tahanan jenis listrik dc Schlumberger telah dilakukan di daerah panas bumi Jaboi, Pulau Weh, Nangroe Aceh Darussalam pada tahun 2005. Hasilnya memperlihatkan suatu delineasi zona tahanan jenis rendah yang berkaitan dengan zona prospek panas bumi Jaboi. Pola sebaran lateral tahanan jenis memperlihatkan zona-zona outflow ke arah mata air panas Jaboi dan Keuneukai. Struktur tahanan jenis memperlihatkan suatu lapisan konduktif kaya mineral lempung berbentuk cendawan dimana puncaknya mendekati ke permukaan di bawah daerah fumarola Jaboi dan ke sisi-sisinya semakin mendalam, dengan ketebalan yang bervariasi antara 200 m di daerah fumarola sampai 1100 m jauh di luar fumarola. Hasil perbandingan memperlihatkan bahwa delineasi zona rendah dan kecenderungan bentuk anomali tahanan jenis daerah Jaboi ini mempunyai kemiripan dengan tipikal struktur tahanan jenis di daerah vulkanik bertemperatur tinggi.

### - ABSTRACT

*Low resistivity anomaly observatin in geothermal system of volcanic area becomes very important to define targets of exploration. In general, resistivity anomalies indicated low anomaly on geothermal reservoir zone. A model of resistivity has been assessed by geophysicists to find out factors influencing resistivity in geothermal zone. It is believed that products of conductive clay resulted from hydrothermal alteration causing the existing lower resistivity on the said reservoir.*

*Electric resistivity conducted by Schlumberger in Jaboi geothermal field Aceh Darussalam in 2005 showed delineation of low resistivity. Lateral distribution of resistivity indicated outflow zones occurred to the geothermal springs of Jaboi and Keuneuka. Resistivity structure showed the existence of abundant clay on conductive layers in the form of parasiticon which its peak closer down below the fumarola of Jaboi and deeper to its rim with the thickness of 200 m in fumarola zones and about 1100 m farther out of fumarola. From the comparative study results showed the lower delineation zone and resistivity zone of Jaboi geothermal field tends to have similarity structural resistivity in high temperature volcanic area.*

### PENDAHULUAN

Tahanan jenis adalah salah satu sifat fisis batuan yang paling bervariasi dan telah terbukti sebagai parameter geofisika yang paling ampuh dalam eksplorasi panas bumi.

Pengukuran geolistrik tahanan jenis telah lama digunakan sebagai sebuah teknik eksplorasi geofisika dalam pencarian sumber daya panas bumi. Metode tahanan jenis semu arus searah (DC) telah banyak digunakan dalam prospek panas bumi di Indonesia dengan tingkat keberhasilan yang baik terutama pada daerah-daerah panas bumi yang berasosiasi dengan vulkanisme. Anomali-anomali tahanan jenis semu pada daerah-daerah ini secara umum mampu mendelineasi reservoir panas bumi bertemperatur

tinggi. Oleh karenanya, anomali tahanan jenis semu secara umum diterima sebagai indikator terbaik bagi suatu target panas bumi.

Berikut adalah cuplikan-cuplikan tentang bagaimana sifat fisis tahanan jenis batuan dimengerti dalam eksplorasi panas bumi.

### Struktur Umum Tahanan Jenis Panas Bumi Temperatur Tinggi

Johnston dkk. (1992) telah membuat studi untuk mengevaluasi berbagai metode tahanan jenis untuk eksplorasi panas bumi di daerah berlingkungan vulkanik. Mereka menyimpulkan bahwa kontras-kontras tahanan jenis dapat mendelineasi reservoir panas bumi dengan resolusi dan level

galat pengukuran yang baik. Mereka membuat struktur tipikal sebuah sistem panas bumi seperti ditampilkan secara skematik dalam Gambar 2. Zona-zona bagian atas yang lebih dingin dicirikan oleh alterasi ke smektit, suatu zona lempung konduktif (secara kelistrikan) yang terbentuk pada temperatur di atas 70°C. Di bawahnya adalah zona-zona bertemperatur lebih tinggi dimana ilit yang sedikit kurang konduktif saling menjemari dengan smektit. Kedua zona alterasi ini umumnya membentuk suatu penudung (clay cap) bagi suatu sistem panas bumi. Proporsi ilit naik terhadap temperatur, membentuk sekitar 70% dari campuran lempung tadi pada temperatur 180°C. Pada temperatur di atas 180°C ini kandungan smektit terus menurun, dan ilit murni muncul secara umum pada temperatur lebih tinggi daripada 220°C bersamaan mineral-mineral alterasi bertemperatur tinggi lainnya (klorit, epidot, dsb.) dalam kelompok alterasi propilitik.

Tahanan jenis dari zona smektit secara umum antara 1 dan 10 Ohm-m, bergantung utamanya pada tipe dan intensitas alterasi dan dapat berubah terhadap derajat saturasi dan temperatur aktual. Pada temperatur yang lebih tinggi, tahanan jenis meninggi. Pada saat transisi proporsi smektit turun 30% yang berkorespondensi dengan temperatur sekitar 180°C, tahanan jenis tipikal berada diantara 20 dan 100 Ohm-m. Sedangkan tahanan jenis di luar sistem panas bumi sangat bervariasi. Nilai 200 sampai 500 Ohm-m umum ditemukan di batuan vulkanik permukaan baik kering maupun tersaturasi parsial. Namun demikian, kehati-hatian harus dilakukan terhadap keberadaan sedimen, terutama sedimen laut, yang dapat memiliki nilai tahanan jenis kurang dari 5 ohm-m.

Daerah panas bumi Jaboi terletak di Pulau Weh yang secara administratif merupakan wilayah kota Sabang, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam (Gambar 1). Pada tahun 2005 telah dilakukan pengukuran tahanan jenis dc dengan konfigurasi Schlumberger.

Pada tulisan ini anomali tahanan jenis rendah di daerah panas bumi Jaboi dianalisis untuk melihat batas-batas zona prospek. Struktur-struktur tahanan jenisnya dianalisis untuk melihat kemungkinan keberadaan parameter-parameter reservoir seperti zona alterasi lempung dan puncak reservoir. Hasil ini akan diperbandingkan dengan suatu model tipikal tahanan jenis dari sistem panas bumi bertemperatur tinggi seperti dikutip di atas. Model struktur tahanan jenis Jaboi adalah tipikal dari sistem panas bumi bertemperatur tinggi di lingkungan vulkanik?

#### TATANAN GEOLOGI DAN MANIFESTASI PANAS BUMI

Pulau Weh merupakan sebuah pulau gunungapi muda yang terdiri dari deretan kerucut muda berarah baratlaut-tenggara dan utara-selatan (lihat Gambar 1). Pulau

ini masih terletak pada bagian ujung baratlaut dari struktur depresi besar Sumatera atau "graben Semangko". Karenanya, deretan kubah dan struktur-struktur sesar utama di pulau tersebut dominan berarah baratlaut-tenggara. Sebaran batuan dapat dibagi dalam tiga satuan batuan: batuan vulkanik tua Weh berumur Tersier-Kuarter, batuan vulkanik muda Kuarter, dan batugamping Kuarter berada di bagian timurlaut pulau.

Manifestasi panas permukaan pada empat kelompok lokasi: di Jaboi berupa lapangan fumarola/solfatar/tanah panas dengan luas sekitar 12 ha dengan temperatur mencapai 99.5°C dan beberapa mata air panas dengan pH netral dan temperatur antara 67 dan 71°C, lapangan fumarola/solfatara ini terletak di lereng tenggara gunungapi termuda G. Leumo Matee dan di lereng utara G. Semeureguh yang berumur Kuarter; di Keunekai berupa sebuah mata air panas pH netral dengan temperatur 38°C; di Lhok Pria Laot berupa tanah teralterasi, kolam lumpur panas dan mata air panas dengan temperatur mencapai 100°C; dan di Iboih berupa mata air panas bertemperatur sekitar 41°C.

#### SEBARAN TAHANAN JENIS SEMU

##### Anomali Tahanan Jenis Semu Rendah

Gambar 3 memperlihatkan sebaran tahanan jenis semu untuk bentangan setengah arus (AB/2) 250 m. Peta ini memperlihatkan secara menonjol suatu anomali tahanan jenis semu rendah dengan bentuk menutup dan konsentrik ke arah area fumarola/solfatara Jaboi dan pada sisi timur melidih ke arah mata air panas pantai Jaboi. Kecenderungan melidih juga terlihat pada sisi baratlautnya yang cenderung melidih ke arah selatan dimana mata air panas Keunekai berada, namun kurang tegas. Pola kontur pada sekitar anomali rendah ini memperlihatkan gradien yang tegak kecuali di sisi timur yang difusif ke arah timur timur tenggara atau ke pantai timur Jaboi dimana beberapa mata air panas Jaboi berada. Untuk mempermudah analisis, garis kontur 10 Ohm-m dipertegas dan diberi warna biru (Gambar 3), digunakan untuk memperlihatkan pola anomali menutup < 10 Ohm-m dan membatasi zona prospek bagian dalam dilihat dari peta AB/2 250 m. Untuk selanjutnya kontur 10 Ohm-m ini akan diperbandingkan dengan garis kontur 10 Ohm-m untuk AB/2 yang lebih besar lainnya. Pada gambar tersebut juga diperlihatkan suatu daerah arsiran (selanjutnya disebut ring) yang mengelilingi sisi luar garis kontur 10 Ohm-m. Ring ini memiliki daerah arsiran yang sempit dan lebar tergantung dari gradien kontur dekat garis kontur 10 Ohm-m, dimana sempit berarti gradiennya relatif tinggi yang juga berarti menandai batas anomali yang tegas sedangkan lebar berarti sebaliknya, gradiennya relatif lebih rendah yang juga berarti menandai batas anomali yang tidak tegas atau malah difusif jika lebih lebar lagi. Ring ini memperlihatkan

batas anomali yang tegas kecuali pada sisi timurnya yang cenderung difusif melidih ke arah timur-tenggara atau ke arah pantai Jaboi tempat dimana mata air-mata air panas Jaboi berada.

Sebaran tahanan jenis semu AB/2 500 m, seperti sebaran sebelumnya, juga memperlihatkan secara menonjol suatu anomali tahanan jenis semu rendah dengan bentuk menutup dan konsentrik ke arah lapangan fumarola/solfatara Jaboi (Gambar 4). Garis kontur 10 Ohm-m pada sebaran ini (warna hijau) memiliki bentuk yang mirip dengan garis kontur 10 Ohm-m pada AB/2 250m, namun sisi barat dan timurlautnya sedikit lebih meluas. Ring pada peta ini selain mempunyai sisi timurnya yang difusif ke pantai Jaboi, juga sisi baratlautnya yang difusif melidih ke selatan ke arah pantai Keuneukai dimana mata air panas Keuneukai berada. Secara umum, nilai tahanan jenis semu pada peta ini tertinggi sekitar 300 Ohm-m, atau lebih rendah daripada pada peta AB/2 250m yang nilai tertingginya mencapai sekitar 800 Ohm-m.

Pada sebaran tahanan jenis semu AB/2 750 m juga masih diperlihatkan suatu anomali rendah menonjol (Gambar 5) dengan bentuk yang sama seperti pada peta-peta sebelumnya. Garis kontur 10 Ohm-m pada sebaran ini (warna merah) memiliki bentuk yang mirip dengan garis kontur 10 Ohm-m pada AB/2 500m, namun pada sisi baratlautnya jauh meluas dengan bentuk melidih ke selatan ke mata air panas Keuneukai, selain sisi timurlautnya yang juga sedikit meluas. Ring pada peta ini secara umum jauh lebih lebar atau kurang tegas daripada ring pada peta-peta sebelumnya; dan sisi timurnya masih difusif ke pantai Jaboi.

Pada sebaran tahanan jenis semu AB/2 1000 m (Gambar 6) pola anomali rendahnya mirip dengan anomali rendah pada peta AB/2 750m, dimana pada sisi baratlautnya garis kontur 10 Ohm-m (warna ungu) juga melidih ke selatan, yakni ke mata air panas Keuneukai namun dengan ujung lidahnya yang cenderung meluas ke tenggara, dan juga dengan sisi timurnya yang lebih meluas ke tenggara. Ring pada peta ini juga mirip dengan ring pada AB/2 750m, dimana secara umum jauh lebih lebar atau kurang tegas daripada ring pada peta-peta AB/2 500m dan 250m. Pada sisi timurnya ring ini masih cenderung difusif ke pantai Jaboi.

#### **Delineasi Zona Prospek dan Struktur Outflow**

Gambar 7 memperlihatkan kompilasi garis kontur 10 Ohm-m hasil analisis dari masing-masing AB/2 250m, 500m, 750m, dan 1000m di atas. Secara umum semakin besar AB/2 semakin lebar garis konturnya. Dapat dilihat bahwa garis-garis ini saling berimpit relatif rapat di bagian baratlaut dan selatan. Ini mengindikasikan bahwa batas tepi zona rendah relatif tegas pada bagian-bagian tersebut. Pada bagian-bagian lain seperti di bagian utara dan timur garis-

garis ini berimpit secara renggang atau mengindikasikan batas tepi zona rendah yang relatif kurang tegas. Pada bagian baratlaut, garis-garis AB/2 250m dan 500m saling berdekatan dan jauh dari garis-garis AB/2 750m dan 1000m yang keduanya berdekatan dan melidih ke mata air panas Keuneukai.

Dari keempat garis kontur ini dibentuk sebuah ring (diperlihatkan oleh daerah bersirip pada Gambar 7) dengan lebar yang bergantung pada kerapatan keempat garis kontur tersebut. Ring ini dapat dijadikan sebagai alat untuk mendelineasi zona prospek; zona prospek berada dalam bagian dalam ring dan dalam ring tersebut. Sempit dan lebarnya ring mengindikasikan tegas atau kurang tegasnya batas tepi dari zona prospek atau mengindikasikan tingkat ketidakpastian batas tepi. Ring ini relatif sempit di sisi baratlaut dan selatan yang mengindikasikan bahwa batas tepi zona rendah relatif tegas pada bagian-bagian tersebut. Pada sisi utara dan timur ring relatif lebar yang mengindikasikan batas tepi zona rendah yang relatif kurang tegas. Pada sisi ini ring cenderung melidih ke arah pantai Jaboi tempat dimana mata air mata air Jaboi berada. Pada sisi baratlaut ring juga melebar dengan bentuk melidih ke selatan ke mata air Keuneukai di pantai Keuneukai.

Bentuk melidih dari ring merupakan tipikal suatu struktur 'outflow' dari sistem panas bumi, dimana fluida panas bumi dalam bentuk air panas keluar dari sistem ke dekat permukaan dengan arah yang dikontrol oleh arah radian hidrologi. Sebagian dari air panas ini keluar ke permukaan sebagai mata air panas. Untuk kasus prospek Jaboi ini, mata air panas di pantai Jaboi dan Keuneukai merupakan manifestasi panas yang berada pada struktur outflow dari sistem panas bumi Jaboi.

### **STRUKTUR TAHANAN JENIS**

#### **Struktur Perlapisan**

Struktur perlapisan tahanan jenis diperoleh dari hasil pemodelan sounding satu dimensi. Struktur tahanan jenis daerah panas bumi Jaboi secara umum memperlihatkan suatu pola H (tinggi-rendah-tinggi) seperti kebanyakan daerah panas bumi lainnya. Pola ini terdiri dari lapisan pertama berupa overburden resistif dengan nilai antara 40 Ohm-m sampai 1500 Ohm-m, lapisan kedua berupa lapisan tahanan jenis rendah/konduktif dengan nilai antara 2 Ohm-m sampai 10 Ohm-m, dan lapisan ketiga berupa lapisan dasar elektrik dengan nilai antara 15 Ohm-m sampai 25 Ohm-m. Ketebalan lapisan pertama bervariasi antara 0 m di daerah fumarola sampai 500 m jauh di luar fumarola. Ketebalan kedua atau lapisan konduktif bervariasi antara 200 m di daerah fumarola sampai 1100 m jauh di luar fumarola.

Gambar 8 memperlihatkan sebuah penampang struktur tahanan jenis yang memotong Keuneukai ke utara

pai di kompleks fumarola Jaboi, kemudian membelok ke arah timur ke kompleks mata air panas Jaboi. Struktur tahanan jenis ini membentuk pola payung cendawan dengan puncaknya pada daerah manifestasi fumarola dan menyentuh permukaan permukaannya. Semakin menjauh dari daerah fumarola, resistivitas tahanan jenis semakin dalam dan menebal. Pada daerah outflow atau kompleks mata air panas Jaboi puncak, lapisan resistif berada pada kedalaman sekitar 500 m dengan ketebalan sekitar 1000 m. Pada daerah outflow Keuneukai lapisan resistif memiliki pola dengan kecenderungan yang sama.

#### Permukaan Lapisan Resistif

Lapisan di bawah lapisan konduktif, berupa lapisan resistif dengan nilai resistivitas antara 15 Ohm-m dan 25 Ohm-m, berfungsi sebagai lapisan resistif, dan bertindak sebagai lapisan dasar elektrik. Lapisan resistif ini kemungkinan berasosiasi dengan zona reservoir bagian atas dari sistem panas bumi Jaboi. Permukaan lapisan konduktif, seperti lapisan konduktifnya, memiliki bentuk permukaan cendawan dengan puncaknya berada pada kedalaman sekitar 500-300 m di bawah daerah fumarola dan mendalam ke arah timur serta curam pada daerah outflow, terutama di outflow Jaboi kedalamannya sekitar 1500-2000 m dari permukaan.

Gambar 9 memuat suatu permukaan dasar lapisan konduktif atau permukaan atas lapisan resistif, dioverlaykan dengan anomali-anomali tahanan jenis semu dan batas zona prospek. Kedalaman permukaan tersebut relatif terhadap permukaan tanah dengan nilai yang positif ke bawah. Kontur permukaan ini memiliki bentuk yang cenderung konsentrik dengan pusat yang berada pada daerah tengah zona anomali rendah dan dengan pola yang melidih ke barat laut, mengikuti bentuk melidih dari zona anomali rendahnya. Ke arah timur-tenggara, bentuk kontur tidak melidih mengikuti bentuk melidahnya anomali rendah namun berlineasi utara-barat laut dan menurun secara tajam mulai dari sekitar 500 m di barat

mata air panas Jaboi ke arah pantai Jaboi. Ini memperlihatkan bahwa permukaan resistif di daerah tersebut curam dan semakin mendalam ke arah timur. Gambar 10 memperlihatkan gambaran 3-dimensi dari permukaan atas lapisan resistif.

#### Perbandingan Struktur Tahanan Jenis

Perbandingan struktur tahanan jenis Jaboi (Gambar 8) dengan tipikal struktur tahanan jenis Johnston, dkk. (1992) memperlihatkan kemiripan bentuk, terutama diperlihatkan oleh lapisan tahanan jenis rendahnya yang berbentuk cendawan yang memiliki ketebalan bervariasi antara 200 m di daerah fumarola sampai 1100 m jauh di luar fumarola. Lapisan rendah yang memiliki tahanan jenis bervariasi antara 2 s.d. 8 Ohm-m ini berkaitan dengan lapisan clay capnya Johnston, dkk. (1992) yang kaya mineral smektit dan campuran smektit-ilit yang merupakan mineral-mineral alterasi hidrotermal. Pada batas permukaan bawah lapisan konduktif ini atau batas atas lapisan resistif (Gambar 9 dan 10) dapat diharapkan untuk mempunyai temperatur lebih besar daripada 180 °C, dan di dalam lapisan resistif yang memiliki tahanan jenis bervariasi antara 10 s.d. 25 Ohm-m ini dapat diharapkan untuk mempunyai temperatur lebih besar daripada 220 °C.

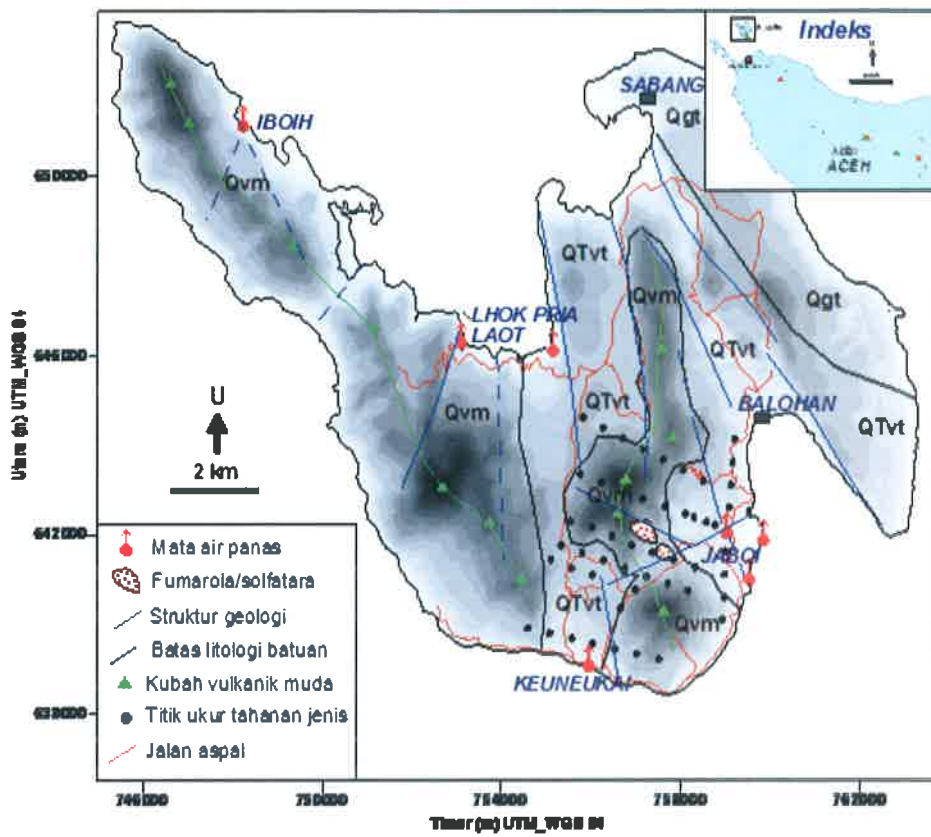
#### KESIMPULAN

Sebaran lateral tahanan jenis mendelineasi suatu batas prospek panas bumi Jaboi dengan bentuk yang menutup dengan pusatnya di sekitar fumarola dan pola-pola lidahnya yang menggambarkan dua zona outflow ke arah pantai Jaboi dan pantai Keuneukai.

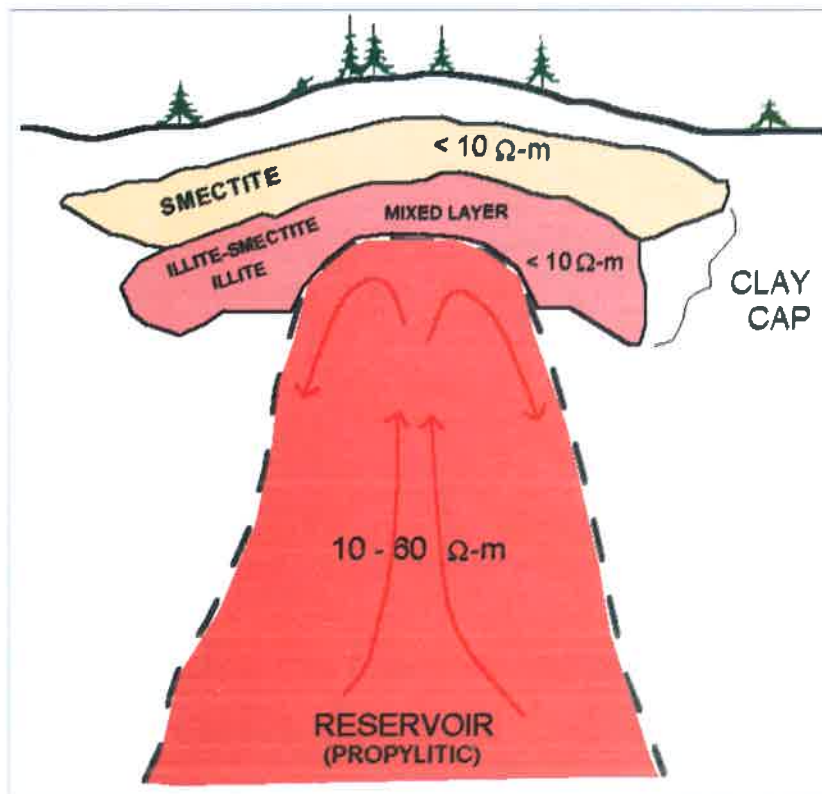
Struktur tahanan jenis memperlihatkan suatu struktur cendawan yang memiliki kemiripan dengan ciri khas struktur tahanan jenis di daerah panas bumi suhu tinggi berlingkungan vulkanik. Diperkirakan reservoir utama dari sistem Jaboi ini akan lebih dekat permukaan di daerah sekitar fumarola Jaboi dan semakin mendalam menjauhinya.

#### AFTAR PUSTAKA

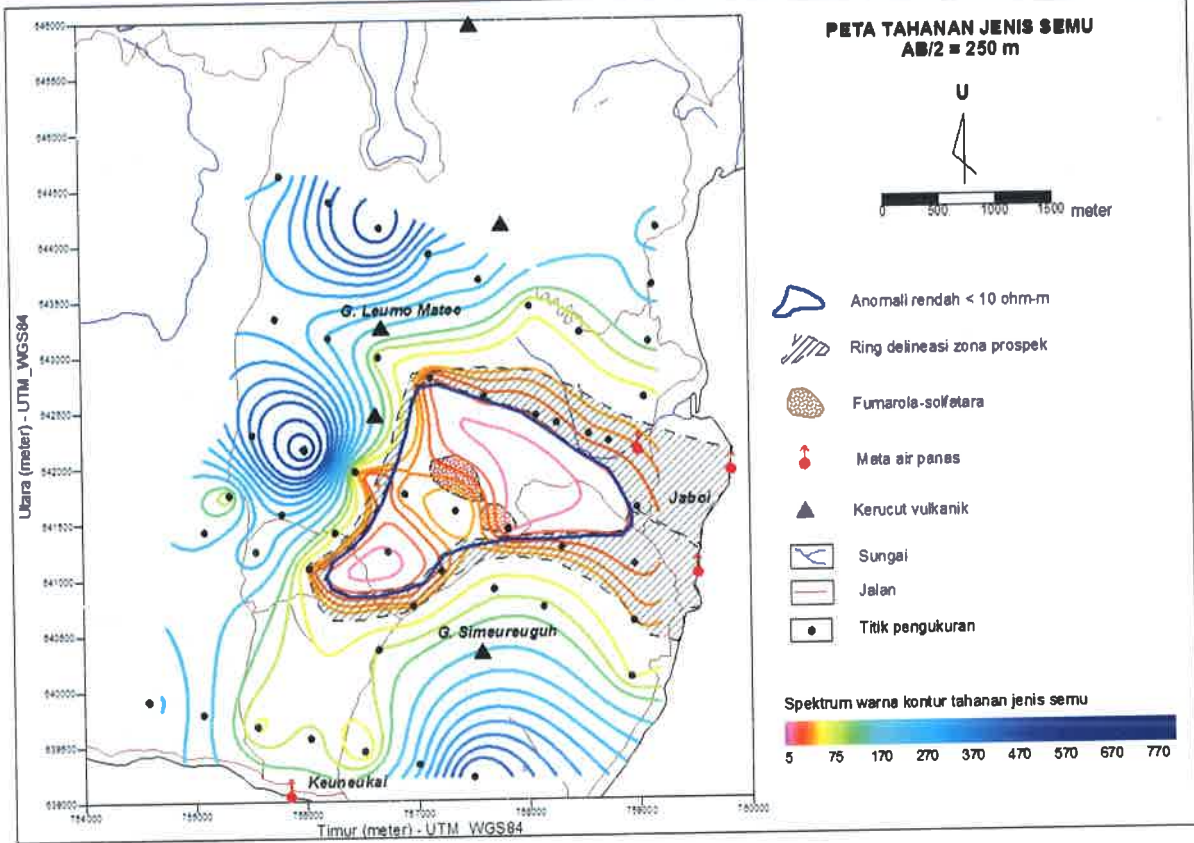
- Anderson E., Crosby D., and Ussher G. (2000). Bull-eye Simple resistivity imaging to reliably locate the geothermal reservoir. ProCeeding World Geothermal Congress 2000.
- Lawwell, C. J. and Macdonald, W.J.P., 1965. Resistivity surveying in New Zealand thermal areas. Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, Australia and New Zealand, New Zealand Section pp 1-7.
- Johnston, J.M., Pellerin, L. and Hohmann, G.W. (1992). Evaluation of electromagnetic methods for geothermal reservoir detection. Geothermal Resources Council Transaction, Vol. 16 pp 241-245.
- Wisk, 1986. Reconnaissance and follow-up resistivity surveying of New Zealand geothermal fields. ProC. 8th New Zealand Geothermal Workshop 1986, pp 75-80.
- Suhanto, E. and Soemantri, M., 2003. Geophysical study of Mangolo geothermal field, Kolaka Southeast Sulawesi. ProC. 6th Annual Convergence of INAGA 2003.
- Ussher G., Harvey C., Johnstone R., and Anderson E. (2000). Understanding the resistivities observed in geothermal systems. ProCeeding World Geothermal Congress 2000.



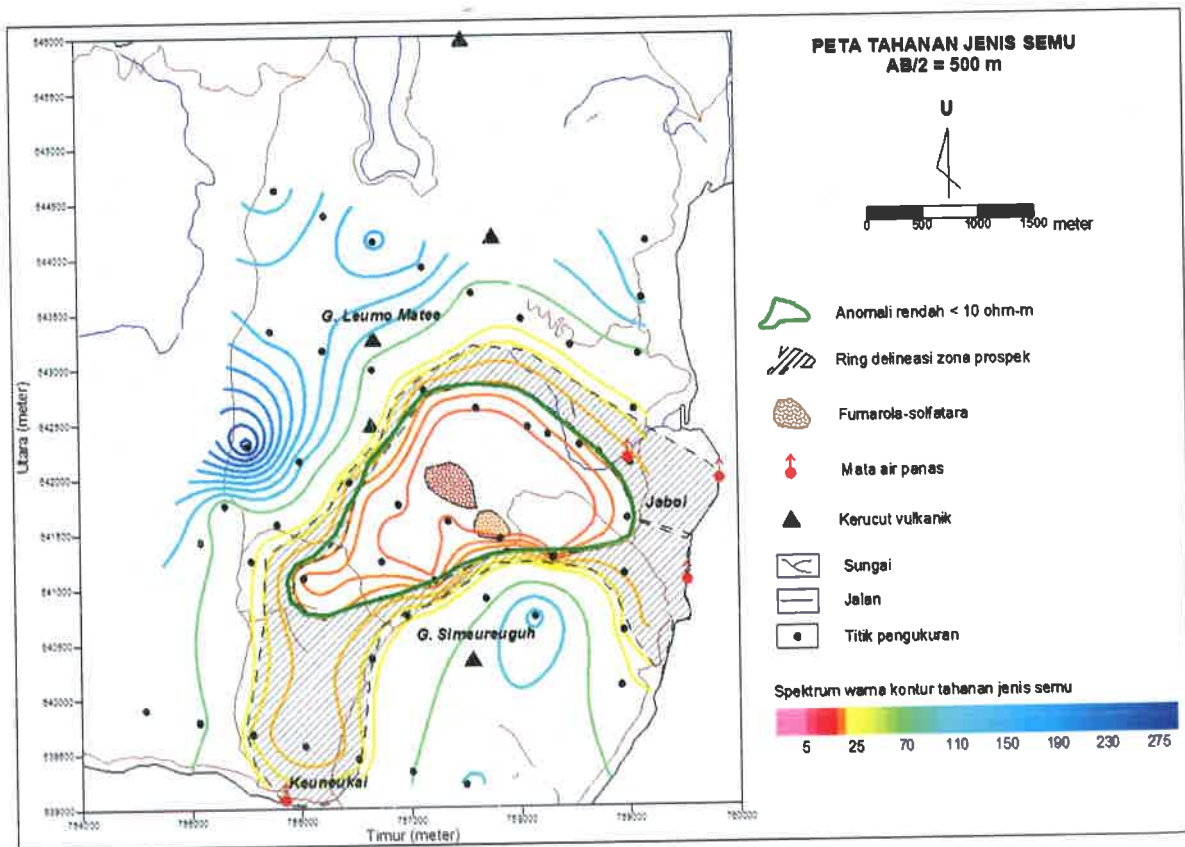
Gambar 1. Sebaran manifestasi panas bumi, sebaran batuan, batas daerah penyelidikan Jaboi, dan indeks lokasi penyelidikan tahanan jenis di Pulau Weh, Kota Sabang, Nangroe Aceh Darussalam.



Gambar 2. Model tipikal/khas struktur tahanan jenis pada lapangan panas bumi temperatur tinggi di daerah vulkanik dan hubungannya dengan jenis mineral alterasi (diambil dari Johnston, dkk. 1992).

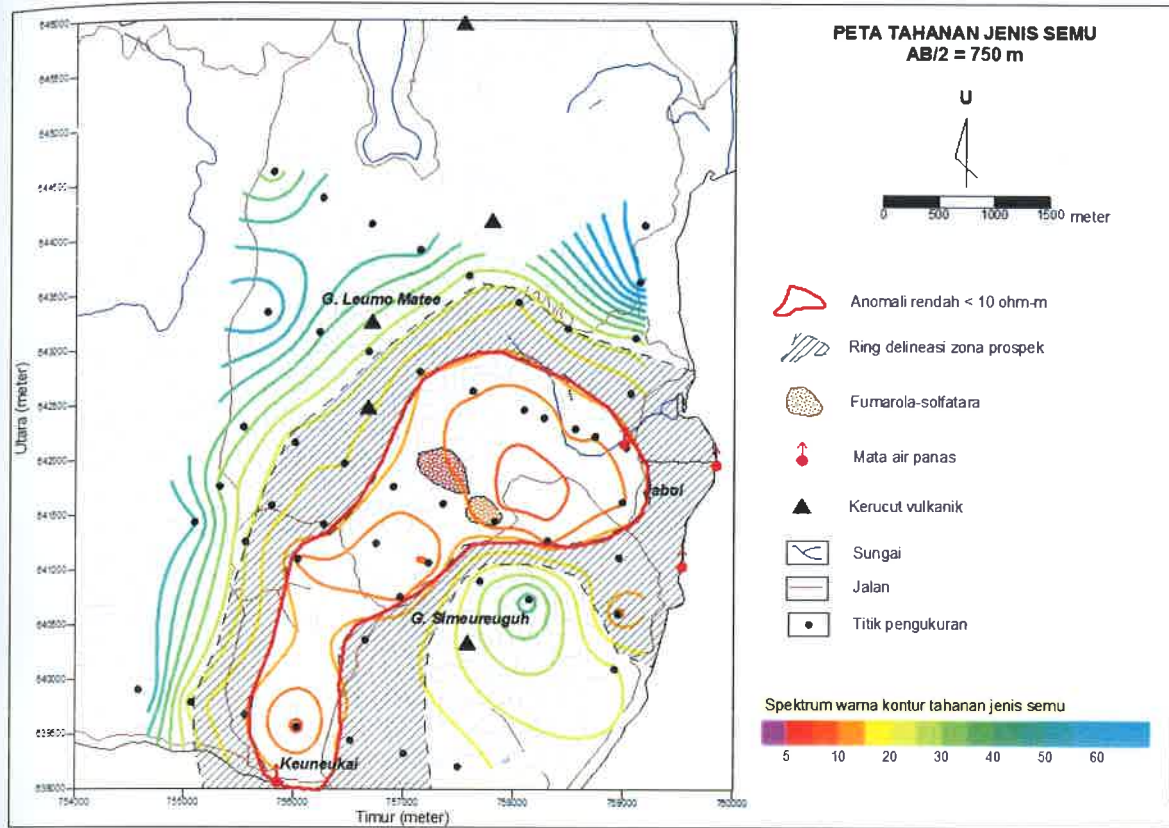


Gambar 3. Sebaran tahanan jenis semu untuk bentangan setengah arus AB/2 250 meter di daerah panas bumi Jaboi

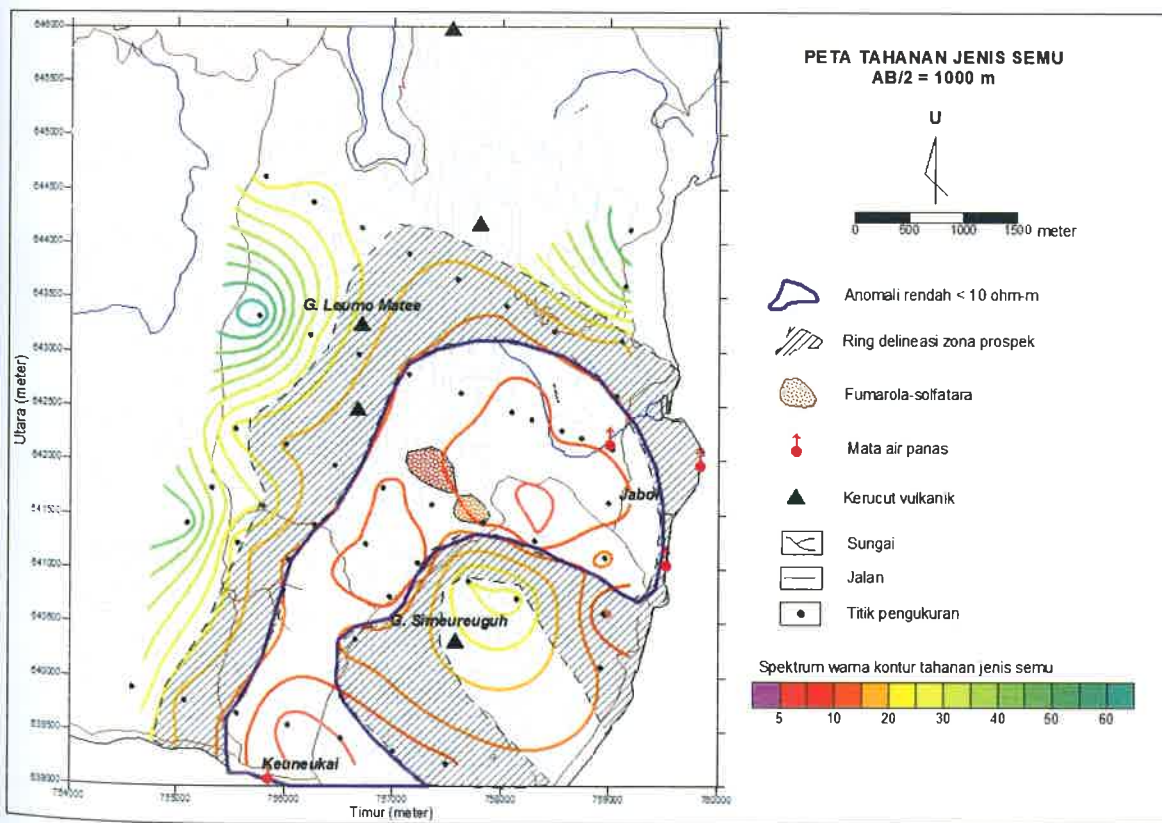


Gambar 4. Sebaran tahanan jenis semu untuk bentangan setengah arus AB/2 500 meter di daerah panas bumi Jaboi

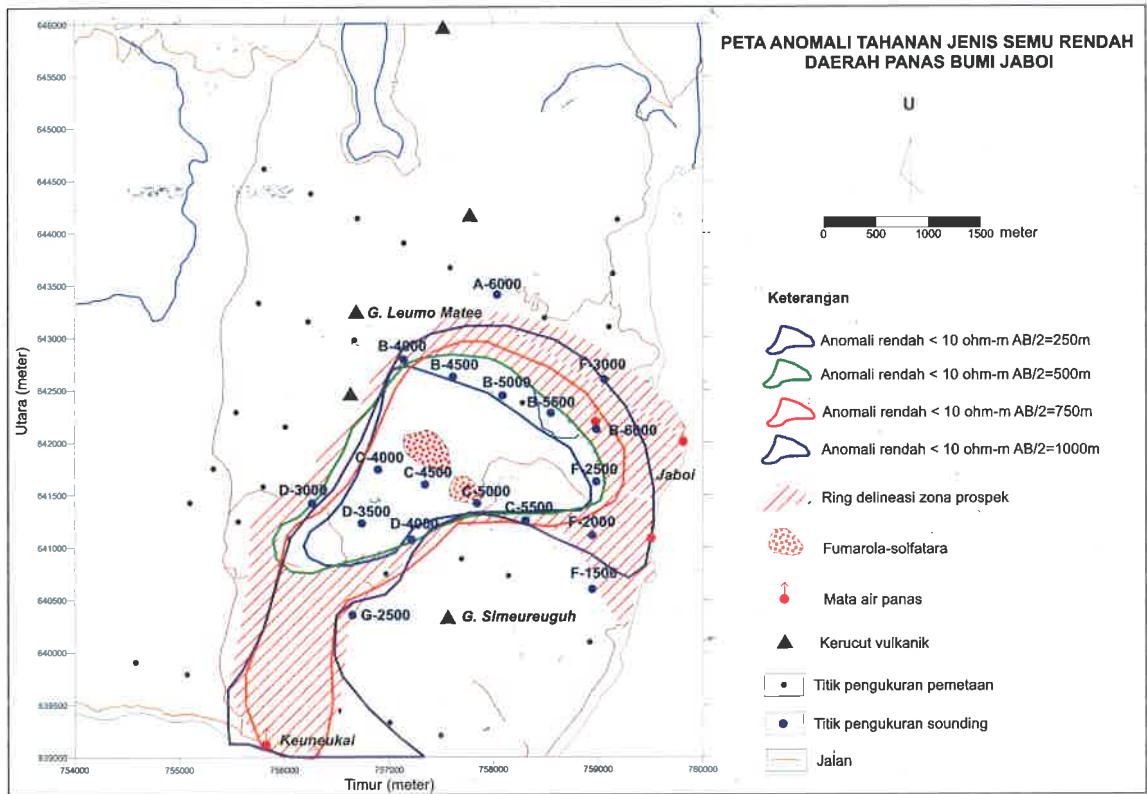




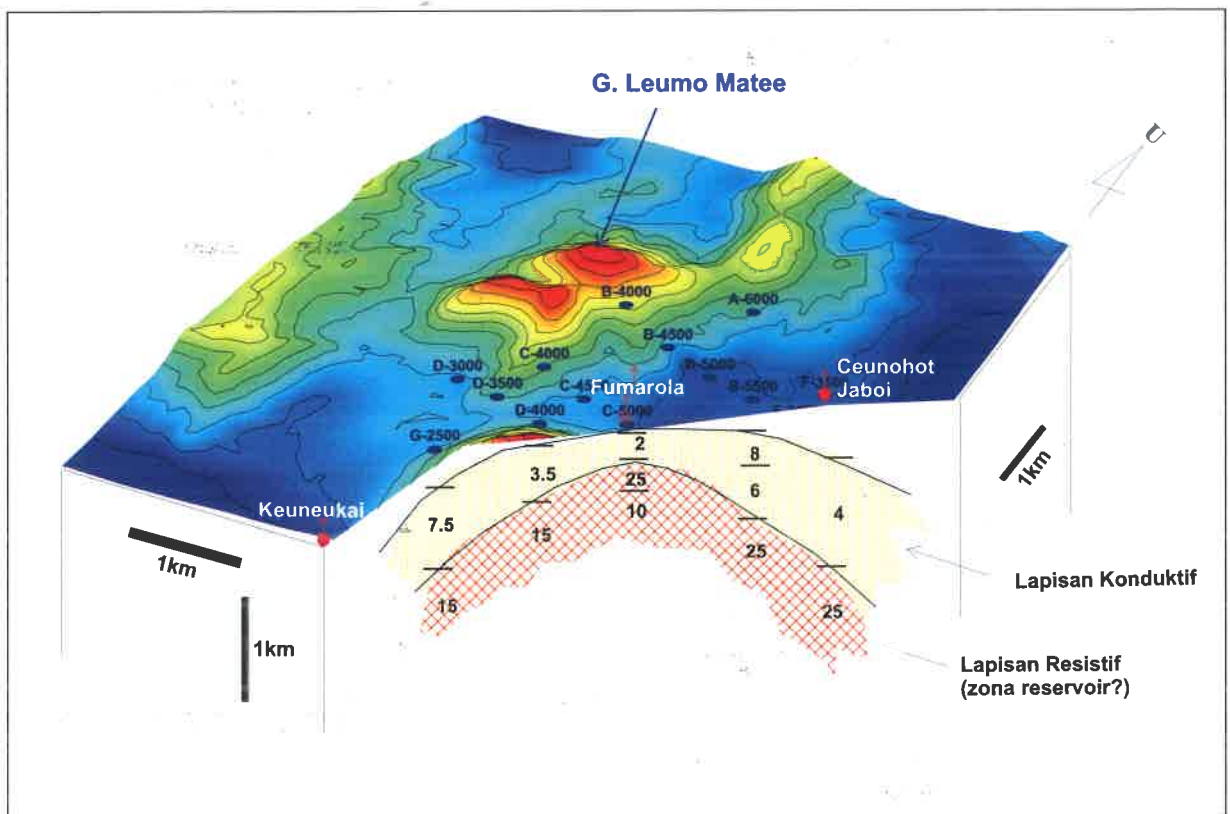
Gambar 5. Sebaran tahanan jenis semu untuk bentangan setengah arus AB/2 750 meter di daerah panas bumi Jaboi



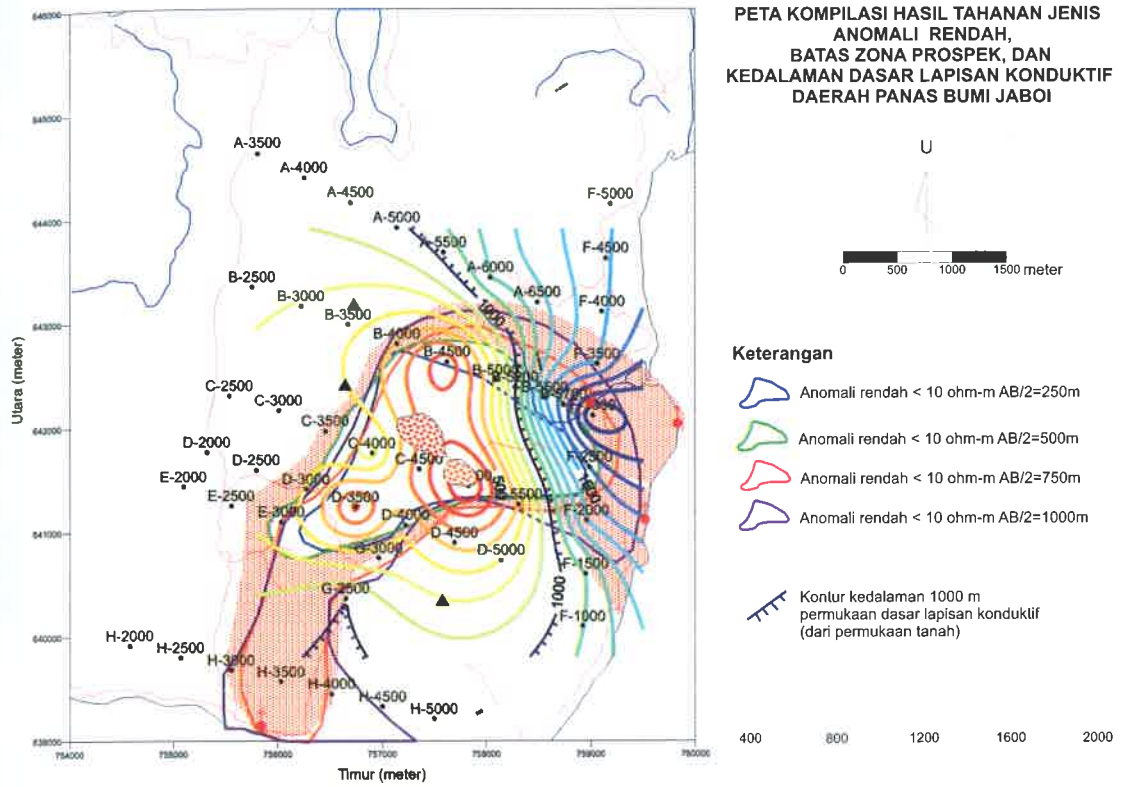
Gambar 6. Sebaran tahanan jenis semu untuk bentangan setengah arus AB/2 1000 meter di daerah panas bumi Jaboi



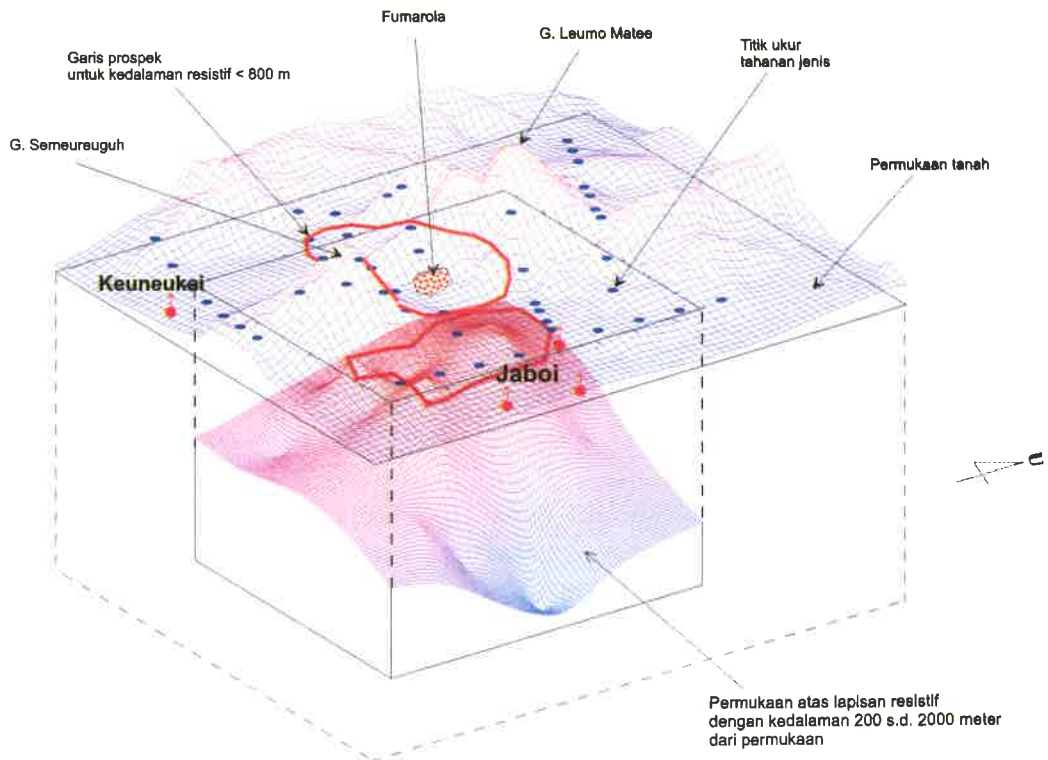
Gambar 7. Peta kompilasi anomali tahanan jenis semu rendah dan ring deliniasi batas prospek Jaboi



Gambar 8. Penampang model tahanan jenis (dalam Ohm-m) daerah Jaboi, diperoleh dari hasil-hasil pemodelan satu dimensi data sounding. Hasil ini memperlihatkan struktur tahanan jenis bentuk kubah, suatu bentuk yang umum ditemukan di lapangan panas bumi temperatur tinggi dalam lingkungan vulkanik.



Gambar 9. Peta kompilasi hasil tahanan jenis daerah panas bumi Jaboi, memperlihatkan batas-batas anomali rendah, batas zona prospek, dan permukaan dasar lapisan konduktif.



Gambar 10. Gambaran 3-dimensi dari permukaan dasar lapisan konduktif atau permukaan atas lapisan resistif daerah panas bumi Jaboi.

# POTENSI PASIR ZIRKON DI PROVINSI KALIMANTAN BARAT DAN KALIMANTAN TENGAH

Oleh

**Herry Rodiana Eddy**

Kelompok Program Penelitian Mineral

Pusat Sumber Daya Geologi

## S A R I

Pasir zirkon mempunyai nilai ekonomis sekarang ini terutama industri keramik tinggi untuk konsumsi ekspor. Zirkon terbentuk sebagai mineral ikutan (accessory mineral) pada batuan yang terutama mengandung Na-feldspar, seperti batuan beku asam (granit dan syenit) dan batuan metamorf (gneiss dan skiss).

Secara ekonomis, zirkon dijumpai dalam bentuk butiran (ukuran pasir), baik yang terdapat pada sedimen sungai maupun sedimen pantai. Pada umumnya zirkon terkonsentrasi bersama-sama mineral titanium (rutil dan ilmenit), monazit, dan mineral berat lainnya.

Di Indonesia, zirkon merupakan sedimen sungai yang terdapat di daratan dan daratan pantai. Mineral ini dijumpai bersama-sama dengan mineral kasiterit dan elektrum (Au, Ag) sebagai mineral utama, ilmenit, magnesit, monazit, xenotim, pyrit, mineral sulfida lainnya dan kuarsa. Cebakan keseluruhan mineral ini pada umumnya berasal dari batu granit yang telah mengalami pelapukan dan transportasi.

Di Pulau Kalimantan pasir zirkon dijumpai di Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Berdasarkan data penyelidikan Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2006, endapan pasir zirkon di Kalimantan Barat terdapat di Kabupaten Landak, Kabupaten Sanggau dan Kabupaten Melawi, sedangkan di Kalimantan Tengah terdapat di Kabupaten Katingan, Kabupaten Kotawaringin Timur dan Kabupaten Seruyan.

## ABSTRACT

*Zircon sand has an economic value at the present time, especially those of high ceramic industry for export consumption. Zircon was formed as accessory minerals at the rock containing Na-feldspar, such as igneous rock (granite and syenite) and metamorphic rock (gneiss and skiss). Economically, zircon may be found at cereals shape (sand size), both at river sediment and at coast sediment. Generally, zircon concentrated together with titanium mineral (rutil and ilmenite), monazite, and other heavy mineral.*

*In Indonesia, zircon constitutes of river sediment where occurred in land and coastal plains. Such mineral occurs with cassiterite and electrum (Au, Ag) as evident mineral and ilmenite, magnesite, monazite, xenotime, pyrite, other sulphide mineral as well as quartz. All mineral deposits commonly come from granite rock that experienced weathering and transportation processes.*

*In Kalimantan, zircon sand is found in west and central Kalimantan, based from research conducted by Center for Geological Resources in 2006. Zircon sand deposit in West Kalimantan found in Landak, Sanggau and Melawi Regencies, while in Central Kalimantan, zircon sand occurred in Katingan, Kotawaringin Timur and Seruyan Regencies.*

### 1. Pendahuluan

Pasir zirkon mempunyai hubungan dengan endapan timah (Tin Belt), mulai dari Pulau Bangka - Belitung, ke arah utara Pulau Singkep, Karimun, Kundur, Batam sampai Malaysia dan Thailand. Sama dengan endapan timah, zirkon yang mempunyai nilai ekonomis adalah endapan sekunder (hasil rombakan batuan beku seperti granit, sienit dan granodiorit), seperti terdapat di Pulau Kalimantan, khususnya Provinsi Kalimantan Barat dan bagian barat serta selatan Provinsi Kalimantan Tengah.

Pasir zirkon atau zirkon letakan diendapkan bersama-sama pasir kuarsa pantai dan pasir kuarsa sungai.

Zirkon terbentuk sebagai mineral ikutan (accessory mineral) pada batuan yang terutama mengandung Na-

feldspar, seperti batuan beku asam (granit dan syenit) dan batuan metamorf (gneiss dan skiss).

Secara ekonomis, zirkon dijumpai dalam bentuk butiran (ukuran pasir), baik yang terdapat pada sedimen sungai maupun sedimen pantai. Pada umumnya zirkon terkonsentrasi bersama-sama mineral titanium (rutil dan ilmenit), monazit, dan mineral berat lainnya.

Mineral yang mengandung unsur zirkonium adalah zirkon (zirkonium silikat,  $ZrO_2 \cdot SiO_2$ ) dan baddeleyit (zirkonium oksida,  $ZrO_2$ ). Di alam, kedua mineral ini dijumpai berasosiasi dengan hafnium ( $HfO_2$ ). Kandungan hafnium sekitar 1,5 - 2,5 % dari total berat zirkon atau baddeleyit. Selain Zr dan Hf zirkon juga mengandung unsur besi, kalsium, sodium, mangan dan unsur lainnya. Unsur-

unsur ini memberikan variasi warna zirkon yang bermacam-macam. Warna zirkon murni adalah putih bening.

Zirkon adalah mineral yang mengandung unsur zirkonium, silikon dan oksigen, yang merupakan hasil kristalisasi magma dalam pembentukan batuan beku, seperti: granit, granodiorit, sienit dan lainnya. Rumus kimia Mineral Zirkon adalah  $ZrSiO_4$ , yang terdiri dari 67 %  $ZrO_2$ , 32 %  $SiO_2$  dengan unsur tambahan seperti hafnium, sejumlah kecil unsur thorium, uranium, elemen tanah jarang, yttrium, kalsium, magnesium, besi, aluminium, fosfat dan hydrogen. Zirkon mempunyai sifat refraktori yang baik, yaitu titik leburnya mencapai 2.500o C atau lebih, sehingga pasir zirkon, yang mengandung 65-66 %  $ZrO_2$  dapat digunakan sebagai bahan cetakan dalam industri baja, campuran besi, glazur, bahan cat, farmasi dan keramik high duty. Zirkon dalam bentuk kristal termasuk dalam (dapat digunakan sebagai) kelompok batumulia, sedangkan pasir zirkon termasuk dalam kelompok bahan galian keramik.

Karakteristik zirkon mempunyai komposisi kimia  $ZrO_2$  67,01 % dan  $SiO_2$  32,99 %; kekerasan (hardness) 7,5; trace berwarna putih; warna bervariasi dari yang tidak berwarna, kuning, merahorange, kehijauan, kebiruan sampai coklat; kilap dari transparan terang sampai opak; fraktur konkoidal; density (berat jenis) 4,0-4,7; serta genesa berupa batuan magmatik, metamorfik, pegmatit, sedimen, aluvial, dan metamict.

Di Indonesia, zirkon merupakan sedimen sungai yang terdapat di daratan dan daratan pantai. Mineral ini dijumpai bersama-sama dengan mineral kasiterit dan elektrum (Au, Ag) sebagai mineral utama, ilmenit, magnetit, monazit, xenotim, pyrit, mineral sulfida lainnya dan kuarsa. Cebakan keseluruhan mineral ini pada umumnya berasal dari batu granit yang telah mengalami pelapukan dan transportasi.

Di Pulau Kalimantan, zirkon merupakan mineral ikutan pada endapan emas aluvial (plaser), walaupun di beberapa tempat kandungan zirkon kadang-kadang lebih dominan. Berdasarkan data penyelidikan Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2006, pasir zirkon terdapat di Provinsi Kalimantan Barat dan Provinsi Kalimantan Tengah. Di Provinsi Kalimantan Barat endapan pasir zirkon terdapat di Kabupaten Landak, Kabupaten Sanggau dan Kabupaten Melawi, sedangkan di Provinsi Kalimantan Tengah terdapat di Kabupaten Katingan, Kabupaten Kotawaringin Timur dan Kabupaten Seruyan.

## 2. Potensi Pasir Zirkon di P. Kalimantan

Potensi pasir zirkon di Pulau Kalimantan pada beberapa lokasi berikut kualitas dan sumber daya terlihat pada Tabel 1.

### Provinsi Kalimantan Barat

#### Kabupaten Landak

Pasir zirkon di Kabupaten Landak terdapat di tiga lokasi.

Di daerah Lingkungan Demuan, Hilir Tengah, Desa Tebedak, Kecamatan Ngabang. Berupa hasil rombakan batuan granitik berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Landak Purba (Qat). bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 165 Ha, ketebalan rata-rata 8,5 m, jumlah pasir zirkon sekitar 0,00015%. Kegiatan pendulangan emas plaser masih berlangsung oleh masyarakat setempat secara kecil-kecilan, tradisional dan temporer; secara setempat ada kegiatan pendulangan emas dan intan plaser yang dibantu oleh beberapa unit pompa air, monitor penyembur, pompa-pompa lumpur, dilengkapi instalasi pipa-pipa (PVC), selang-selang plastik dan meja-goyang sederhana. Lahan berupa tanah milik dan kebun karet rakyat.

Di daerah Sei Pantek, Ambayo, Desa Tebedak, Kecamatan Ngabang. Hasil rombakan batuan granitik berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Landak Purba (Qat), bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 360 Ha, ketebalan rata-rata 3,25 m, jumlah pasir zirkon sekitar 0,0001%. Lahan berupa tanah milik, tanah negara, perkebunan karet dan sawit rakyat.

Di daerah Sei Ruang Baam, Dusun Engkalong, Desa Nyayum, Kecamatan Ngabang. Hasil rombakan batuan granitik berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Landak Purba (Qat), bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 350 Ha, ketebalan rata-rata 2,75 m, jumlah pasir zirkon sekitar 0,14%. Lahan berupa tanah milik, tanah negara, perkebunan karet dan sawit rakyat.

#### Kabupaten Sanggau

Pasir zirkon di Kabupaten Sanggau terdapat di dua lokasi.

Di daerah Empado, Maengkok Sei Menduk, Desa Sejotang, Kecamatan Tayan Hilir. Rombakan batuan granitik

unsur ini memberikan variasi warna zirkon yang bermacam-macam. Warna zirkon murni adalah putih bening.

Zirkon adalah mineral yang mengandung unsur zirkonium, silikon dan oksigen, yang merupakan hasil kristalisasi magma dalam pembentukan batuan beku, seperti : granit, granodiorit, sienit dan lainnya. Rumus kimia Mineral Zirkon adalah  $ZrSiO_4$ , yang terdiri dari 67 %  $ZrO_2$ , 32 %  $SiO_2$  dengan unsur tambahan seperti hafnium, sejumlah kecil unsur thorium, uranium, elemen tanah jarang, yttrium, kalsium, magnesium, besi, aluminium, fosfat dan hydrogen. Zirkon mempunyai sifat refraktori yang baik, yaitu titik leburnya mencapai 2.500o C atau lebih, sehingga pasir zirkon, yang mengandung 65-66 %  $ZrO_2$  dapat digunakan sebagai bahan cetakan dalam industri baja, campuran besi, glazur, bahan cat, farmasi dan keramik high duty. Zirkon dalam bentuk kristal termasuk dalam (dapat digunakan sebagai) kelompok batumulia, sedangkan pasir zirkon termasuk dalam kelompok bahan galian keramik.

Karakteristik zirkon mempunyai komposisi kimia  $ZrO_2$  67,01 % dan  $SiO_2$  32,99 %; kekerasan (hardness) 7,5; trace berwarna putih; warna bervariasi dari yang tidak berwarna, kuning, merahorange, kehijauan, kebiruan sampai coklat; kilap dari transparan terang sampai opak; fraktur konkoidal; density (berat jenis) 4,0-4,7; serta genesa berupa batuan magmatik, metamorfik, pegmatit, sedimen, aluvial, dan metamict.

Di Indonesia, zirkon merupakan sedimen sungai yang terdapat di daratan dan daratan pantai. Mineral ini dijumpai bersama-sama dengan mineral kasiterit dan elektrum (Au, Ag) sebagai mineral utama, ilmenit, magnesit, monazit, xenotim, pyrit, mineral sulfida lainnya dan kuarsa. Cebakan keseluruhan mineral ini pada umumnya berasal dari batu granit yang telah mengalami pelapukan dan transportasi.

Di Pulau Kalimantan, zirkon merupakan mineral ikutan pada endapan emas aluvial (plaser), walaupun di beberapa tempat kandungan zirkon kadang-kadang lebih dominan. Berdasarkan data penyelidikan Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2006, pasir zirkon terdapat di Provinsi Kalimantan Barat dan Provinsi Kalimantan Tengah. Di Provinsi Kalimantan Barat endapan pasir zirkon terdapat di Kabupaten Landak, Kabupaten Sanggau dan Kabupaten Melawi, sedangkan di Provinsi Kalimantan Tengah terdapat di Kabupaten Katingan, Kabupaten Kotawaringin Timur dan Kabupaten Seruyan.

## 2. Potensi Pasir Zirkon di P. Kalimantan

Potensi pasir zirkon di Pulau Kalimantan pada beberapa lokasi berikut kualitas dan sumber daya terlihat pada Tabel 1.

### Provinsi Kalimantan Barat

### Kabupaten Landak

Pasir zirkon di Kabupaten Landak terdapat di tiga lokasi.

Di daerah Lingkungan Demuan, Hilir Tengah, Desa Tebedak, Kecamatan Ngabang. Berupa hasil rombakan batuan granitik berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Landak Purba (Qat), bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 165 Ha, ketebalan rata-rata 8,5 m, jumlah pasir zirkon sekitar 0,00015%. Kegiatan pendulangan emas plaser masih berlangsung oleh masyarakat setempat secara kecil-kecilan, tradisional dan temporer; secara setempat ada kegiatan pendulangan emas dan intan plaser yang dibantu oleh beberapa unit pompa air, monitor penyembur, pompa-pompa lumpur, dilengkapi instalasi pipa-pipa (PVC), selang-selang plastik dan meja-goyang sederhana. Lahan berupa tanah milik dan kebun karet rakyat.

Di daerah Sei Pantek, Ambayo, Desa Tebedak, Kecamatan Ngabang. Hasil rombakan batuan granitik berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Landak Purba (Qat), bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 360 Ha, ketebalan rata-rata 3,25 m, jumlah pasir zirkon sekitar 0,0001%. Lahan berupa tanah milik, tanah negara, perkebunan karet dan sawit rakyat.

Di daerah Sei Ruang Baam, Dusun Engkalong, Desa Nyayum, Kecamatan Ngabang. Hasil rombakan batuan granitik berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Landak Purba (Qat), bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 350 Ha, ketebalan rata-rata 2,75 m, jumlah pasir zirkon sekitar 0,14%. Lahan berupa tanah milik, tanah negara, perkebunan karet dan sawit rakyat.

### Kabupaten Sanggau

Pasir zirkon di Kabupaten Sanggau terdapat di dua lokasi.

Di daerah Empado, Maengkok Sei Menduk, Desa Sejtong, Kecamatan Tayan Hilir. Rombakan batuan granitik

berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Kapuas dan Tayan Purba (Qat), bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 300 Ha, ketebalan rata-rata lebih dari 4,5 m, jumlah pasir zirkon sekitar 0,0001%. Kegiatan pendulangan emas plaser masih berlangsung oleh masyarakat setempat secara tradisional dan temporer. Termasuk dalam areal tanah milik perorangan, tanah negara, perkebunan karet dan sawit rakyat.

Di daerah Saeh Miru, Bayan Beruang, Sei Tekam, Desa Malenggang, Kecamatan Sekayam. Rombakan batuan granitik berukuran lempung hingga kerakal, merupakan bagian dari Aluvial (Qa) dan Aluvial Sungai Serian Purba (Qat), bagian bawahnya sering didulang untuk mendapatkan partikel emas dan intan plaser, terdapat bersama mineral berat mengandung pasir zirkon berwarna abu-abu kehitaman, merah muda hingga coklat kemerahan, butir sangat halus. Sebaran aluvial teramati lebih dari 360 Ha, ketebalan rata-rata lebih dari 3,25 m, jumlah lapisan pembawa pasir zirkon 0,00015%. Kegiatan pendulangan emas plaser masih berlangsung oleh masyarakat setempat secara tradisional dan temporer. Termasuk dalam areal tanah milik perorangan, tanah negara, perkebunan karet, dan sawit rakyat.

#### Kabupaten Melawi

Pasir zirkon di Kabupaten Melawi di temukan di 12 lokasi, yang tersebar di 5 kecamatan, antara lain Kecamatan Nanga Pinoh, Kecamatan Nanga Ella Hilir, Kecamatan Menukung, Kecamatan Nanga Sayan dan Kecamatan Nanga Sokan. Pasir zirkon terdapat di daerah bekas penambangan emas aluvial (placer), dengan warna abu-abu kehitaman, butiran halus sampai sedang, bentuk butir menyudut tanggung.

Di Kecamatan Nanga Pinoh terdapat lima lokasi.

Di Dusun Kelakik, Desa Tanjung Paoh dan Dusun Kambut, Desa Baru, Kecamatan Nanga Pinoh mempunyai kandungan zirkon yang relatif kecil dibandingkan hasil analisis kimia di lokasi lainnya di Kecamatan tersebut. Lokasi lain terdapat di Desa Baru, Dusun Tanjung Arak, Desa Kebebu, dan Desa Nanga Kayan.

Di Kecamatan Nanga Pinoh, pasir zirkon telah dimanfaatkan oleh penduduk setempat dengan cara tradisional. Pasir zirkon diendapkan pada sebuah kolam penampungan yang dialiri air sungai untuk memisahkan butiran batuan pengotornya. Setelah itu pasir diambil, dikeringkan, dan selanjutnya dikemas dalam karung dengan berat rata-rata 30 sampai 40 Kg. Pasir zirkon diangkut ke

Nanga Pinoh dengan menggunakan transportasi sungai dan dijual dengan harga rata-rata Rp. 800 per Kg.

Di Nanga Pinoh, pasir zirkon tersebut didulang secara manual agar dapat terpisah dari pasir yang mengandung besi. Setelah itu dikemas kembali dalam karung dan diangkut dengan perahu motor melalui sarana Sungai Melawi ke Pontianak dengan waktu perjalanan 5 sampai 7 hari.

Di Kecamatan lainnya pasir zirkon belum diusahakan, mengingat mutu dan kualitasnya masih belum diketahui oleh penduduk setempat walaupun mungkin potensinya cukup banyak.

Di Kecamatan Menukung terdapat di Desa Ella Hulu.

Di Kecamatan Ella Hilir terdapat di Dusun Popay, Desa Nanga Nuak dan di Blok Nanga Pangan, Desa Lengkong Nyadom.

Lokasi zirkon di Dusun Melana, Desa Nanga Betangai, Kecamatan Nanga Sokan, dan Dusun Karanganyan Purun, Desa Karanganyan Purun, Kecamatan Nanga Sayan mempunyai hasil analisis zirkon yang relatif kecil, kandungan ZrO<sub>2</sub> di bawah 7 %. Hasil analisa mineralogi butir menunjukkan komposisi mineral zirkon (ZrSiO<sub>4</sub>) hanya berupa trace dengan warna ros, kuning kemerahan, tak berwarna, prismatic membulat tanggung.

Perhitungan sumber daya hipotetik pasir zirkon dapat dihitung berdasarkan berat conto yang diambil dan berat conto konsentrat pasir zirkon yang di analisa. Kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan kandungan zirkon (ZrO<sub>2</sub>) hasil analisa dan Berat Jenis dari masing-masing conto yang dianalisa. Dengan diketahui pasir pembawa zirkon berdasarkan luas sebaran dan perkiraan ketebalan lapisan maka dapat diketahui sumber daya pasir zirkon di tiap-tiap lokasi.

Berdasarkan evaluasi terhadap hasil analisa kandungan ZrO<sub>2</sub> dari 10 conto yang dianalisa, hanya 7 conto dari 7 lokasi yang mempunyai prosentase ZrO<sub>2</sub> diatas 10 %, yaitu lokasi di Kecamatan Nanga Pinoh : Desa Baru, Desa Kebebu, Desa Nanga Kayan dan Desa Tanjung Paoh; di Kecamatan Menukung : Desa Ella Hulu; di Kecamatan Ella Hilir : Desa Nanga Nuak dan Desa Lengkong Nyadom. Dari Ketujuh lokasi tersebut pasir zirkon mempunyai kandungan ZrO<sub>2</sub> rata-rata 34,48 % dan berat jenis rata-rata 4,29. Tujuh lokasi pasir zirkon yang dianggap mempunyai kandungan lebih dari 10 % mempunyai luas sebaran keseluruhan 89,00 hektar dengan ketebalan lapisan rata-rata sebesar 1,57 meter.

Parameter untuk menghitung sumber daya hipotetik pasir zirkon adalah hasil perkalian dari sumber daya hipotetik pasir pembawa zirkon (m<sup>3</sup>) dengan kandungan zirkon/m<sup>3</sup> (kg).

Sumber daya hipotetik pasir pembawa zirkon secara keseluruhan di 10 lokasi yang diamati yaitu sebesar 1.740.000 m<sup>3</sup> atau 7.457.143 ton. Sedangkan jumlah sumber daya hipotetik pasir zirkon keseluruhan di Kabupaten Melawi diperkirakan sebesar 206.458.794 Kg atau dibulatkan 206.500 ton.

Hasil analisa mineralogi butir menunjukkan komposisi mineral ilmenit 50,15 %, zirkon 22,42 % berwarna ros, kuning kemerahan, tak berwarna, prismatic membulat tanggung, hematit 12,25 %, magnetit 6,95 %, kuarsa 4,38 %, epidot 1,0 %, rutil 0,5 % dan gamet merupakan trace.

Dari sepuluh conto yang analisa dari sepuluh lokasi yang diamati hanya tujuh lokasi yang memiliki kualitas yang cukup prospek untuk dikembangkan, yaitu lokasi di Kecamatan Nanga Pinoh : Desa Baru, Desa Kebebu, Desa Nanga Kayan dan Desa Tanjung Paoh; di Kecamatan Menukung : Desa Ella Hulu; di Kecamatan Ella Hilir : Desa Nanga Nuak dan Desa Lengkong Nyadom. Dari Ketujuh lokasi tersebut pasir zirkon mempunyai kandungan ZrO<sub>2</sub> rata-rata 34,48 % dan berat jenis rata-rata 4,29. Berat jenis zirkon standar mempunyai nilai 4,60 - 4,70. Pasir zirkon di Desa Baru mempunyai berat jenis 4,66 dan di Kampung Popai, Desa Nanga Nuak mempunyai berat jenis 4,70. Berdasarkan kualitas yang didapatkan dari hasil analisa kimia dan mineralogi butir terhadap conto pasir zirkon, maka pasir zirkon di Kabupaten Melawi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri keramik dan gelas dalam bentuk PSZ (partially stabilized zirkonia), terutama pada lokasi-lokasi yang mempunyai kandungan ZrO<sub>2</sub> di atas 35 % seperti di Desa Baru dan Desa Kebebu, Kecamatan Nanga Pinoh serta Desa Lengkong Nyadom, Kecamatan Ella Hilir. Untuk lebih mengetahui kandungan pasir zirkon di tida daerah tersebut perlu penelitian lebih lanjut dengan cara pengambilan conto yang sistimatis.

## Provinsi Kalimantan Tengah

### Kabupaten Katingan

Endapan zirkon di daerah Katingan dijumpai sebagai hasil rombakan dari batuan asal pembawanya, seperti granit, di endapkan dalam endapan alluvial maupun sedimenter. Pada endapan alluvial zirkon terendapkan bersama sama pasirkuarsa, hematit, ilmenit, rutil dan magnetit. Konsentrasi zirkon dalam batuan endapan alluvial sangat bervariasi, sulit menentukan pengontrolnya, berat jenis zirkon hampir dua kali lipat berat jenis kuarsa sehingga dalam pengendapannya akan terbentuk bersama pasirkuarsa. Berbeda dengan mineral berat lainnya yang berat jenisnya dengan kuarsa agak jauh berbeda, seperti emas, magnetit, ilmenit, sehingga dalam lapisan pengendapannya mineral-mineral tersebut membentuk lapisan tersendiri. Zirkon dalam alluvial mengendap bersama kuarsa karena perbedaan

beratnya tidak begitu menonjol, hal tersebut juga agak menyulitkan dalam proses pemisahan dari mineral pengotornya

Pasir zirkon dalam bentuk sedimenter umumnya mengendap mengikuti lapisan mineral berat yang berbutir halus, membentuk lapisan tipis yang berwarna kehitaman pada lapisan satuan batuan sedimen, walaupun tidak selalu begitu. Pasir zirkon dalam satuan batuan sedimen di daerah Katingan terdapat pada satuan batuan Formasi Mentemioi. Formasi ini di daerah Katingan merupakan pembawa bahan galian atau mineral detritus (rombakan)

Pasir zirkon di daerah Katingan merupakan endapan sekunder yang berasal dari lapukan batuan pembawa zirkon (granit), diendapkan dalam batuan aluvial maupun sedimen. Endapan aluvial zirkon tersebar sepanjang aliran sungai, sedangkan zirkon yang diendapkan bersama batuan sedimen terdapat pada Formasi Mentemioi (Teme). Ukuran butiran zirkon sangat halus, semakin kearah hulu konsentrasi zirkon bercampur dengan mineral hitam.

Pasir zirkon di daerah Kerengpange, Kecamatan Katingan Hilir, berbutir halus, warna konsentrasi kemerahan, tersebar dalam satuan batuan aluvium.

Pasir zirkon di wilayah Telangkah, atau lebih dikenal Seikeruh, Kecamatan Tewang Sanggalang Garing, merupakan endapan zirkon aluvial dan sedimen. Berbutir halus, warna konsentrasi kemerahan. Sebagian telah ditambang oleh penduduk setempat dan PT. Rich Marvelous Mineral Resources. Sebaran mengikuti sebaran pasirkuarsa di wilayah ini.

Pasir zirkon di wilayah Tewang Beringin, Kecamatan Tewang Sanggalang Garing, endapan pasir zirkon terdapat dalam satuan batuan sedimen pasirkuarsa Formasi Mentemioi (Teme), berbutir halus, warna konsentrasi kemerahan, sebaran mengikuti sebaran pasirkuarsa.

Pasir zirkon di daerah Pendahara, Kecamatan Tewang Sanggalang Garing merupakan zirkon yang berasosiasi dengan mineral hitam, warna konsentrasi hitam, diendapkan bersama endapan aluvial dan sedimen Formasi Mentemioi, sebagian telah ditambang oleh penduduk setempat. Luas sebaran 939 ha. Kandungan konsentrasi per m<sup>3</sup> sekitar 374 Kg. Tebal rata-rata 3 m, volume pasir pembawa zirkon 28.170.000 m<sup>3</sup>, kandungan rata-rata zirkon 11 %.

Pasir zirkon di daerah Tumbang Linting, Kecamatan Katingan Hilir, endapan zirkon terdapat pada endapan aluvial sungai aktif dan pada satuan batuan pasirkuarsa sedimen Formasi Mentemioi (Teme). Zirkon pada aluvial sungai aktif telah ditambang oleh penduduk setempat, berbutir halus, warna konsentrasi kemerahan.



Pasir zirkon di daerah Buntut Bali, Kecamatan Pulau Malan, berbutir halus, warna konsentrat kehitaman, endapan zirkon di wilayah ini berasosiasi dengan mineral hitam, sebaran diduga merupakan lanjutan dari endapan zirkon dari wilayah Pendahara, terdapat pada satuan batuan pasirkuarsa Formasi Mentemioi dan pada endapan aluvial.

Pasir zirkon di daerah Petak Puti, Kecamatan Katingan Tengah, berbutir halus, warna konsentrat kehitaman, terdapat dalam satuan aluvial dan sedimen, sebagian area merupakan wilayah tambang emas penduduk setempat. Luas sebaran sekitar 212 ha. Kandungan konsentrat per m<sup>3</sup> sekitar 212,64 Kg, Tebal rata-rata 3 m, volume pasir pembawa zirkon 6.630.000 m<sup>3</sup>, kandungan rata-rata zirkon 2.691 ppm.

Pasir zirkon di daerah Tewang Panjang, Kecamatan Katingan Tengah, berbutir halus, warna konsentrat kehitaman, terdapat dalam satuan batupasirkuarsa Formasi Mentemioi. Luas sebaran 125 ha Kandungan konsentrat per m<sup>3</sup> sekitar 3,65 Kg. Tebal rata-rata 3 m, volume pasir pembawa zirkon 3.750.000 m<sup>3</sup>, kandungan rata-rata zirkon 6 ppm.

Pasir zirkon di daerah Cempaga Buang atau Seluang, Kecamatan Katingan Hilir berbutir halus, warna konsentrat kemerahan, terdapat dalam satuan aluvial dan sedimen. Luas sebaran 107 ha, tebal rata-rata 3 m, volume pasir pembawa zirkon 3.210.000 m<sup>3</sup>.

Pasir zirkon di daerah Pegatan, Kecamatan Katingan Kuala merupakan endapan aluvial pantai dan aluvial sungai, sebaran memanjang sepanjang pantai Pegatan bagian barat, berbutir halus, warna konsentrat kemerahan. Sebaran memanjang sepanjang pantai barat seluas 441 ha. Kandungan konsentrat per m<sup>3</sup> sekitar 11,5 Kg. Tebal rata-rata 2 m, volume pasir pembawa zirkon 8.820.000 m<sup>3</sup>, kandungan rata-rata zirkon 12 ppm (part per million).

Lokasi di Daerah Pegatan terdapat di tepian S. Katingan, sedangkan di Daerah Pegatan Hilir terdapat di tepi pantai yang menghadap kelaut, kandungan zirkonnya relatif tinggi dibandingkan dengan lokasi contoh zirkon di tepi pantai (tepi laut). Proses konsentrasi zirkon dengan ombak laut lebih efektif terjadi di muara sungai.

Pasir zirkon di wilayah Katingan merupakan pasir zirkon yang termasuk dalam kelompok Bahan Galian Keramik, terdapat dalam satuan aluvial dan satuan batuan pasirkuarsa sedimen Formasi Mentemioi (Teme). Endapan zirkon di bagian utara (hulu) umumnya warna konsentrat kehitaman, sedangkan dibagian hilir berwarna kemerahan. Luas sebaran endapan zirkon di daerah Katingan seluas 1.824 ha, tebal rata-rata 2,8 m, volume pasir pembawa zirkon sebesar 50.310.000 m<sup>3</sup>. Sumber daya hipotetik pasir zirkon sekitar 8.855.120 ton.

### Kabupaten Seruyan

Pasir zirkon di Kabupaten Seruyan disebut pula dengan nama jargoan yang mempunyai komposisi kimia  $ZrSiO_4$ , kekerasan 7,5 dengan berat jenis 3,9 - 4,8 berwarna merah tua, kuning, hijau dan merupakan mineral tambahan pada batuan beku dalam yang kaya akan sodium seperti granit. Dijumpai pula pada endapan aluvial dalam bentuk ukuran butir yang kecil bersama dengan pasirkuarsa dan kasiterit. Sebagian dari jenis pasir zirkon tidak tembus cahaya dan disebut sebagai pasir zirkon "biasa" dan tidak dipergunakan sebagai perhiasan, yang berwarna bening dinamakan pasir zirkon mulia atau Hyacinth.

Mineral zirkon berubah warna apabila dipanaskan, misal pasir zirkon yang berwarna kuning bila dipanaskan akan berwarna biru, apabila pemanasannya berlanjut akan menjadi kehijauan.

Lokasi keterdapatan pasir zirkon di Kabupaten Seruyan terdapat di Desa Pematang Tambat, Kecamatan Seruyan Hilir ; Desa Sungai Bakau Pal 7, Kecamatan Seruyan Hilir ; Desa Sungai Pucuk, Kecamatan Seruyan Hilir ; Desa Sembuluh I, Kecamatan Danau Sembuluh; dan Desa Asam Baru (Air Kuning), Kecamatan Hanau.

### Kabupaten Kotawaringin Timur

Pasir zirkon di Kabupaten Kotawaringin Timur terdapat di Kecamatan Mentaya Hilir Selatan, Paringgean, Kota Besi, Mentaya Hulu.

Dengan mempertimbangkan bahwa pasir zirkon mempunyai titik lebur yang cukup tinggi yaitu sekitar 2.430C, maka pasir zirkon dimanfaatkan untuk bahan refraktori tinggi.

Zirkon oksida dimanfaatkan untuk pelapis atau glasir. Disamping itu apabila dijumpai dalam bentuk butiran yang dapat diasah, dipergunakan sebagai perhiasan/ batu mulia.

Lokasi keterdapatan pasir zirkon di Kabupaten Kotawaringin Timur terdapat di Desa Kalap (Ujung Pandaran), Kecamatan Mentaya Hilir Selatan ; Desa Tehang, Kecamatan Paringgean; Desa Tangar (Tangar Km 28), Kecamatan Mentaya Hulu; dan Desa Sebabi, Kecamatan Mentaya Hulu.

### 3. Penggunaan Zirkon

Penggunaan zirkon sangat bervariasi, baik sebagai mineral industri (nonlogam) maupun mineral logam. Pasaran zirkon dunia sebagian besar digunakan sebagai mineral industri, yaitu untuk pasir cetak (foundry), bata tahan api (refraktori), keramik dan gelas, kimia zirkonium, dan lain-lain (Supriatna Suhala, M. Arifin, 1997).

Untuk bahan keramik pasir zirkon harus memenuhi spesifikasi tertentu (Tabel 2 dan Tabel 3). Penggunaan pasir

zirkon dalam industri keramik terutama sebagai bahan penguat dan glasir.

Beberapa kegunaan zirkon dalam industri seperti diuraikan dibawah ini :

### Keramik dan Gelas

Pada industri keramik dan gelas, zirkon yang digunakan berbentuk zirkonia, PSZ (partially stabilized zirkonia), dan tepung zirkon (micronized zirkon).

### Tepung Zirkon

Tepung zirkon pada keramik terutama berfungsi sebagai glasir opak (opacifier glazes), hal ini disebabkan zirkon mempunyai indeks refraksi cukup tinggi. Zirkon di sini menggantikan peranan Sn-oksida untuk menghasilkan keramik putih dan keramik berwarna yang bermutu tinggi, khususnya keramik untuk keperluan rumah tangga (table ware) dan keramik ubin (tile ceramic).

Sebagai frit-enamel, tepung zirkon digunakan untuk melapisi logam (baja dan besi tuang). Walaupun jumlah pemakaian zirkon sangat kecil dibandingkan TiO<sub>2</sub>, dengan penggunaan zirkon lebih baik, terutama dalam proses pelapisan secara kering untuk menghasilkan produk peralatan dapur dan kamar mandi.

### Zirkonia

Dalam industri gelas, zirkonia (fused zirkon) digunakan untuk menghasilkan gelas-gelas yang berkomposisi khusus, menghasilkan seperti gelas optik, gelas fiber, gelas TV berwarna, dan lain-lain.

### PSZ (Partially Stabilized Zirkonia)

Khusus untuk menghasilkan keramik rekayasa dan listrik, sekarang ini telah dibuat bahan dasar keramik yang berasal dari zirkon, yaitu PSZ. Produk PSZ yang telah dikembangkan ada dua macam, yaitu :

#### PSZ yang Dibuat dengan Menggunakan CaO dan MgO

Keramik yang dihasilkan mempunyai kekuatan dan ketahanan yang lebih baik, jika dibandingkan dengan keramik konvensional (SiC, Si<sub>3</sub>, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Produk keramik ini telah digunakan untuk komponen mesin/motor, pompa kimia, dan nozel (mulut pipa).

#### PSZ yang Dibuat dengan Menggunakan Yttrium Oksida (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Keramik yang dihasilkan lebih stabil dan mempunyai konduktivitas panas rendah, selain mempunyai ketahanan dan tahan lama. Keramik jenis ini sangat sesuai untuk pembuatan komponen adiabatik mesin diesel, seperti pelapis silinder, kepala piston, dan katup. Kegunaan PSZ lainnya adalah untuk pembuatan elektroda yang dapat berfungsi untuk mengontrol ratio antara bahan bakar dan oksida di dalam mesin. Keadaan ini tidak saja menyangkut masalah lingkungan, tetapi

juga masalah efisiensi mesin mobil dan penghematan pemakaian bahan bakar.

### Refraktori

Zirkon dapat dibuat menjadi bata tahan api yang digunakan untuk melapisi tungku peleburan baja dan gelas. Zirkon yang digunakan ada dua jenis, yaitu AZS refraktori dan zirkonia-mullit. Pemakaian kedua bahan ini sebagai refraktori karena secara kimia mempunyai sifat netral serta ketahanan terhadap panas mendadak yang sangat baik. Zirkonia-mullit digunakan dalam bentuk batangan dan nodul yang disusun secara beraturan. Pemakaian zirkon secara langsung untuk refraktori pada umumnya digunakan sebagai ladle brick. Refraktori ini dapat digunakan pada suhu hingga 3.600°F.

### Pasir Cetak (Foundri)

Zirkon sangat sesuai digunakan sebagai pasir cetak karena mempunyai sifat-sifat antara lain :

- Pengantar panas yang sangat tinggi, sehingga proses pendinginan berlangsung empat kali lebih cepat bila dibandingkan dengan pasirkuarsa,
- Tidak reaktif terhadap logam lain,
- Butiran zirkon berbentuk bulat dengan permukaan bersih serta sesuai dengan semua jenis binder,
- Membutuhkan binder lebih sedikit dibandingkan dengan pasir cetak lainnya,
- Ukuran tetap stabil walaupun terjadi peningkatan panas,
- pH zirkon netral atau sedikit asam.

Sebagai pasir cetak, zirkon umumnya digunakan untuk menghasilkan produk cetakan yang mempunyai permukaan halus. Selain zirkon, fused zirkonia juga digunakan khususnya pencetakan gelas secara kontinu.

### Abrasif

Produk zirkon yang umumnya digunakan sebagai abrasif adalah alumina-zirkonia. Abrasif jenis ini ada dua kelompok, tergantung prosentase zirkonia yang digunakan, yaitu :

- AZ-abrasif (25% zirkonia), terutama digunakan dalam hubungannya dengan pengerjaan bahan-bahan yang berasal dari logam, seperti steel billet, automotif, dan lain-lain.
- NZ-abrasif (40% zirkonia), di pasaran NZ-abrasif ada dua jenis, yaitu E347 (bonded abrasive) dan E349 (coated abrasive). Terutama digunakan sebagai mata (bit) pada mesin pemotong untuk batu hias (marmer dan granit) dan sebagai bola penggerus (grinding wheel).
- Sebagai abrasif, pasir zirkon dapat juga digunakan secara langsung, yaitu sebagai sandblast menggantikan fungsi pasirkuarsa.

Untuk mendapatkan zirkon Mg-PSZ, dilakukan proses pengolahan seperti dapat dilihat pada Gambar 1.

Penggunaan pasir zirkon Katingan berdasarkan hasil analisa laboratorium terhadap beberapa conto konsentrat maupun contoh curah untuk berbagai industri perlu dilakukan proses pemisahan dari mineral pengotornya. Pasir zirkon di daerah Katingan berasosiasi dengan titan dengan demikian konsentrat pasir zirkon akan banyak mengandung  $TiO_2$ , untuk memisahkannya dapat dilakukan dengan magnetik separator, sedangkan pemisahan dengan pasir kuarsa dapat dilakukan dengan proses gravity dan flotasi.

Mineral pengotor yang terdapat dalam pasirzirkon terdiri dari mineral ringan dan mineral berat.

- Mineral ringan terdiri dari : kuarsa, lempung dan material organik.
- Mineral berat tersiri dari : magnetit, ilmenit, hematit, piroksen dan rutil.

**Jenis Badan Keramik Menurut Kepadatan**

- Gerabah (Earthenware), dibuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk dan dibakar pada suhu maksimum  $1.000^{\circ}C$ . Keramik jenis ini struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar dan masih berpori. Agar supaya kedap air, gerabah kasar harus dilapisi glasir, semen atau bahan pelapis lainnya. Gerabah termasuk keramik berkualitas rendah apabila dibandingkan dengan keramik batu (stoneware) atau porselin. Bata, genteng, paso, pot, anglo, kendi, gentong dan sebagainya termasuk keramik jenis gerabah. Genteng telah banyak dibuat berglasir dengan warna yang menarik sehingga menambah kekuatannya.
- Keramik Batu (Stoneware), dibuat dari bahan lempung plastis yang dicampur dengan bahan tahan api sehingga dapat dibakar pada suhu tinggi ( $1.200^{\circ}-1.300^{\circ}C$ ). Keramik jenis ini mempunyai struktur dan tekstur halus dan kokoh, kuat dan berat seperti batu. Keramik jenis termasuk kualitas golongan menengah.
- Porselin (Porcelain), adalah jenis keramik bakaran suhu tinggi yang dibuat dari bahan lempung murni yang tahan api, seperti kaolin, alumina dan silika. Oleh karena badan porselin jenis ini berwarna putih bahkan bisa tembus cahaya, maka sering disebut keramik putih. Pada umumnya, porselin dipijar sampai suhu  $1.350^{\circ}C$  atau  $1.400^{\circ}C$ , bahkan ada yang lebih tinggi lagi hingga mencapai  $1.500^{\circ}C$ . Porselin yang tampaknya tipis dan rapuh sebenarnya mempunyai kekuatan karena struktur dan teksturnya rapat serta keras seperti gelas. Oleh karena keramik ini dibakar pada suhu tinggi maka dalam bodi porselin terjadi penggelasan atau vitrifikasi. Secara teknis keramik jenis ini mempunyai kualitas

tinggi dan bagus, disamping mempunyai daya tarik tersendiri karena keindahan dan kelembutan khas porselin. Juga bahannya sangat peka dan cemerlang terhadap warna-warna glasir.

- Keramik Baru (New Ceramic), adalah keramik yang secara teknis, diproses untuk keperluan teknologi tinggi seperti peralatan mobil, listrik, konstruksi, komputer, cerobong pesawat, kristal optik, keramik metal, keramik multi lapis, keramik multi fungsi, komposit keramik, silikon, bioceramic, dan keramik magnet. Sifat khas dari material keramik jenis ini disesuaikan dengan keperluan yang bersifat teknis seperti tahan benturan, tahan gesek, tahan panas, tahan karat, tahan suhu kejut seperti isolator, bahan pelapis dan komponen teknis lainnya.

**Peralatan dan Bahan :**

Badan keramik adalah bagian utama dalam pembuatan keramik dan bahan utamanya biasa disebut dengan bahan mentah keramik.

Contoh bahan mentah keramik alam seperti kaolin, lempung, felspar, kuarsa, piropylit dan sebagainya. Sedangkan bahan keramik buatan seperti mullit,  $SiC$ , Borida, Nitrida,  $H_3BO_3$  dan sebagainya.

Bahan mentah keramik dapat digolongkan berdasarkan sifatnya yaitu :

- Bahan Pengikat Contoh : kaolin, ballclay, fireclay, redclay;
- Bahan Pelebur Contoh : felspar, batugamping;
- Bahan Pengisi Contoh : silika, grog (samot);
- Bahan Tambahan Contoh : water glass, talk, pyrophillit;
- Bahan Mentah Glasir. (Bahan yang membuat lapisan gelas pada permukaan benda keramik setelah melalui proses pembakaran pada suhu tertentu), diantaranya adalah :
  - bahan mengandung  $SiO_2$  - pasir kuarsa - lempung feldspar;
  - bahan mengandung oksida basa - potas felspar - batugamping - soda abu;
  - Bahan mengandung  $Al_2O_3$  - kaolin feldspar;
  - Bahan tambahan Contoh :
    - a. bahan pewarna Contoh : senyawa cobalt, senyawa besi, senyawa nikel, senyawa chrom dan sebagainya.
    - b. bahan perekat Contoh : gum
    - c. bahan penutup Contoh : oksida sirkon, oksida seng
    - d. bahan pelebur Contoh : asam borat, borax,  $Na_2CO_3$ ,  $K_2CO_3$ ,  $BaCO_3$ ,  $Pb_3O_4$  dan sebagainya.
    - e. untuk bahan opacifer :  $SnO_2$ ,  $ZrO$  dan sebagainya.

### Cara Pembuatan

Ada beberapa cara atau teknik pembuatan keramik, yaitu:

- Teknik Coil (lilit pilin);
- Teknik tatap batu/pijat jari;
- Teknik Slab (lempengan).

Cara pembentukan dengan tangan langsung seperti coil, lempengan atau pijat jari merupakan teknik pembentukan keramik tradisional yang bebas untuk membuat bentuk-bentuk yang diinginkan. Bentuknya tidak selalu simetris. Teknik ini sering dipakai oleh seniman atau para penggemar keramik.

#### □ Teknik putar

Teknik pembentukan dengan alat putar dapat menghasilkan banyak bentuk yang simetris (bulat, silindris) dan bervariasi. Cara pembentukan dengan teknik putar ini sering dipakai oleh para pengrajin di sentra-sentra keramik. Pengrajin keramik tradisional biasanya menggunakan alat putar tangan (hand wheel) atau alat putar kaki (kick wheel). Para pengrajin bekerja di atas alat putar dan menghasilkan bentuk-bentuk yang sama seperti gentong, guci dll.

#### □ Teknik cetak

Teknik pembentukan dengan cetak dapat memproduksi barang dengan jumlah yang banyak dalam waktu relatif singkat dengan bentuk dan ukuran yang sama pula. Bahan cetakan yang biasa dipakai adalah berupa gips, seperti untuk cetakan berongga, cetakan padat, cetakan jigger maupun cetakan untuk dekorasi tempel. Cara ini digunakan pada pabrik-pabrik keramik dengan produksi massal, seperti alat-alat rumah tangga piring, cangkir, mangkok gelas dll.

Disamping cara-cara pembentukan di atas, para pengrajin keramik tradisional dapat membentuk keramik dengan teknik cetak pres, seperti yang dilakukan pengrajin genteng, tegel dinding maupun hiasan dinding dengan berbagai motif seperti binatang atau tumbuh-tumbuhan.

### 4. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh Staf Sub Kelompok Program Penelitian Nonlogam yang telah membantu dalam proses penulisan artikel ilmiah hasil penyelidikan ini, terutama kepada Ir. Abdul Fatah Yusuf, Ir. Sugeng Priyono dan Tisna Sutisna, BE. yang telah membantu dalam memberikan data-data hasil kegiatan penyelidikan di daerahnya sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

### 5. Kesimpulan dan Saran

#### Kesimpulan

1. Pasir zirkon di Kabupaten Landak yang prospek untuk dikembangkan terdapat di Daerah Demuan, Hilir Tengah, Desa Tebedak, Kecamatan Ngabang, dengan sumber daya hipotetik lapisan pembawa pasir zirkon 11 m<sup>3</sup> sekitar 31 Ton.
2. Pasir zirkon di Kabupaten Sanggau yang prospek untuk dikembangkan terdapat di Empado, Maengkok Sei Menduk, Desa Sejotang, Kecamatan Tayan Hilir, sumber daya hipotetik lapisan pembawa pasir zirkon 7 m<sup>3</sup> sekitar 20 Ton.
3. Pasir zirkon di Kabupaten Melawi yang prospek terdapat di Kp. Tanjung Arak, Desa Kebebu mempunyai kandungan ZrO<sub>2</sub> 44,17 %, sumber daya hipotetik 114.753,66 ton dan di Desa Baru mempunyai kandungan ZrO<sub>2</sub> 48,90 %, sumber daya hipotetik 45.574,80 ton.
4. Pasir zirkon di Kabupaten Katingan yang prospek untuk dikembangkan terdapat di Pendahara, Kec. Tewang Sanggalang Garing kandungan zirkon 313 kg/m<sup>3</sup>, kadar rata-rata 11 %, sumber daya hipotetik pasir zirkon 8.800.000 ton dan Petak Puti, kandungan zirkon 8 kg/m<sup>3</sup>, kadar rata-rata 2.691 ppm, sumber daya pasir zirkon 50.000 ton.
5. Pasir zirkon di Kabupaten Seruyan yang prospek terdapat di Desa Pematang Tambat ZrO<sub>2</sub> 54,57%, sumber daya hipotetik diperkirakan sekitar 4,272 ton.
6. Pasir zirkon di Kabupaten Kotawaringin Timur yang prospek terdapat di Daerah Tangar Km 28, ZrO<sub>2</sub> 45,39%, sumber daya hipotetik sekitar 85,664 ton dan di Daerah Seba, ZrO<sub>2</sub> 48,09%, sumber daya hipotetik sekitar 102,112 ton.

#### Saran

1. Eksplorasi lebih lanjut perlu dilaksanakan dengan memakai peta skala 1 : 10.000 pada daerah-daerah yang prospek untuk dikembangkan, dengan metode pemetaan geologi detail, pengambilan conto yang sistimatis dan dilakukan pemboran dangkal untuk mengetahui kualitas secara vertikal.
2. Pengelolaan bahan galian masih belum optimal, karena perusahaan yang melaksanakan eksploitasi belum melaksanakan tahapan eksplorasi, sehingga menyulitkan dalam pelaksanaan pengawasan produksi yang berdampak pada tidak maksimalnya pendapatan daerah dari sektor pertambangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- a. Abdul Fatah Yusuf, dan kawan-kawan., 2006, Inventarisasi dan Penyelidikan Bahan Galian Non Logam di Kabupaten Katingan, Provinsi Kalimantan Tengah, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi.
- b. Agus Setiawan, 1996, Penelitian Pendahuluan Isolasi dan Pemurnian Zirkonia dari pasir zirkon untuk precursor keramik maju jenis magnesia-partially stabilized zirkonia (Mg-PSZ) dengan metoda pengendapan karbonat, skripsi sarjana kimia, Universitas Padjadjaran;
- c. Herry Rodiana Eddy, dan kawan-kawan., 2006, Inventarisasi dan Penyelidikan Bahan Galian Non Logam di Kabupaten Melawi, Provinsi Kalimantan Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi.
- d. Ike Kartikawati, 1994, Penelitian Pendahuluan Isolasi dan Pemurnian Zirkonia dari pasir zirkon untuk precursor keramik maju jenis magnesia-partially stabilized zirkonia (Mg-PSZ) dengan sistem pengendapan hidroksida, skripsi sarjana kimia, Universitas Padjadjaran;
- e. Lefond, 1975, *Industrial Mineral and Rock*, 4th edition, USA.;
- f. Sugeng Priyono, dan kawan-kawan., 2006, Inventarisasi dan Evaluasi Bahan Galian Non Logam di Kabupaten Landak dan Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat, Pusat Sumber Daya geologi, Badan Geologi.
- g. Supriatna Suhala dan kawan-kawan., 1997, *Bahan Galian Industri*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral;
- h. T. Soeyitno, T. Santosa dan U. Marjono, 1995, *Peta Geologi Lembar Tumbang Manjul*, Skala 1 : 250. 000;
- i. Tisna Sutisna, dan kawan-kawan., 2006, Inventarisasi dan Evaluasi Bahan Galian Non Logam di Kabupaten Seruyan dan Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah, Pusat Sumber Daya geologi, Badan Geologi.
- j. Tushadi Madiadipoera, dan kawan-kawan., 1990, *Bahan Galian Industri di Indonesia*, Direktorat Sumber Daya Mineral;
- k. Worrall, W.E., 1986, *Clays and Ceramic Raw Materials*, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York;
- l. [www.kalbar.go.id](http://www.kalbar.go.id), Situs Provinsi Kalimantan Barat;
- m. [www.melawi.go.id](http://www.melawi.go.id), Situs Kabupaten Melawi, Kalimantan Barat;
- n. [www.asaki.go.id](http://www.asaki.go.id), Situs Asosiasi Aneka Keramik Indonesia.

Tabel 1. Potensi Pasir Zirkon di P. Kalimantan

No.	Lokasi	Kualitas	Sumber Daya Hipotetik (ton)
<b>Provinsi Kalimantan Barat</b>			
<b>Kabupaten Landak</b>			
1.	Lingkungan Demuan, Hilir Tengah, Ds. Tebedak, Kec. Ngabang	ZrO <sub>2</sub> 21,39%; SiO <sub>2</sub> total 24,10%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,69%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10,56%; CaO 0,01%; TiO <sub>2</sub> 20,50%; H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> 0,24%; HD 1,54%; BJ 3,96 gr/Cm <sup>3</sup> ; Ilmenit 20,50%; Hematit 10,20%; Rutil 5,60%; Inklusi Ilmenit dalam Zirkon 4,0%; Kasiterit trace; Zirkon 39,15%; Kuarsa 10,55%	31,00
2.	Sei Pantek, Ambayo, Ds. Tebedak, Kec. Ngabang	ZrO <sub>2</sub> 22,14%; SiO <sub>2</sub> total 23,30%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,69%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 11,14%; CaO 0,19%; TiO <sub>2</sub> 22,80%; H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> 0,25%; HD 1,60%; BJ 3,97 gr/Cm <sub>3</sub> ; Ilmenit 30,20%; Hematit 16,50%; Rutil 0,43%; Inklusi Ilmenit dalam Zirkon 4,7%; Kasiterit trace; Zirkon 40,52%; Kuarsa 7,65%;	17,00
3.	Sei Ruang Baam, Dsn. Engkalong, Ds. Nyayum, Kec. Ngabang	ZrO <sub>2</sub> 22,82%; SiO <sub>2</sub> total 22,20%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,69%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10,40%; CaO 0,07%; TiO <sub>2</sub> 25,50%; H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> 0,25%; HD 1,57%; BJ 4,60 gr/Cm <sup>3</sup> ; Ilmenit 35,20%; Hematit 10,22%; Rutil 2,65%; Inklusi Ilmenit dalam Zirkon 2,0%; Kasiterit trace; Zirkon 41,77%; Kuarsa 8,22%;	21,00
<b>Kabupaten Sanggau</b>			
1.	Empado, Maengkok Sei Menduk, Ds. Sejotang, Kec. Tayan Hilir	ZrO <sub>2</sub> 25,65%; SiO <sub>2</sub> total 23,60%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,46%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 7,51%; CaO 0,01%; TiO <sub>2</sub> 13,65%; H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> 0,11%; HD 0,91%; BJ 5,07 gr/Cm <sup>3</sup> ; Ilmenit 38,50%; Hematit 7,50%; Rutil 2,75%; Tumalin 0,10%; Kasiterit trace; Zirkon 46,95%; Kuarsa 4,20%;	20,00
2.	Saeh Miru, Bayan Beruang, Sei Tekam, Ds. Malenggang, Kec. Sekayam	ZrO <sub>2</sub> 29,39%; SiO <sub>2</sub> total 23,10%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,51%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,76%; CaO 0,05%; TiO <sub>2</sub> 19,30%; H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> 0,24%; HD 1,36%; BJ 3,78 gr/Cm <sup>3</sup> ; Ilmenit 22,50%; Hematit 10,50%; Rutil 4,20%; Inklusi Ilmenit dalam Zirkon 4,0%; Tumalin 0,01%; Kasiterit trace; Zirkon 53,80%; Kuarsa 5,00%.	17,00
<b>Kabupaten Melawi</b>			
1.	Kelakik, Ds. Tanjung Paoh, Kec. Nanga Pinoh	ZrO <sub>2</sub> 14,18%, SiO <sub>2</sub> total 56,40%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,72%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 11,95%, TiO <sub>2</sub> 15,30%, H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> 0,12% dan BJ 3,08	611,44
2.	Kambut, Ds. Baru, Kec. Nanga Pinoh	ZrO <sub>2</sub> 2,19%, SiO <sub>2</sub> total 87,60%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,47%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,53%, TiO <sub>2</sub> 4,00%, H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> 0,11% dan BJ 2,79	97,76
3.	Ds. Baru, Kec. Nanga Pinoh	ZrO <sub>2</sub> 48,90%, SiO <sub>2</sub> total 19,70%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,28%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 14,62%, TiO <sub>2</sub> 15,52%, H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> 0,02% dan BJ 4,66, ilmenit 50,15%, zirkon 22,42% berwarna ros, kuning kemerahan, tak berwarna, prismatic membulat tanggung, hematit 12,25%, magnetit 6,95%, kuarsa 4,38%, epidot 1,0%, rutil 0,5%, garnet trace.	45.574,80

Lanjutan

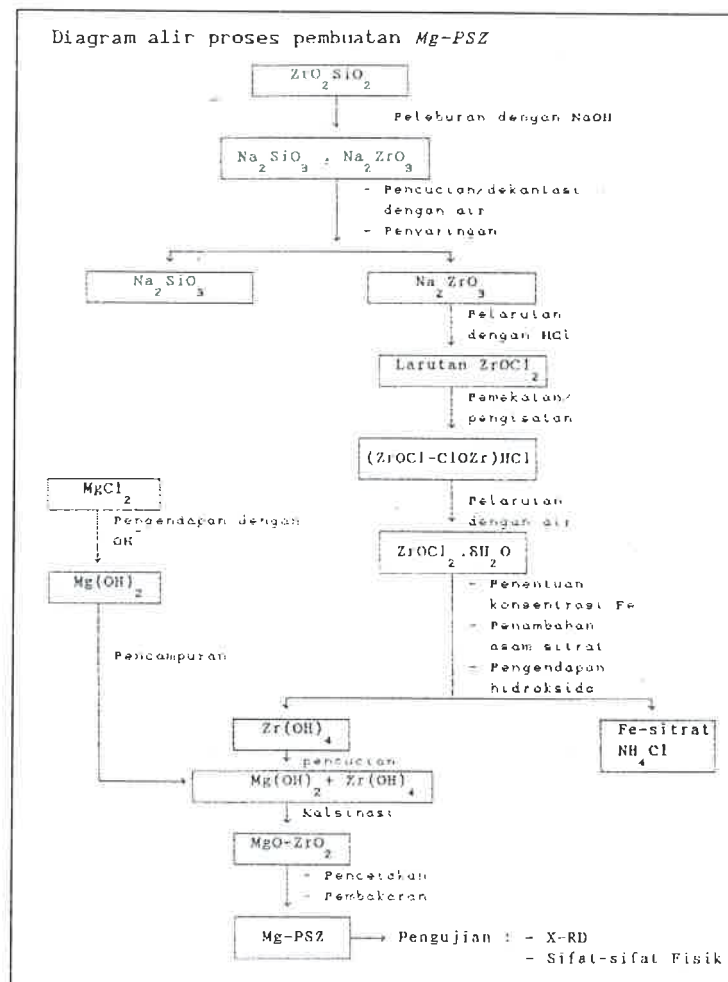
No.	Lokasi	Kualitas	Sumber Daya Hipotetik (ton)
4.	Tanjung Arak, Ds Kebebu, Kec. Nanga Pinoh	ZrO <sub>2</sub> 44,17%, SiO <sub>2</sub> total 1,98%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,38%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 13,68%, TiO <sub>2</sub> 17,88%, H <sub>2</sub> O 0,18% dan BJ 4,33	114.753,66
5.	Ds. Nanga Kayan, Kec. Nanga Pinoh	ZrO <sub>2</sub> 33,50%, SiO <sub>2</sub> total 2,33%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,37%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 22,94%, TiO <sub>2</sub> 28,91%, H <sub>2</sub> O 0,13% dan BJ 4,40	11.792,00
6.	Ds. Ella Hulu, Kec. Menukung	ZrO <sub>2</sub> 32,42%, SiO <sub>2</sub> total 5,47%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,74%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 25,29%, TiO <sub>2</sub> 23,58%, H <sub>2</sub> O 0,04% dan BJ 4,45.	4.917,03
7.	Popay, Ds. Nanga Nuak, Kec. Ella Hilir	ZrO <sub>2</sub> 28,77%, SiO <sub>2</sub> total 4,91%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,48%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 25,45%, TiO <sub>2</sub> 23,21%, H <sub>2</sub> O 0,13% dan BJ 4,70	3.245,26
8.	Nanga Pangan, Ds. Lengkong Nyadom, Kec. Ella Hilir	ZrO <sub>2</sub> 39,44%, SiO <sub>2</sub> total 4,24%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,49%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 15,91%, TiO <sub>2</sub> 16,98%, H <sub>2</sub> O 0,07% dan BJ 4,28	25.320,48
<b>Provinsi Kalimantan Tengah</b>			
<b>Kabupaten Katingan</b>			
1.	Pendahara, Kec. Tewang Sanggalang Garing	Kandungan zirkonnya 313 kg/m <sup>3</sup>	8.800.000,00
2.	Petak Puti, Kec. Katingan Tengah	Kandungan zirkonnya 8,02 kg/m <sup>3</sup>	50.000,00
3.	Tewang Panjang, Kec. Katingan Tengah	Kandungan zirkonnya 14 gr/m <sup>3</sup>	54,00
4.	Cempaga Buang atau Seluang, Kec. Katingan Hilir	Kadar rata – rata zirkon 0,0582 %	4.800,00
5.	Pegatan, Kec. Katingan Kuala	Kandungan zirkonnya 31 gr/m <sup>3</sup>	270,00
<b>Kabupaten Seruyan</b>			
1.	Pematang Tambat	ZrO <sub>2</sub> 54,57%	4,27
2.	Daerah Sungai Pucuk	ZrO <sub>2</sub> 65,38%	0,85
3.	Air Kuning, Asambaru	ZrO <sub>2</sub> 61,87%	2,11
<b>Kabupaten Kotawaringin Timur</b>			
1.	Kalap, Ujung Pandaran	ZrO <sub>2</sub> 59,81%	0,02
2.	Daerah Tangar Km 28	ZrO <sub>2</sub> 45,39%	85,66
3.	Daerah Sebabi	ZrO <sub>2</sub> 48,09%	102,11

Tabel 2. Spesifikasi Komposisi Kimia Pasir zirkon Untuk Keramik

Zr O <sub>2</sub>	65.00% (Min)
SiO <sub>2</sub>	32.80 (Max)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00% (Max)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10% (Max)
Ti O <sub>2</sub>	0.30% (Max)
Specific Gravity	4.5 – 4.7

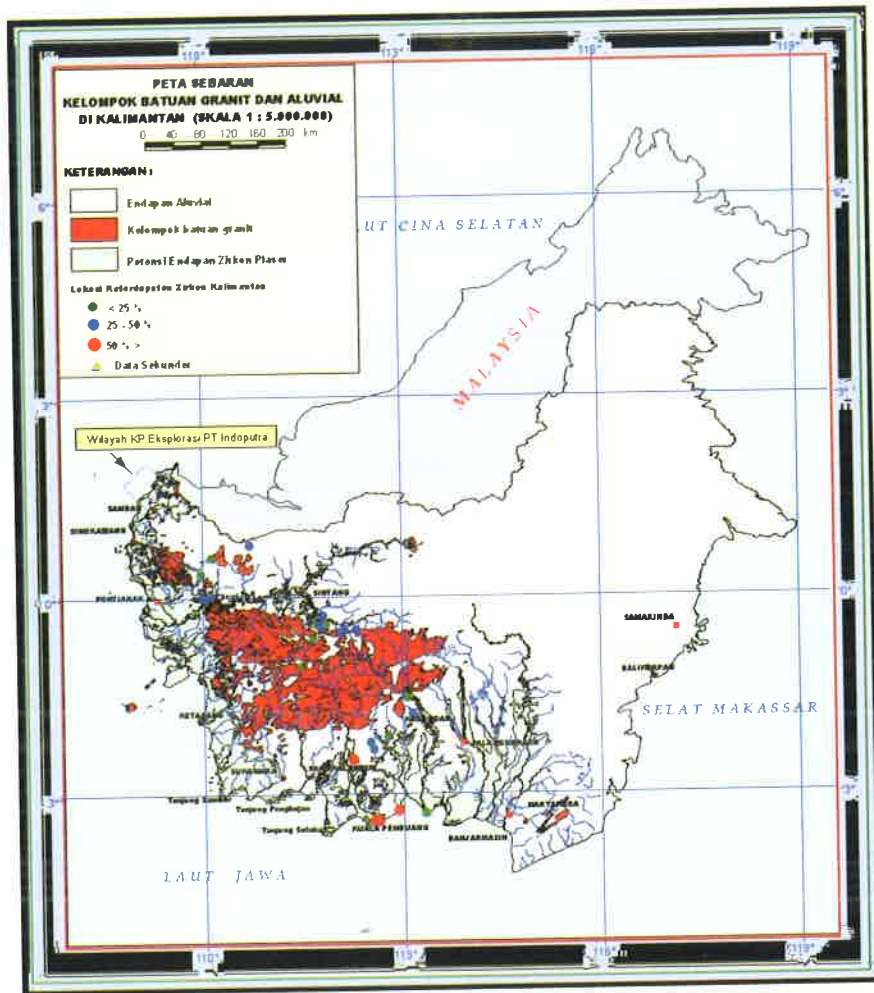
Tabel 3. Spesifikasi Sifat Fisik Pasir zirkon untuk Keramik

Mesh (Tyler Screen)	Sieve opening in microns	Cumulative wt. % retained
35	425	0.0 – 0.1
48	300	0.5 – 2.5
65	212	3.0 – 10.0
100	150	30.0 – 50.0
150	106	85.0 – 95.0
200	75	99.0 – 100.0
<b>Specific Gravity</b>	4.6	
<b>Bulk Density</b>	2.7 Kg/litre	
<b>Melting Point</b>	2.200 degrees celsius	



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan Mg-PSZ



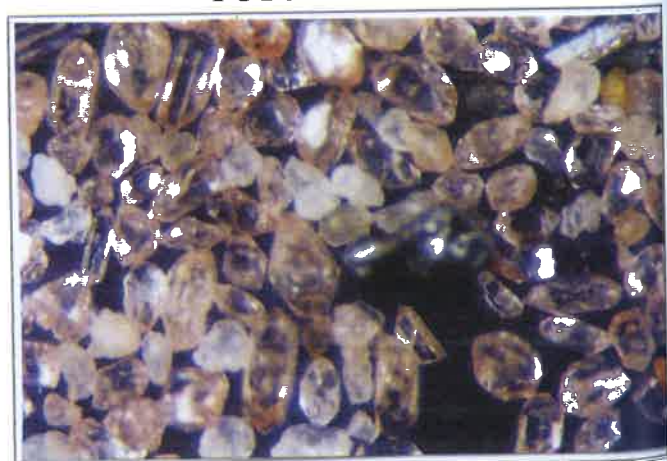


Gambar 2. Peta Lokasi Keterdapatan Zirkon di Kalimantan pada Sebaran Batuan Granit dan Aluvial

**FOTO MIKROGRAF**



Foto 1. Pengambilan contoh pasir zirkon dengan cara mendulang



**Ilmenit**, berwarna hitam metalik, membulat tanggung  
**Zirkon**, berwarna ros, kuning kemerahan, yak berwarna, prismatic membulat tanggung.  
**Rutil**, berwarna coklat, kilap lilin, prismatic, membulat tanggung  
 Perbesaran 25x

Foto 2. Hasil Analisa Butir terlihat pasir zirkon berwarna ros, kuning kemerahan, tak berwarna prismatic membulat tanggung

## DAERAH PROSPEK DAN POTENSI PANAS BUMI SUWAWA, KABUPATEN BONEBOLANGO - PROVINSI GORONTALO

Oleh:

**Herry Sundhoro**

Kelompok Kerja Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi (PMG), April 2007

### SARI

Luas daerah prospek dan potensi cadangan panas bumi di daerah Suwawa diasumsikan berdasarkan kajian kompilasi geosaintifik terpadu metoda geologi, geokimia dan geofisika.

Data struktur geologi, anomali kandungan Hg tinggi, anomali gaya berat orde 2, resistivity Shlumberger AB/2= 750m dan AB/2= 1000 m menunjukkan bahwa daerah prioritas 1, seluas 7 km<sup>2</sup> di Libungo dan daerah prioritas 2 seluas 4 km<sup>2</sup> di Lombongo. Estimasi suhu fluida panas (geothermometry) adalah 188 C (entalpi menengah) yang dihitung dari fluida mata air panas Libungo, sehingga nilai estimasi cadangan terduga daerah Suwawa adalah sekitar 65 Mwe, dihitung dari potensi cadangan terduga daerah prioritas 1 (42 Mwe) dan prioritas 2 (24 Mwe).

### ABSTRACT

*The prospect area and the potency of geothermal in Suwawa are assumed by the geoscientific integrated data of geological, geochemical and geophysical methods.*

*The geological structure, high value of mercury anomaly, gravity anomaly on the 2nd order, and the resistive area of Shlumberger AB/2= 750 m and AB/2= 1000 m show that the 1st promising area is about 7 km<sup>2</sup> in Libungo, and the 2nd promising area is 4 km<sup>2</sup> in Lombongo. Geothermometer reservoir calculated from Libungo hot water is about 188 C (medium enthalpy), so that geothermal Potential in Suwawa is about 65 Mwe, which are calculated from the 1st area (42 Mwe), and the 2nd area (24 Mwe).*

### PENDAHULUAN

Provinsi Gorontalo tidak memiliki kandungan energi fosil minyak bumi, gas dan batubara, untuk mencukupi kebutuhan energi daerahnya harus dipasok bahan bakar dari provinsi lain, sehingga nilai subsidi yang diberikan akan menjadi lebih mahal.

Adanya manifestasi panas di elevasi + 30 m dan + 85 m dpl, dengan temperatur 41,4 o C - 82.6o C sebagai indikasi adanya potensi panas bumi yang mungkin bisa dimanfaatkan untuk energi listrik, perlu dikaji potensi dan pemanfaatannya. Manifestasi tersebut berada di antara dua sesar normal berarah barat laut-tenggara, dan membentuk struktur sembul dan terban (depresi) yang dinamakan sesar normal Limboto/ Gorontalo.

Lingkup pekerjaan berupa kajian yang didasarkan hasil survei geologi, geokimia, geofisika. Maksudnya adalah untuk menghitung luas daerah prospek dan cadangan terduga panas bumi.

Daerah bahasan secara administratif berada di Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo, dengan koordinat geografis 0028'13,7" - 0036'54,8" LU dan 123006'00" - 123015'00"BT atau koordinat UTM X= 511.000 - 528.000 mT dan Y= 52.000 - 68.000 mU (Gambar 1).

### TATANAN GEOLOGI

#### Tektonik Sulawesi

Peristiwa tektonik di pulau Sulawesi telah berlangsung sejak Tersier Awal oleh penunjaman Sulawesi Utara dengan menghasilkan tegasan Utara-Selatan. Pada masa ini terjadi pengangkatan dan kegiatan magmatisme yang menghasilkan batuan plutonik dan gunungapi yang tersebar luas di daratan Sulawesi Utara dengan pola barat laut- timur tenggara (Katili, 1980 dan Simanjuntak, 1986) (Gambar 2).

Periode kedua ditandai dengan terbentuknya sesar mendatar mengangan berarah barat laut-tenggara. Sesar terbesar menurut T. Apandi dan S. Bachri (1997) adalah sesar Gorontalo yang menghasilkan fault trap dan kemudian membentuk depresi graben dengan memotong struktur yang terbentuk sebelumnya.

Periode ketiga dicirikan dengan munculnya penunjaman Sangihe Timur dengan arah tegasan hampir barat-timur sampai utara-selatan yang diduga mulai aktif pada Kuartar Awal dan menghasilkan lajur gunungapi Kuartar yang tersingkap di selatan daerah Suwawa. (Katili, 1980 dan Simanjuntak, 1986). Periode selanjutnya adalah terbentuknya sesar-sesar muda yang memotong dan rejuvenasi dari struktur yang terbentuk sebelumnya dimana

tegasan yang membentuk struktur muda ini merupakan resultan dari dua gaya yang ada dan juga menghasilkan gaya releasing yang diduga kuat sebagai pemunculan manifestasi panas bumi di daerah Suwawa.

### Geologi Daerah Suwawa

Stratigrafi batuan dari tua ke muda adalah: Batu gamping Tandaka (Tmgt), Andesit Bilungala (Tmab), Granit Bone (Tmgb), Diorit Bone (Tmdb), Andesit Pinogoe Tua (QTap 1), piroklastik Pinogoe (QTpp), Andesit Pinogoe Muda (QTap 2), dan Aluvium (Qa) (Gambar 3).

Struktur geologi di lapangan diindikasikan oleh bentuk depresi, kelurusan topografi dan gunungapi, sebaran batuan plutonik Tersier, fault trap, paset segitiga, gawir sesar, kekar gerus, off-set batuan, hancuran (breksiasi) batuan, mineralisasi, slicken side, alterasi argilik (montmorilonit-kaolinit) dan mata air panas. Berdasarkan indikasi tersebut terdapat sesar utama, dan sesar lanjutan yang mengontrol daerah Suwawa. Sesar-sesar tersebut adalah (Gambar 3):

- Sesar tertua berupa sesar normal geser manganan, berarah barat laut - tenggara hingga barat - timur, polanya berupa zona lemah yang membentuk sebaran batuan plutonik Tersier, hingga ke bagian barat di luar daerah pemetaan, diantaranya sesar Limboto. Selanjutnya akibat pengaruh gaya resultan penunjaman Sulawesi Utara dan Sangihe Timur yang terjadi kemudian, mengakibatkan sesar tersebut terejuvenasi menjadi sesar normal di orde kedua (sesar periode lanjut).
- Sesar kedua mempunyai arah barat laut-tenggara (N 330° E), dan membentuk fault trap berupa zona terban (graben) atau depresi barat - timur. Sesar tersebut searah aliran sungai Bone.
- Sesar periode ketiga, dengan gaya utama yang berperan adalah penunjaman Sangihe Timur. Sesar tersebut merupakan sesar mendatar mengiri yang memotong batuan vulkanik tua arah barat laut - tenggara (N 345° E), dan disusul oleh sesar normal barat laut - tenggara (N330° E) yang diduga terbentuk oleh gaya penunjaman Sangihe Timur bagian selatan, dengan arah tegasan utamanya barat laut - tenggara, dan juga menghasilkan patahan yang mempunyai arah hampir utara - selatan.

### Manifestasi Panas Bumi

Manifestasi panas di permukaan yang muncul berupa mata air panas Libungo, Lombongo dan Lumbaya Bulan/Pangi (Gambar 3 dan 6).

Mata air panas Libungo 1, Dusun Air Panas, Desa Libungo, berada di terban (graben) Limboto. Koordinat geografis 113°35'40" bujur timur dan 07°55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 516102, Y= 57425

ketinggian + 44 m dpl, temperatur 82,6° C, pH= 7,8, debit ± 1,2 l/detik, muncul di rekahan batuan vulkanik. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau, tidak berasa, terdapat oksida besi kuning - kecoklatan, sinter dan garam NaCl.

Mata air panas Libungo 2, Dusun Air Panas dekat Libungo 1, Koordinat geografis 113o35'40" bujur timur dan 07o55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 5175520, Y= 57988, ketinggian + 30 m dpl. Temperatur 810 C, pH 7,8, debit ± 4,5 l/ detik, muncul di rekahan batuan vulkanik, luas ± 30 x 20 m2. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau, tidak berasa, ada oksida besi kecoklatan, sinter dan endapan garam NaCl.

Mata air panas Lombongo 1, Dusun Lombongo, koordinat 113o35'40" bujur timur dan 07o55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 520184, Y= 60711, ketinggian + 81 m dpl, . temperatur 48,7° C, pH= 7,7, debit ± 6,2 l/ detik, muncul di rekahan batuan vulkanik, berupa kolam pemandian air panas. Karakter fisik berwarna: jernih, tidak berbau, tidak berasa, ada oksida besi kuning - kecoklatan.

Mata air panas Lombongo 2, dekat Lombongo 1, koordinat 113o35'40" bujur timur dan 07o55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 5519842, Y= 60578, ketinggian + 85 m dpl, temperatur 41,4° C, pH= 7,8, debit ± 2,4 l/ detik, muncul di rekahan batuan vulkanik. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau, tidak berasa, terdapat oksida besi kuning kecoklatan.

Mata air panas Pangi, Dusun Pangi, Desa Lumbaya Bulan, koordinat 113°35'40" bujur timur dan 07°55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 527852, Y= 56204), ketinggian + 77 m dpl, temperatur 52,6° C, pH= 7,4, debit ± 1,2 l/detik, muncul di rekahan batuan vulkanik. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau dan tidak berasa.

### KARAKTER GEOKIMIA

#### Tipe air panas

Hasil analisis kimia air panas diplotkan kedalam diagram segitiga Giggenbach, 1988 (Cl-SO4--HCO3, Na/1000-K/100-Mg, B-Li-Cl), dan diagram isotop Oksigen 18/18O Vs Deuterium untuk mengetahui tipe air panas, dan indikasi adanya pengaruh air meteorik atau air permukaan yang dominan, menunjukkan bahwa:

Komposisi kimia air panas Libungo 1, Libungo 2 dan Pangi mempunyai tipe klorida - sulfat, sedangkan mata air panas Lombongo 1 dan Lombongo 2 mempunyai tipe sulfat (Gambar 4A). Selanjutnya agar diketahui secara pasti adanya pengaruh interaksi batuan terhadap air panas, maka diuji di dalam diagram segitiga Cl/100-B/4-Li (Gambar 4B). Ternyata komposisi kimianya berada di lingkungan volcanic/ magmatic water dan berada jauh dari titik Boron. Sementara itu pengujian komposisi kimia airpanas pada diagram

segitiga Na/1000-K/100-√Mg (Gambar 4A) menunjukkan bahwa semua contoh air panas berada di immature waters, sedangkan berdasarkan diagram isotop oksigen 18/18O dengan deuterium (Gambar 5), menunjukkan bahwa mata air panas Lombongo berada di dekat garis meteorik (meteoric line), sedangkan mata air panas Libungo letaknya menjauh dari garis meteorik (meteoric line).

#### Konsentrasi contoh Tanah dan Udara Tanah

Hasil analisis Hg tanah dan CO<sub>2</sub> udara tanah di kedalaman 1 m dari 129 titik pengamatan menunjukkan bahwa kandungan unsur Hg tanah berkisar dari 27 hingga 681 ppb, dengan nilai ambang batas (background value) 259 ppb. Kandungan CO<sub>2</sub> udara tanah bervariasi antara 0,09 hingga 1,39% dengan nilai ambang batas 0,8%.

Konsentrasi Hg tanah dan CO<sub>2</sub> udara tanah selanjutnya diplot ke peta topografi dan dibuat kontur sebaran konsentrasi Hg serta sebaran konsentrasi CO<sub>2</sub>. Sebaran Hg kandungan tinggi sebagai anomali dijumpai di sekitar mata air panas Libungo dan Lombongo, sedangkan sebaran CO<sub>2</sub> tinggi tidak mengidentifikasi adanya anomali disekitar manifestasi panas. (Gambar 6). Sebaran Hg tersebut diharapkan dapat membantu mengidentifikasi sistem up-flow panas bumi.

#### Interpretasi Hasil uji diagram segitiga Cl-SO<sub>4</sub>--HCO<sub>3</sub>, Na/1000-K/100-Mg, dan B-Li-Cl

Air panas bertipe klorida dan klorida sulfat (Gambar 4A) mengindikasikan bahwa fluidanya berasal langsung dari kedalaman (deep water). Tetapi karena di sekitar permukaan pemunculan air panas Libungo terdapat endapan garam NaCl, maka kemungkinan faktor kontaminasi air laut terhadap air panas tersebut perlu dikaji.

Apabila melihat pemunculan air panas ada di elevasi + 44 m dpl dan berjarak lurus sekitar belasan kilo meter dari pesisir pantai, maka kemungkinan adanya pengaruh kontaminasi air laut terhadap sampel yang diambil sangat kecil, kondisi tersebut dapat terlihat juga dari diagram Cl-Li-B/4 (Gambar 4 B), yang menunjukkan letak air panas jauh dari titik boron. Dengan demikian air panas Libungo dan Pangi yang bertipe klorida dan klorida sulfat, konsentrasi Cl (klorida) dominan tersebut bukan akibat kontaminasi dari air laut dan bukan pengaruh dari batuan sedimen, tetapi berasal dari kedalaman/ deep water (Fournier, 1981; Mahon and Ellis, 1977). Endapan garam NaCl yang ada di permukaan diduga berasal dari brine water di kedalaman yang naik ke permukaan akibat adanya temperatur dan tekanan (P & T) tinggi, dan mengalami proses sublimasi oleh pendinginan udara dan menjadikan adanya endapan NaCl saat mencapai permukaan bumi. Hal itu menunjukkan bahwa fluida panas di kedalaman Libungo dan Pangi mempunyai sistem up-flow. Ini berarti fluida yang dihasilkan berasal langsung dari

kedalaman yang tidak terkontaminasi oleh air laut.

Air panas bertipe sulfat (Gambar 4A) mengindikasikan juga bahwa fluida panas berasal langsung dari kedalaman (deep water). Biasanya air panas bertipe sulfat akan bernilai pH rendah atau dinamakan tipe sulfat asam, namun pada mata air panas Lombongo pH nya adalah netral (7.7 - 7.8). Kemungkinan besar ion sulfat yang terbentuk pada mata air panas Lombongo merupakan hasil pelarutan dari mineral anhidrit atau kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>), sehingga mengakibatkan terjadinya penambahan konsentrasi ion sulfat dan kalsium di dalam air panas Lombongo.

Mata air panas immature waters (Gambar 4), mengindikasikan bahwa telah terkontaminasi air meteorik atau air permukaan, kondisi tersebut perlu ditinjau oleh data isotop oksigen 18/18O dan deuterium (Gambar 5), yang menunjukkan mata air panas Lombongo berada di dekat garis meteorik (meteoric line), sedangkan air panas Libungo letaknya menjauh dari garis meteoric line. Indikasi tersebut menunjukkan, bahwa mata air panas Lombongo sebelum mencapai permukaan telah mengalami kontaminasi oleh air permukaan, sedangkan air panas Libungo berindikasi berasal dari deep water yang tidak terkontaminasi oleh air permukaan.

Sistem fluida panas bumi di kedalaman daerah Libungo, Lombongo dan Pangi diasumsikan terletak pada zona up-flow dengan dominasi air panas (hot water dominated system). Diasumsikan bahwa fluida panas di Libungo berasal dari brine water, sedangkan fluida panas di daerah Lombongo telah tercampuri oleh pelarutan mineral anhidrit atau kalsium sulfat yang mengakibatkan penambahan konsentrasi ion sulfat dan kalsium di dalam air panasnya.

Karakteristik mata air panas Libungo yang bersifat netral (pH= 7,7-7,8), suhu permukaan 81 - 82,6 C dan bertipe klorida, berada di lingkungan volcanic/ magmatic water jauh dari posisi titik Boron, serta data isotop oksigen 18/18O dan deuterium yang menunjukkan letaknya menjauh dari garis meteoric line yang artinya berindikasi berasal dari deep water dan tidak terkontaminasi oleh meteoric water. Air panas Libungo tersebut dapat dianggap sebagai contoh representatif untuk penghitungan suhu bawah permukaan (geotermometer air panas).

#### Estimasi geotermometer/ suhu bawah permukaan

Contoh air panas Libungo dengan karakteristik bertipe Klorida Sulfat, pH netral, suhu permukaan tinggi dengan isotop oksigen 18/18O dan deuterium letaknya berada jauh dari garis meteoric line merupakan tipe ideal untuk estimasi geotermometer air panas karena larutan yang mengandung konsentrasi klorida sulfat tersebut diduga berasal dari air magmatik.

Prakiraan suhu bawah permukaan dihitung berdasarkan unsur - unsur kimia yang terlarut di dalam air panas tersebut. Berdasarkan rumus geotermometer air panas Na/K Giggenbach (1988), maka temperatur di kedalaman menunjukkan 188 C (suhu reservoir berentalpi menengah/ medium entalphy). Pendugaan temperatur bawah permukaan/ geotermometer air panas di Libungo dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Estimasi Geotermometer Air Panas Libungo

No	Lokasi	pH	Suhu Permukaan	SiO <sub>2</sub>		Na-K	
				Conductive Cooling	Adiabatic Cooling	(1981) Fournier	(1988) Giggenbach
1.	Libungo 1	7.8	82.6	185	150	169	187
2.	Libungo 2	7.8	81.0	187	152	170	188 Contoh representatif

**Anomali Hg tanah dan CO<sub>2</sub> udara tanah**

Berdasarkan sebaran konsentrasi CO<sub>2</sub> udara tanah menunjukkan tidak ada tanda-tanda konsentrasi yang berhubungan dengan kenampakan manifestasi panas, sedangkan peta sebaran konsentrasi Hg tanah, menunjukkan bahwa pola anomalnya dijumpai di sekitar lokasi manifestasi panas bumi Libungo dan Lombongo (Gambar 6). Sehingga mata air panas tersebut diasumsikan merupakan zone lemah bagi aksesnya fluida panas yang mengandung unsur Hg di kedalaman untuk naik ke permukaan. Selanjutnya unsur Hg tersebut terakumulasi pada soil/ tanah di kedalaman 1 m pada horizon B.

**KAJIANGEOFISIKA**

Penyelidikan geofisika panas bumi terdiri dari beberapa metode, diantaranya geomagnet, gaya berat, head on dan geolistrik. Lokasi 383 titik ukur berada di 8 lintasan sepanjang antara 4 - 8 km, dan jarak antar titik amat berkisar antara 500 - 250 m, dan lintasan regional dengan jarak titik ikat sekitar 500 meter secara acak (random).

**Geomagnet**

Nilai iso-magnet total bervariasi antara < - 250 gamma hingga > + 100 gamma. Harga tersebut dibedakan menjadi tiga nilai yaitu: kelompok anomali rendah bernilai < - 250, nilai anomali sedang berkisar antara - 250 sampai + 100 gamma, dan kelompok anomali tinggi dengan nilai > + 100 gamma.

Hasil representatif magnet, berupa peta anomali iso-magnet total bernilai rendah < + 100 gamma (Gambar 6).. Peta tersebut merupakan indikasi yang berkaitan dengan batuan bersifat non magnetik atau yang telah mengalami pelapukan (granit lapuk) atau juga batuan berubah kuat oleh proses demagnetisasi fluida panas bumi.

Batuan granit bersifat asam dan mengandung banyak kuarsa, akan menyebabkan respon magnet yang

sangat rendah (nonmagnetik), sedang batuan piroklastik G. Pinogoe, batu gamping kristalin (meta - sedimen) dan aluvium bersifat sebagai batuan non magnetik akan memberikan respon kemagnitan sangat rendah.

Kelompok anomali magnet rendah tersebar di utara, tengah dan selatan, meliputi 30% total area. Kelompok anomali ini di utara ditempati oleh granit Bone; di tengah oleh sedimen (meta - sedimen, piroklastik G. Pinogoe), andesit Bilungala, dan diorit Bone; di selatan oleh batuan lava andesit Bilungala, dan andesit G. Pinogoe 1, diorit Bone dan sedimen atau piroklastik G. Pinogoe.

**Gaya Berat**

Harga densitas batuan yang digunakan dalam pengolahan data adalah harga densitas rata - rata yang di dapatkan dari analisis laboratorium dengan sampel batuan representatif yang diambil dari lapangan, yaitu bernilai 2,65 gr/ cm<sup>3</sup>.

Representatif gaya berat/ gravity, berupa peta anomali sisa/ residual orde 2 yang merupakan respon batuan di bawah permukaan yang relatif dangkal. Berdasarkan nilai kontrasnya, dapat ditarik kelurusan kontur yang secara kualitatif diinterpretasikan sebagai patahan di kedalaman. Peta anomali Sisa menunjukkan terdapat zona resistif graviti tinggi (> 1 hingga 7 mgal) di sekitar mata air panas Libungo dan di sekitar G. Pinogoe, serta terpolakan zona resistif graviti sedang 1 mgal di mata air panas Lombongo dan pada granit Tersier, diduga berupa batuan pembawa panas (heat - source) yang terletak di bawah G. Pinogoe dan di sekitar air panas Lombongo. Selain itu terpolakan struktur terban dan depresi/ patahan barat laut - tenggara yang menyebabkan permeabilitas batuan (feed - zone) yang berperan dalam sistim panas bumi (Gambar 6).

**Geolistrik**

Pengukuran mapping iso-tahanan jenis semu AB/2= 250 hingga 1000 m menunjukkan mempunyai pola yang sama, dan bentangan yang representatif diambil AB/2= 750 m dan 1000 m. Nilai resistiviti semu dibagi tiga, yaitu kelompok rendah < 15 Ωm hingga < 30 Ωm, kelompok sedang bernilai 30 hingga < 100 Ωm, dan kelompok tinggi dengani nilai 100 Ωm hingga ≥ 300 Ωm.

Pada bentangan AB/2= 750 m dan 1000 m menunjukkan sebaran kelompok resistiviti rendah semakin meluas ke arah barat (Gambar 6). Hasil tersebut mengindikasikan ada endapan aluvium di sepanjang sungai Bone dan endapan danau Limboto (?) dengan tebal seluruhnya ± 400 m.

Penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya yang representatif dipilih dari lintasan yang melewati mata air panas Libungo dan Lombongo.

Mata air panas Libungo berada di lingkungan batuan dengan nilai resistif rendah (B 4150). Penampang menunjukkan bahwa telah terbentuk sistem panas bumi (penudung, reservoir, sumber panas) yang cukup bagus. Sumber panas diduga berada di bawah G. Pinogoe. Nilai resistiviti 2,4 - 3,5 ohm-m merupakan batuan overburden di permukaan, dibawahnya terdapat batuan bernilai resistiviti 13 ohm-m yang merupakan breksi dan lava G Pinogoe, layer dibawahnya lagi dengan nilai 8 ohm-m diasumsikan sebagai lempung (clay-cap) yang terbentuk oleh proses fluida air panas Libungo, sedang lapisan terbawah yang masih terdeteksi mempunyai nilai 120 ohm-m, kemungkinan merupakan batuan konduksi panas (Gambar 7). Sedangkan konveksi panas terjadi melalui akses patahan Libungo, sehingga fluida panas naik dari bawah ke permukaan berupa mata air panas Libungo bertemperatur 81 dan 82.60 C.

Mata air panas Lombongo berada di lingkungan batuan bernilai resistiviti tinggi (G 6000, Gambar 7), penampang menunjukkan bahwa tidak ada lapisan reservoir yang memadai, dan sumber panas diduga merupakan sisa aktivitas vulkanik Tersier. Nilai resistiviti 80 - 17 ohm-m merupakan batuan overburden dan granit tersilisifikasi (silicified granite), dibawahnya terdapat batuan bernilai resistiviti 70 - 350 ohm-m yang merupakan batuan granit dengan fraktur dan silisifikasi (fracturing and silicified granite) yang berkemungkinan juga merupakan batuan konduksi panas. Sedangkan konveksi panas terjadi melalui akses patahan Lombongo, sehingga fluida panas naik dari bawah ke permukaan sebagai mata air panas Lombongo bertemperatur 41,4 dan 48.7° C. Di daerah ini kemungkinan temperatur reservoirnya telah mengalami penurunan (cooling down) sehingga konveksi air panas dan konduktivitasnya juga berkurang.

Berdasarkan pola kontur konsentrasi Hg tanah, struktur geologi, dan kajian geofisika dari peta anomali sisa/residual orde 2, mapping iso-tahanan jenis semu AB/2= 750 m dan 1000 m, penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya yang melewati mata air panas Libungo dan Lombongo diharapkan dapat membantu untuk melokalisir batas daerah up-flow di Suwawa.

### SISTEM PANAS BUMI

Hasil kompilasi data geosaintifik memperlihatkan daerah prioritas panas bumi ada di dua daerah, di sekitar mata air panas Libungo (prioritas 1) dan di sekitar mata air panas Lombongo (prioritas 2) (Gambar 6).

Daerah prioritas 1 (sekitar mata air panas Libungo), bersistem up - flow, reservoir diperkirakan berada di batuan Tersier Atas - Kuarter Tua (Pliosen - Plistosen) pada formasi vulkanik Pinogoe. Fluida panas di reservoir kemungkinan didominasi air panas bertemperatur sekitar 188o C. Sumber

panas diduga berasal dari magma di bawah G. Pinogoe. Luas daerah prospek panas bumi ± 7 km<sup>2</sup>.

Daerah prioritas 2 (sekitar mata air panas Lombongo), bersistem up - flow (?), reservoir diperkirakan berada di batuan Tersier, pada formasi granit dan diorit Bone. Fluida panas di reservoir kemungkinan didominasi air panas bertemperatur sekitar 188 oC. (representatif geotermometer dari mata air panas Libungo). Sumber panas diduga berasal dari magma di kedalaman tubuh granitik dibawah air panas Lombongo Luas daerah prospek panas bumi ± 4 km<sup>2</sup>.

### DISKUSI

#### Estimasi Potensi Panas Bumi

Di daerah Suwawa terdapat dua daerah prospek yaitu di sekitar mata air panas Libungo dan di sekitar mata air panas Lombongo. Potensi energi panas buminya dihitung berdasarkan asumsi daerah prospek hasil kompilasi struktur geologi, geolistrik AB/2= 750 m dan 1000m, anomali Hg tinggi dan gaya berat orde 2 Temperatur reservoir dihitung berdasarkan estimasi geotermometer air panas representatif dari sampel air panas di Libungo, yaitu sebesar ± 188 oC.

Untuk menghitung potensi listrik digunakan asumsi berikut.

- Suhu minimal sumber panas untuk pembangkit minimum = 120° C (medium enthalpy)
- 30 tahun masa eksploitasi (= 1 x 10E9 s)
- Harga efisiensi ekstraksi sumber (resource extraction efficiency) dan efisiensi pembangkit (generation efficiency) = 0,035

#### Daerah prioritas 1

Potensi Listrik (MWe) daerah Libungo (Luas daerah prospek 7 Km<sup>2</sup>):

$$= 2,5 \times 10E15 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200C) \times 1 \times 10E-6 \times 0,035 \times 1 \times 10E-9 (/s)$$

$$= 0,0875 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200 C) = 41,7 = \pm 42 \text{ MWe}$$

Estimasi potensi cadangan terduga daerah Libungo ± 42 Mwe.

#### Daerah prioritas 2

Potensi Listrik (MWe) daerah Lombongo (Luas daerah prospek 4 Km<sup>2</sup>):

$$= 2,5 \times 10E15 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200C) \times 1 \times 10E-6 \times 0,035 \times 1 \times 10E-9 (/s)$$

$$= 0,0875 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200 C) = 23,8 = \pm 24 \text{ MWe}$$

Estimasi potensi cadangan terduga daerah Lombongo ± 25 Mwe.

Jadi Estimasi potensi cadangan terduga daerah Suwawa (Libungo dan Lombongo) adalah 42 Mwe + 24 Mwe = 66 Mwe (± 65 Mwe).

## KESIMPULAN

Manifestasi panas permukaan sebagai identifikasi potensi energi panas di dalam adalah berupa mata air panas Libungo, Lombongo dan Lumbaya Bulan/ Pangi.

Sesar tertua adalah sesar normal geser manganan, berarah barat laut - tenggara hingga barat - timur, polanya berupa sebaran batuan plutonik Tersier. Sesar Kedua mempunyai arah barat laut - tenggara (N 330° E), dan membentuk fault trap berupa zona terban (graben) atau depresi berarah barat - timur. Sesar periode Ketiga, dengan gaya utama yang berperan adalah penunjaman Sangihe Timur, berupa sesar mendatar mengiri yang memotong batuan vulkanik tua dengan arah barat laut - tenggara (N 345° E), dan disusul oleh sesar normal barat laut - tenggara (N 330° E) yang diduga terbentuk oleh gaya penunjaman Sangihe Timur bagian selatan, dengan arah tegasan utamanya barat laut - tenggara.

Sistem panas bumi di daerah Libungo, Lombongo dan Pangi diasumsikan terletak pada zona up-flow, dengan fluida didominasi oleh air panas (water dominated system). Karakteristik air panas Libungo yang netral (pH= 7,7 - 7,8), suhu permukaan 81 - 82,6 C, bertipe klorida sulfat, berada di lingkungan volcanic/ magmatic water jauh dari posisi titik boron, serta data isotop oksigen 18/18O dan deuterium yang menunjukkan letaknya jauh dari garis meteoric line yang mengindikasikan berasal dari deep water dan tidak terkontaminasi oleh meteoric water. Diasumsikan bahwa air panas Libungo merupakan contoh representatif untuk estimasi suhu bawah permukaan (geotermometer air panas), yaitu sebesar 188 C (entalpi menengah/ medium enthalpy).

Peta konsentrasi Hg tanah, menunjukkan bahwa pola anomalnya dijumpai di sekitar mata air panas bumi Libungo dan Lombongo. Sehingga mata air panas tersebut diasumsikan merupakan zone lemah bagi aksesnya fluida panas yang mengandung unsur Hg di dalam untuk naik ke permukaan.

Berdasarkan peta anomali sisa/ residual orde 2 nampak terpolakan struktur terban dan depresi/ patahan berarah barat laut - tenggara yang menyebabkan terjadinya permeabilitas batuan/ feed - zone yang berperan dalam sistim panas bumi.

Mapping bentangan AB/2= 750 m dan 1000 m menunjukkan adanya endapan aluvium di sungai Bone dan endapan danau Limboto (?) dengan tebal ± 400 m.

Penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya yang melewati mata air panas Libungo dan Lombongo, menunjukkan bahwa:

Di mata air panas Libungo (B 4150) telah terbentuk sistem panas bumi (penudung, reservoir, sumber panas) yang bagus. Sumber panas diduga berada di bawah G. Pinogoe. Nilai resistiviti 2,4 - 3,5 ohm-m di permukaan merupakan overburden, selanjutnya nilai resistiviti 13 ohm-m berupa breksi dan lava G Pinogoe, layer di bawah yang bernilai 8 ohm-m diasumsikan sebagai lempung clay-cap yang terbentuk oleh fluida air panas Libungo, sedang lapisan terbawah bernilai 120 ohm-m kemungkinan merupakan batuan konduksi panas. Sedangkan konveksi panas terjadi melalui patahan Libungo, dengan fluida panas naik dari bawah ke permukaan sebagai mata air panas Libungo bertemperatur 81 dan 82.60 C.

Pada mata air panas Lombongo (G 6000), menunjukkan bahwa tidak ada lapisan reservoir yang memadai, dan sumber panas diduga merupakan sisa aktivitas vulkanik Tersier. Nilai resistiviti 80 - 17 ohm-m merupakan batuan overburden dan granit tersilisifikasi (silicified granite), di bawahnya nilai resistiviti 70 - 350 ohm-m merupakan fraktur granit dengan silisifikasi (fracturing and silicified granite) yang berkemungkinan merupakan batuan konduksi panas. Sedangkan konveksi panas terjadi melalui patahan Lombongo, dan fluida panas naik dari bawah ke permukaan berupa mata air panas Lombongo bertemperatur 41,4 dan 48,7° C. Di daerah ini temperatur reservoirnya telah mengalami penurunan (cooling down), sehingga konveksi air panas dan konduktivitasnya juga berkurang.

Potensi energi panas bumi (Potensi Listrik/ MWe) dengan estimasi geotermometer reservoir sebesar ± 188 o C, menunjukkan bahwa:

Daerah prioritas 1/ Libungo (luas daerah prospek 7 Km<sup>2</sup>), menunjukkan potensi cadangan terduga sebesar ± 42 Mwe. Daerah prioritas 2/ Lombongo (luas daerah prospek 4 Km<sup>2</sup>) memiliki potensi cadangan terduga sebesar ± 25 Mwe. Jadi total potensi cadangan terduga daerah Libungo dan Lombongo adalah sebesar ± 65 Mwe.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Asep Sugianto S.Si yang telah membantu mengedit sebagian gambar, dan kepada Pusat Sumber Daya Geologi, yang telah memberikan sarana, kemudahan, dan izin dalam pemakaian data dan laporan sehingga terbentuk tulisan/ makalah ini.

Makalah ini diharapkan dapat dipakai sebagai acuan bagi pekerjaan eksplorasi panas bumi lanjutan dan pekerjaan eksploitasi di daerah

DAFTAR PUSTAKA

Apandi, T, dkk, 1997; Pemetaan Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

Aquila, L.G., 1977; Magnetic and Gravity surveys Suriagao geothermal field, The COMVOL letter, v.IV, No 5 & 6

S. Bachri, Sukido, N. Ratman, 1993; Pemetaan Geologi Regional Lembar Talamuta, Sulawesi, skala 1 : 250.000.

Breiner, S., 1973; Application Manual for Portable Magnetometers. Geometrics. California.

Fournier, R.O., 1981; Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering, "Geothermal System: Principles and Case Histories". John Willey & Sons. New York.

Giggenbach, W.F., 1988; Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg-Ca Geo- Indicators. *Geochimica Acta* 52. h. 2749-2765.

Hochstein, MP, 1982; Introduction to Geothermal Prospecting, Geothermal Institute, University of Auckland, New Zealand.

Katili, 1980; Tektonik Daerah Sulawesi Indonesia.

Mahon, K. dan Ellis, A.J., 1977. Chemistry and Geothermal System. Academic Press Inc. Orlando.

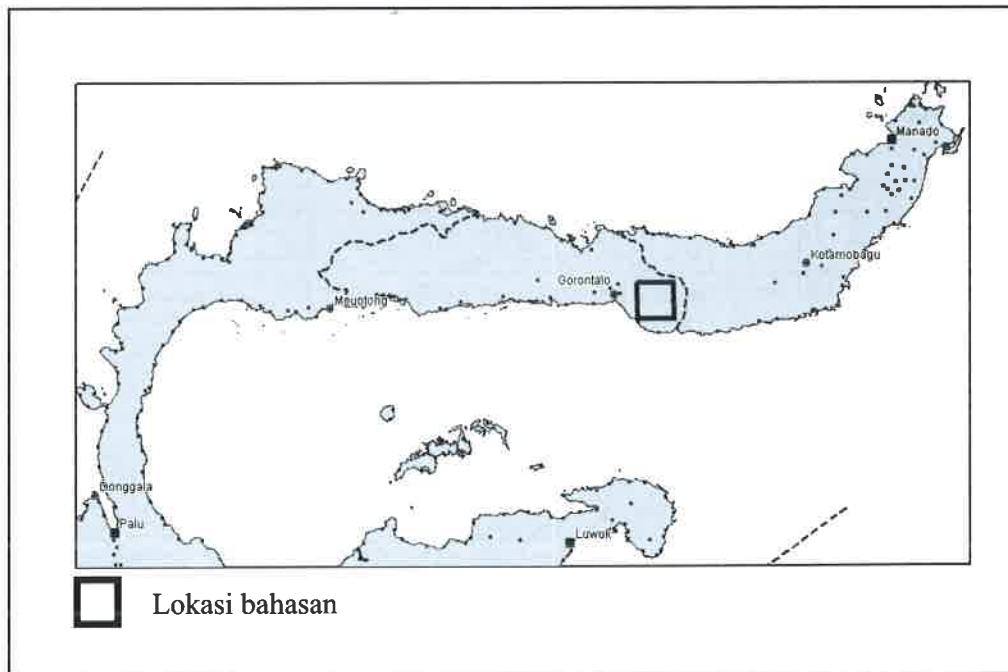
Lawless, J., 1995; Guidebook: An Introduction to Geothermal System. Short course. Unocal Ltd. Jakarta

Sheriff, R. E., 1982; Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma.

Sub Direktorat Panas Bumi, Direktorat Sumber Daya Mineral/ Pusat Sumber Daya Geologi, 2005; Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika,

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A., 1990; Applied Geophysics, Cambridge University Press, London.

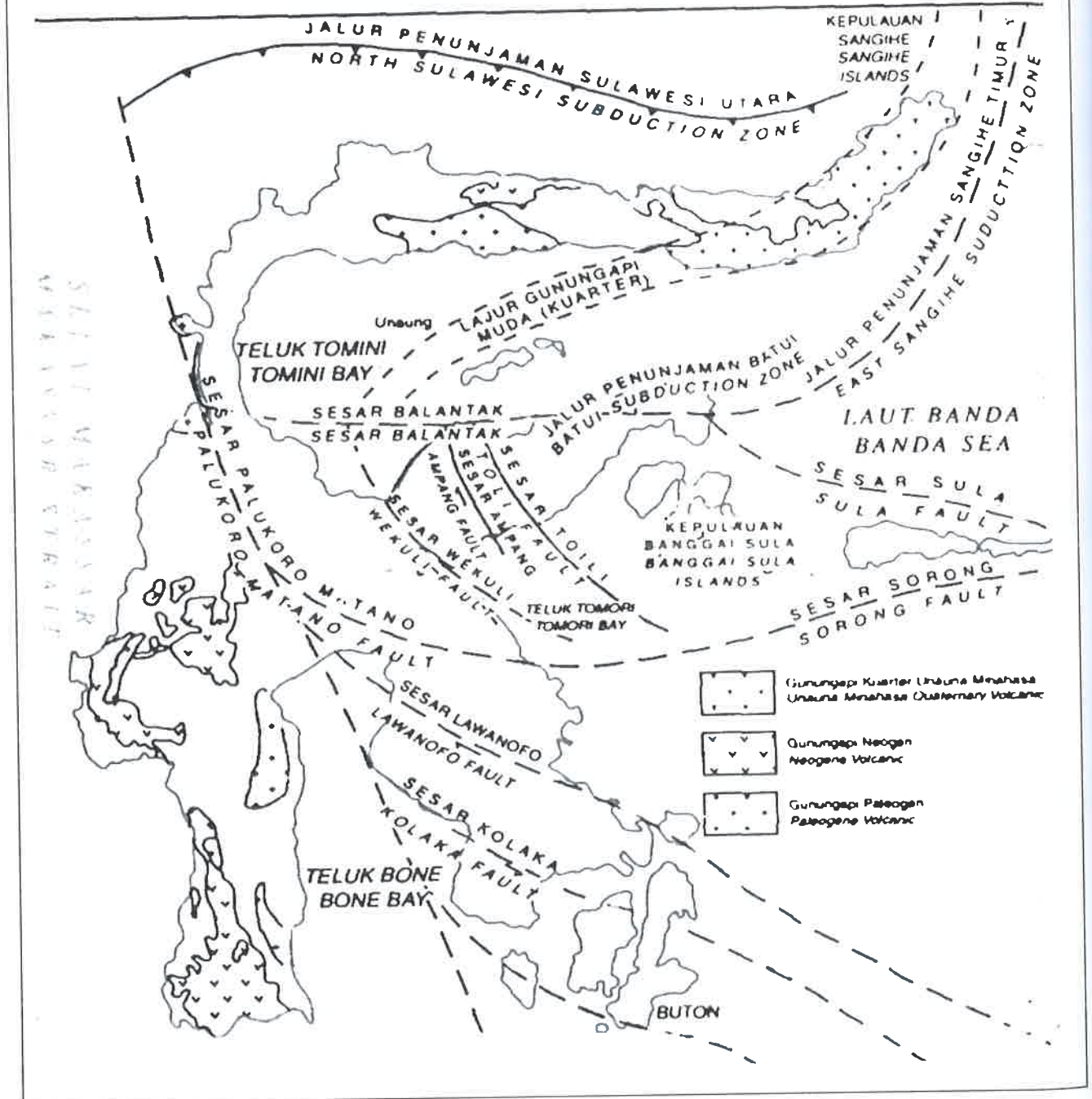
T.O. Simanjuntak, dkk (1991, 1997); Peta Geologi Lembar Malili, Sulsel. Skala 1: 250.000, P3G.



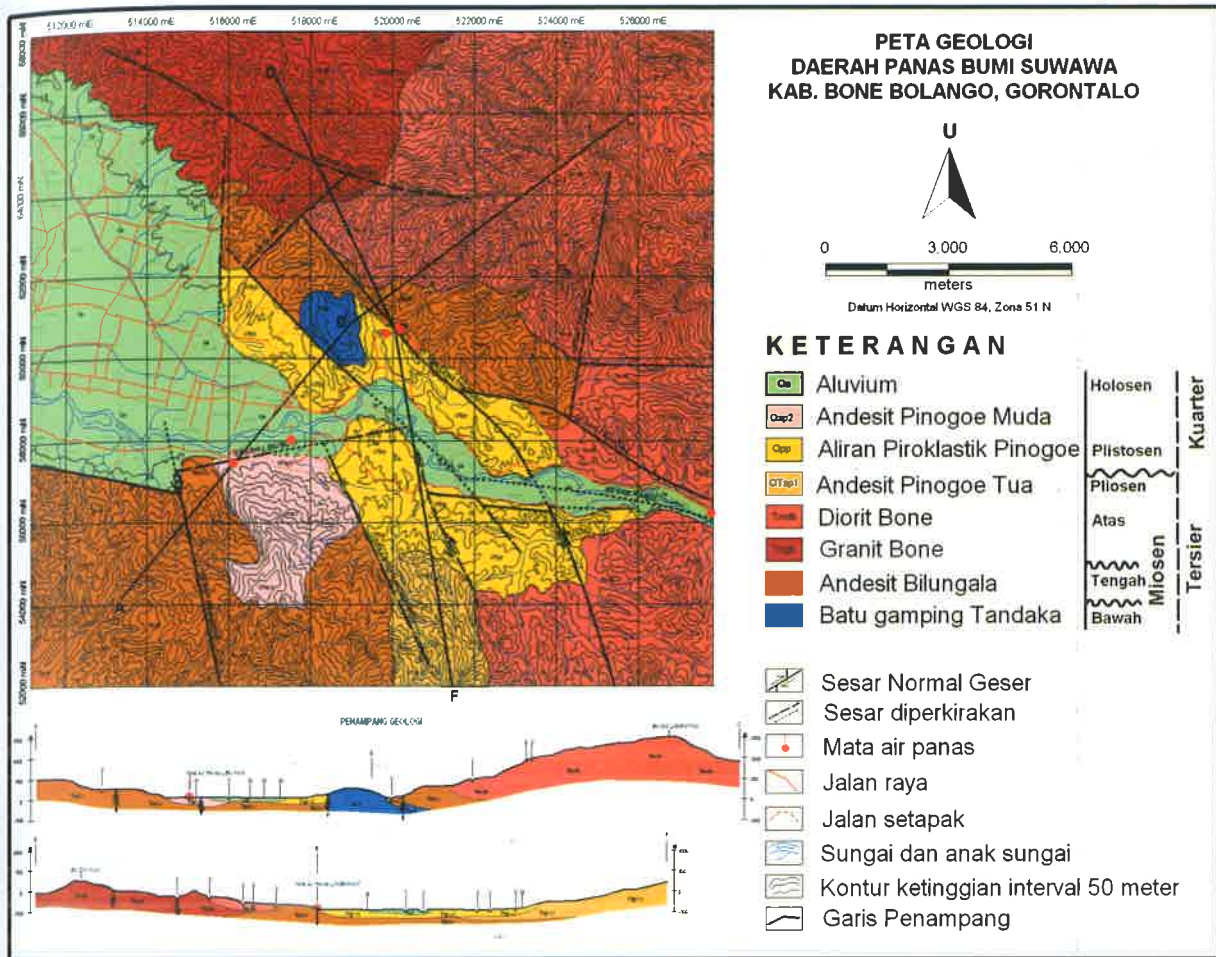
Gambar 1. Lokasi bahasan



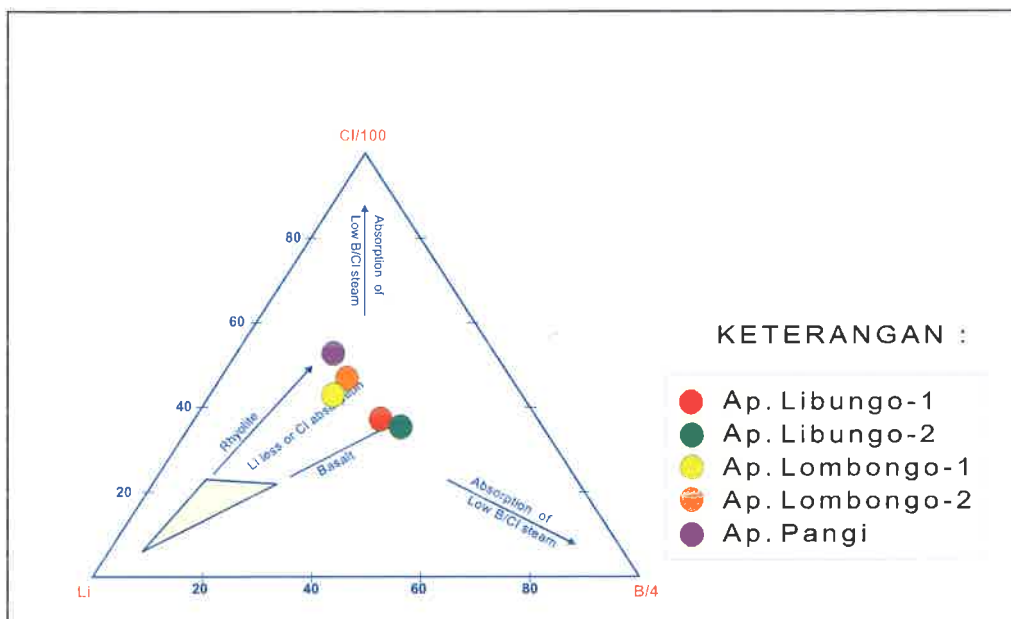
## PETA TATAAN TEKTONIK DAERAH SULAWESI TECTONIC SETTING MAP OF THE SULAWESI AREA



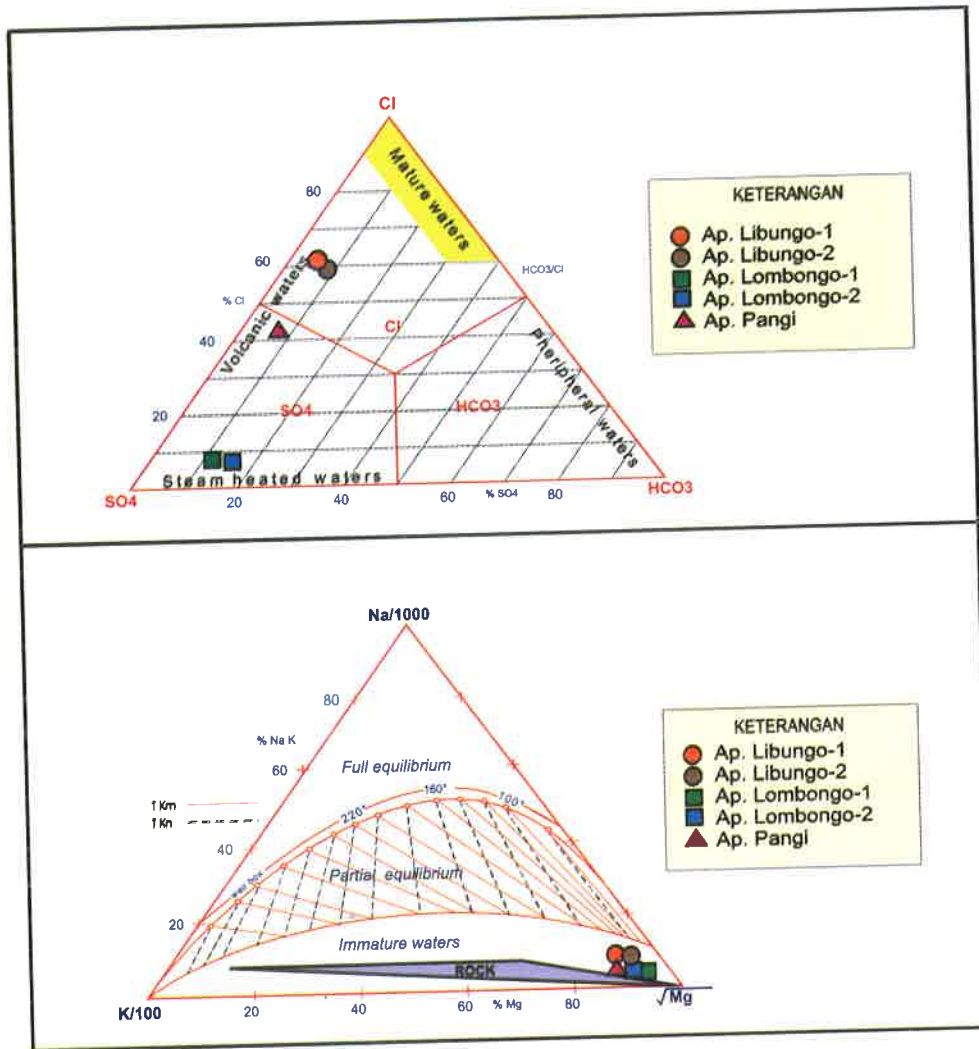
Gambar 2. Tatanan tektonik pulau Sulawesi (Katili, 1980 dan Simanjuntak, 1986)



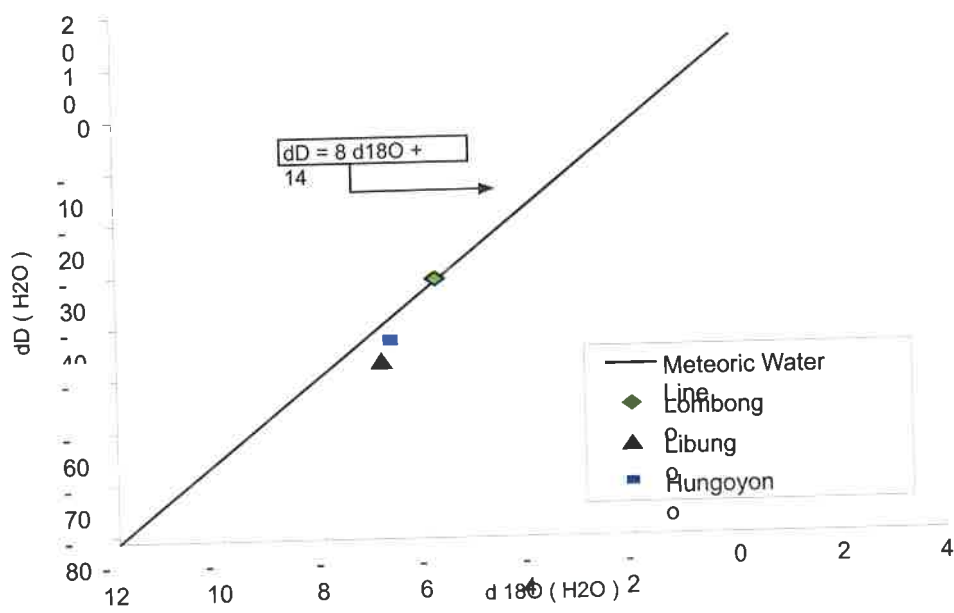
Gambar 3. Peta geologi daerah Suwawa



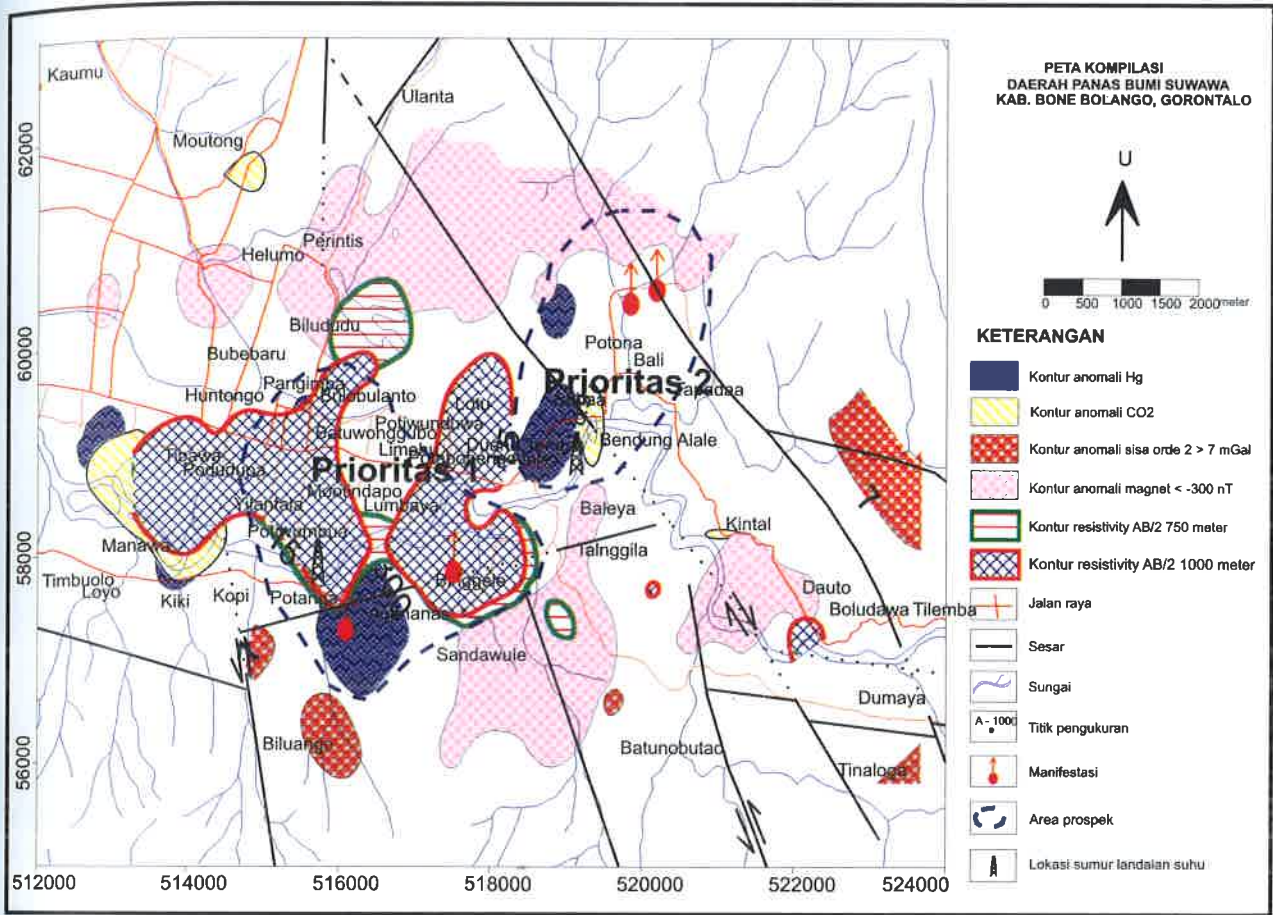
Gambar 4 B Diagram Segitiga Cl-Li-B/4



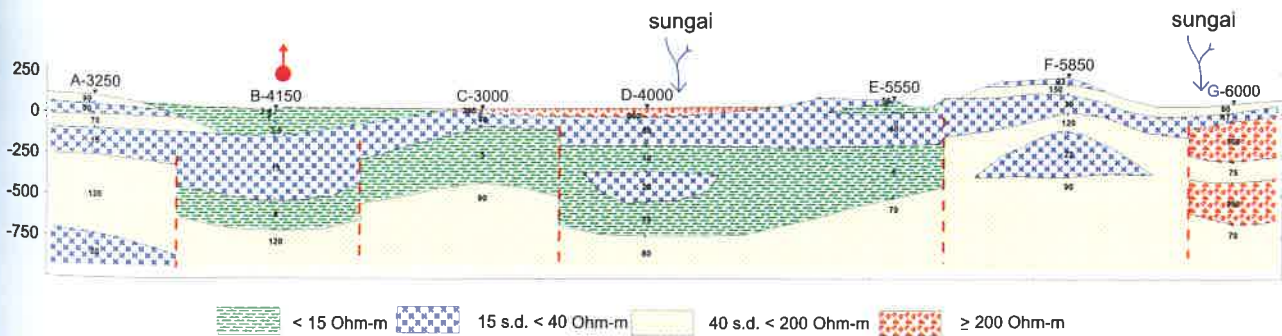
Gambar 4 A. Gambar tipe air panas (Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>) dan kandungan Na-K-Mg



Gambar 5. Kurva Isotop <sup>18</sup>O dan Deuterium



Gambar 6. Peta kompilasi daerah panas bumi Suwawa



Gambar 7. Penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya



Gambar 8A. Mata air panas Libungo 1



Gambar 8B. Tanah panas dan alterasi Libungo 1



Gambar 8C. Mata air panas Libungo 2

## KANDUNGAN SULFUR DALAM BATUBARA INDONESIA

Oleh :

**Fatimah\*) dan Herudiyanto\*\*)**

\*) Kelompok Program Penelitian Energi Fosil Pusat Sumber Daya Geologi

\*\*\*) Laboratorium Fisika Mineral Pusat Sumber Daya Geologi

### SARI

Endapan batubara Indonesia dapat dibagi dalam dua kelompok utama, Batubara Paleogen dan Batubara Neogen, yang masing-masing mempunyai karakter tersendiri, baik sebarannya maupun kualitasnya. Analisis kandungan sulfur pada sejumlah conto batubara dari berbagai cekungan batubara Indonesia dilakukan untuk mengetahui pola nilai kandungan sulfur batubara yang diharapkan akan memberi gambaran pola kandungan sulfur batubara Indonesia secara umum. Analisis petrografi material organik juga dilakukan untuk mengetahui adakah pengaruh kelimpahan material organik tertentu atau mungkin rank terhadap nilai kandungan sulfur. Data yang digunakan pada kajian ini berupa data primer dan data sekunder yang berasal dari berbagai laporan penyelidikan batubara terdahulu. Berdasarkan data tersebut tidak terlihat adanya pola tertentu kandungan sulfur baik untuk Batubara Paleogen maupun Batubara Neogen. Data juga menunjukkan bahwa beberapa conto batubara memperlihatkan kandungan sulfur tinggi yang signifikan. Hasil analisis petrografi organik, sejauh ini, memperlihatkan tidak adanya pengaruh yang signifikan dari jenis dan kelimpahan material organik tertentu serta rank terhadap kandungan sulfur.

### ABSTRACT

*Indonesian coal deposit can be grouped into Paleogene Coal and Neogene Coal, which have their own characteristics. Sulphur analysis on some number of coal samples obtained from various Indonesian coal basins, has been carried out to determine general trend of sulphur content. Organic petrography has also been conducted to find out any correlation presence between the abundance of particular organic matter (type) and probably ranks and sulphur content. Primary data and secondary data from previous investigations were used in this assessment. These data indicate that there are no certain pattern of sulphur content either in Paleogene or Neogene coals. Furthermore, data also shows that some Indonesian coal has also contained significantly high of sulphur content. Organic petrographic results show no significant influence of organic matter type and ranks on sulphur content.*

### LATAR BELAKANG

Batubara Indonesia dikenal sebagai batubara yang memiliki kadar sulfur yang rendah. Kondisi ini menyebabkan batubara Indonesia sangat kompetitif di pasaran dunia karena dianggap sebagai batubara yang ramah lingkungan. Sejumlah data memang menunjukkan kisaran kandungan sulfur yang secara signifikan rendah pada batubara Indonesia. Namun demikian, sesungguhnya belum ada penelitian yang dilakukan khusus untuk mempelajari kandungan sulfur dalam batubara Indonesia. Data hasil analisis kandungan sulfur batubara yang diperoleh dari berbagai daerah di Indonesia baru memperlihatkan gambaran kualitas secara lokal baik dari daerah konsesi penambangan suatu perusahaan maupun dari hasil penyelidikan yang bersifat sporadis. Begitu pula, sejauh ini belum ada publikasi yang secara khusus memberi informasi mengenai kandungan sulfur dalam batubara Indonesia.

### UMUM

Istilah kadar/kandungan sulfur 'tinggi' atau 'rendah' sebenarnya sangat relatif. Kandungan sulfur batubara Indonesia berdasarkan data sejumlah hasil analisis,

umumnya relatif rendah yaitu <1.0%. Pada beberapa daerah memang dijumpai batubara dengan kandungan sulfur yang tinggi, tapi tampaknya hanya bersifat setempat dan dianggap tidak mewakili suatu formasi pembawa batubara, umur dan terlebih cekungan. Begitu pula apabila dibandingkan dengan batubara yang berumur Pennsylvanian (~ Karbon) dari Illionis Basin di Amerika Serikat dengan kandungan sulfur batubara melampaui 4.0%, batubara Indonesia dapat dikatakan memiliki kandungan sulfur yang relatif rendah.

### OBYEKTIF

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai kandungan sulfur dari batubara Indonesia secara regional. Selain itu, juga mengulas gambaran umum mengenai karakter batubara Indonesia serta korelasi antara kandungan sulfur dengan karakter petrografi dari beberapa conto batubara terpilih. Data yang dihimpun merupakan data primer dan data sekunder yang berasal dari hampir seluruh formasi pembawa batubara di Indonesia.

### TERJADINYA SULFUR DALAM BATUBARA

Sulfur telah bergabung dalam sistim pengendapan batubara sejak batubara tersebut masih dalam bentuk

endapan gambut. Gambut di Indonesia terbentuk pada suatu lingkungan pengendapan yang disebut raised swamp, yaitu di daerah dimana curah hujan tahunan lebih besar dari evaporasi tahunannya. Pada kondisi seperti ini, gambut akan menghasilkan batubara dengan kandungan sulfur yang rendah karena hanya mendapat pasokan 'makanan' dari air hujan. Sulfur dalam batubara didapatkan dalam bentuk mineral sulfat, mineral sulfida dan material organik.

Gambut mengandung semua bentuk sulfur yang didapatkan dalam batubara termasuk sulfur piritik, sulfat dan organik. Kandungan sulfur yang ditemukan pada gambut dapat memprediksikan kuantitas sulfur yang ada dalam batubara. Menurut Casagrande et al. (1987) gambut yang berada di bawah pengaruh air laut umumnya mengandung kadar sulfur yang lebih tinggi dibandingkan dengan gambut air tawar. Sulfat merupakan reaktan yang menentukan tingkat kuantitas sulfur piritik dan sulfur organik dalam gambut.

**KONDISI PENGENDAPAN BATUBARA INDONESIA**

Sebaran endapan batubara Indonesia yang berpotensi ekonomis, sebagian besar terdapat di Sumatera dan Kalimantan. Berdasarkan studi pembentukan endapan batubara, sebagian besar dari batubara tersebut berasal dari endapan gambut yang terbentuk dalam iklim equatorial yang kaya akan curah hujan. Gambut tersebut tumbuh sebagai domed peat yang berkembang di atas rata-rata permukaan air tanah, satu keadaan yang menyebabkan gambut sangat sedikit mendapat pengaruh dari water-borne mineral sehingga menghasilkan batubara yang secara umum mempunyai kadar abu dan sulfur yang rendah.

Secara umum endapan batubara di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu batubara Paleogen dan batubara Neogen. Endapan batubara tersebut terdapat dalam cekungan- cekungan pengendapan yang tersebar di wilayah Indonesia. Gambar 1 menunjukkan sebaran cekungan utama yang mengandung endapan batubara.

**Cekungan Batubara Paleogen**

Cekungan pembawa batubara berumur Paleogen terbentuk pada awal Tersier sedangkan pengendapan batubaranya diduga berawal pada Eosen Tengah. Cekungan batubara Paleogen terbentuk dalam sistem cekungan intramontane dan continental margin. Batubara diendapkan dalam lingkungan yang sedikit sekali berhubungan dengan kondisi geografi atau pengendapan peat modern saat ini.

Berbeda dengan batubara Paleogen, pembentukan batubara yang berumur Neogen berdasarkan penelitian terdahulu, dikendalikan oleh pola aliran air yang dianalogikan dengan pola pengendapan peat modern di Sumatera dan Kalimantan saat ini. Endapan batubara Paleogen ditemukan di Cekungan Ombilin di Sumatera Barat, Cekungan Sumatera Tengah di Riau, Pasir dan Asam-asam di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur, Barito di Kalimantan Selatan dan Tengah serta Cekungan Ketungau di Kalimantan Barat. Endapan batubara Paleogen yang tidak luas juga ditemukan di Sulawesi Selatan dan Jawa Barat. Tabel 1 memperlihatkan kualitas batubara rata-rata dari berbagai contoh batubara Paleogen.

Endapan batubara Paleogen terbentuk dalam extensional structural setting di lingkungan pengendapan



Gambar 1. Cekungan Batubara Utama di Indonesia (ARI, 2003)

Tabel 1. Kualitas Batubara Rata-rata Beberapa Endapan Batubara Paleogen

TAMBANG	CEKUNGAN	TM % (ar)	IM % (ad)	Ash % (ad)	VM % (ad)	S % (ad)	CV kkal/kg (ad)
Satui	Asam-asam	10	7	8	41.5	0.8	6800
Senakin	Pasir	9	4	15	39.5	0.7	6400
Petangis	Pasir	11	4.4	12.	40.5	0.8	6700
Ombilin	Ombilin	12	6.5	< 8	36.5	0.5-0.6	6900
Parambahan	Ombilin	4	-	10	37.3	0.5	6900

Tabel 2. Kualitas Batubara Rata-rata Beberapa Endapan Batubara Neogen

TAMBANG	CEKUNGAN	TM % (ar)	IM % (ad)	Ash % (ad)	VM % (ad)	S % (ad)	CV kkal/kg (ad)
Prima	Kutai	9	-	4	39	0.5	6800
Roto South	Pasir	24	-	3	40	0.2	5200
Binungan	Tarakan	18	14	4.2	40.1	0.5	6100
Air laya	Sumsel	24	-	5.3	34.6	0.49	5300
Paringin	Barito	24	18	4	40	0.1	5950

transgresi. Batubaranya memiliki karakteristik kadar abu dan sulfur yang tinggi. Batubara Paleogen juga cenderung tidak tebal. Endapan yang mempunyai nilai ekonomis pada umumnya memiliki ketebalan 4 hingga 6 meter. Rank dari batubara Paleogen secara umum lebih tinggi dari batubara Neogen dengan nilai kalori yang lebih tinggi dan kadar kelembaban yang rendah. Beberapa endapan batubara Paleogen di Indonesia memiliki kriteria yang tepat untuk tambang permukaan seperti ketebalan, struktur geologi yang sederhana dan kualitas yang diinginkan pasar, sehingga sangat mendukung sebagai komoditi ekspor untuk thermal coal.

Cekungan Batubara Neogen

Cekungan batubara Neogen terbentuk pada awal Tersier Tengah dalam sistem cekungan foreland, delta dan continental margin serta diendapkan dalam lingkungan regresi. Batubara Neogen pada umumnya jauh lebih tebal dari batubara Paleogen, bahkan ditemukan endapan dengan ketebalan lebih dari 30 meter. Batubara Neogen juga memiliki karakteristik kadar abu dan sulfur yang rendah, bahkan sebagian batubara ini memiliki kadar abu dan sulfur yang sangat rendah (<1%). Tabel 2 memperlihatkan kualitas batubara rata-rata dari beberapa conto batubara Neogen di Indonesia.

Endapan batubara Neogen ditemukan di Cekungan Sumatera Selatan, Cekungan Bengkulu, Cekungan Meulaboh di Aceh, Kutai dan Tarakan di Kalimantan Timur dan Cekungan Barito di Kalimantan Selatan.

Walaupun sebagian batubara Miosen-Pliosen memiliki endapan dengan ketebalan yang memungkinkan untuk ditambang secara komersil, ditambah kadar abu dan sulfur yang rendah serta struktur geologi yang sederhana, rank dari batubara ini bervariasi. Sebagian besar memiliki rank rendah

(lignite) dengan kadar moisture yang tinggi dan nilai kalori yang rendah. Hal inilah yang menjadi kendala dalam pemasaran batubara Neogen sebagai komoditi ekspor. Sebagian besar batubara Neogen rank rendah saat ini dimanfaatkan untuk keperluan dalam negeri sebagai sumber energi untuk pembangkit tenaga listrik.

Di beberapa daerah, terdapat pula endapan batubara Neogen yang memiliki rank tinggi hingga antrasit. Ini disebabkan sebagian batubara tersebut terkena thermal effect dari suatu kegiatan magma. Sebagai contoh adalah batubara Bukit Asam, Sumatera Selatan, Sumatera Barat dan dengan skala yang lebih kecil di Cekungan Kutai.

Berdasarkan karakter dari masing-masing kelompok batubara seperti yang diuraikan di atas, maka dapat dibuat suatu ringkasan yang memperlihatkan perbandingan secara umum kedua kelompok batubara Indonesia (Tabel 3).

ANALISIS DATA

Data untuk keperluan tulisan ini dihimpun dari data sekunder dan data primer. Data sekunder merupakan data analisis laboratorium yang merupakan bagian dari hasil penyelidikan terdahulu baik yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi (sebelumnya Direktorat Sumber Daya Mineral) maupun sektor swasta. Sedangkan data primer merupakan hasil analisis laboratorium sejumlah conto batubara yang diambil secara langsung di lapangan. Data primer ini selain berupa hasil analisis kandungan sulfur, juga hasil analisis petrografi organik untuk mengetahui sejauh mana korelasi antara kandungan sulfur dengan beberapa parameter material organik.

Berdasarkan persentase volume atau kadar sulfur yang dikandung batubara, kandungan sulfur dikelompokkan menjadi 4 (empat) yaitu rendah, sedang, tinggi dan kisaran lebar dengan kriteria sebagai berikut :



Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Batubara Paleogen dan Neogen

Batubara Paleogen	Batubara Neogen
Terbentuk dalam sistem <i>Intermountain</i> dan <i>continental margin basins</i> dalam lingkungan pengendapan transgresi.	Terbentuk dalam sistem <i>back deep</i> , <i>deltaic</i> dan <i>continental margin basin</i> dalam lingkungan regresi
Batubara relatif tipis tapi kontinyu.	Ketebalan batubara bervariasi, pada umumnya jauh lebih tebal dari batubara Neogen
Kadar abu dan sulfur yang lebih tinggi	Kadar abu dan sulfur yang rendah
Rank tinggi dengan kadar moisture yang rendah dan nilai kalori yang tinggi	Sebagian besar berjenis <i>sub-bituminous</i> dan <i>lignite</i> dengan kadar moisture yang tinggi dan nilai kalori yang rendah.
Umumnya merupakan batubara komoditi ekspor	Sebagian besar dimanfaatkan untuk keperluan dalam negeri terutama sebagai <i>steaming coal</i>

- rendah, apabila kandungan sulfur :  $S < 0.6\%$
- sedang, apabila kandungan sulfur :  $0.6\% < S < 0.8\%$
- tinggi, apabila kandungan sulfur :  $S > 0.8\%$
- kisaran lebar, apabila kandungan sulfur : S menunjukkan nilai yang meliputi kelompok rendah, sedang dan tinggi.

Pada tulisan ini kriteria kandungan sulfur diadopsi dari Casagrande (1987) dimana kandungan sulfur yang memenuhi regulasi lingkungan untuk peringkat (rank) lignit  $< 0.6\%$ , sedangkan untuk peringkat bituminus  $< 0.8\%$ . Pada sejumlah daerah angka kandungan sulfur sangat bervariasi dengan gap yang sangat besar, sedangkan angka tersebut tidak dapat diambil rata-ratanya begitu saja karena dapat memberikan data kandungan sulfur yang rancu. Dengan demikian dibuatlah kriteria 'kisaran lebar' sehingga yang berkepentingan dapat mengetahui secara apa adanya kualitas batubara berdasarkan kandungan sulfur dari suatu daerah tertentu.

Tabel 4. Kriteria penentuan komposisi maseral

Kelimpahan m.o. kualitatif	% Material Organik
do (dominant)	$om > 60\%$
ma (major)	$10.0 \leq om \leq 49.9\%$
ab (abundant)	$2.0 \leq om \leq 9.9\%$
co (common)	$0.5 \leq om \leq 1.9\%$
sp (sparse)	$0.1 \leq om < 0.49\%$
ra (rare)	$om < 0.1\%$
an (absent)	$om = 0.0\%$

Analisis petrografi dilakukan untuk menentukan rank batubara dengan didasarkan pada pengukuran reflektan vitrinit maksimum ( $R_{vmax}$ ) dan analisis maseral dengan menggunakan fasilitas 'fluorescence mode' pada mikroskop. Komposisi maseral ditentukan secara semi-kuantitatif dengan kriteria seperti yang tertera dalam Tabel 4.

Data kandungan sulfur baik data primer maupun sekunder disajikan dalam Tabel 5. Sedangkan Tabel 6 berisi

data ringkasan hasil analisis petrografi sejumlah contoh batubara.

**DISKUSI**

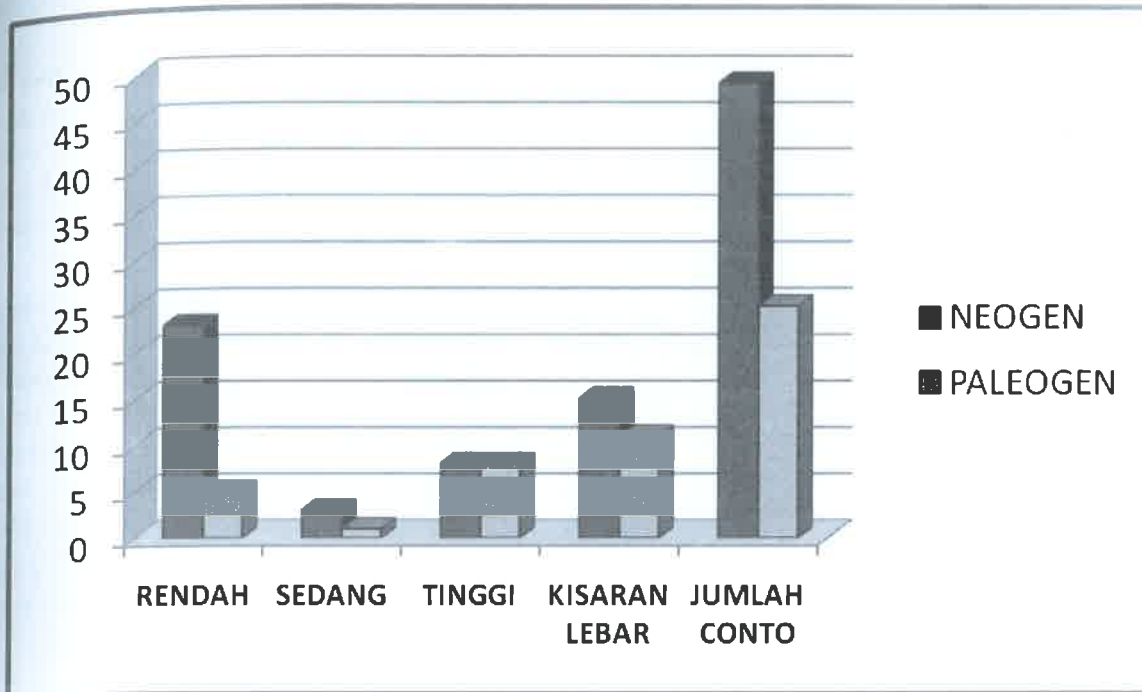
Baik data primer maupun data sekunder berasal dari berbagai formasi dan cekungan batubara di Indonesia. Walaupun demikian data tersebut tidak dapat begitu saja dianggap mewakili seluruh batubara yang ada di Indonesia. Ada beberapa faktor yang perlu mendapat perhatian di dalam menentukan suatu representative samples, diantaranya adalah sebagai berikut :

- metoda pemercontohan (sampling method) misalnya jarak antar conto baik vertikal maupun lateral
- banyaknya conto  
apakah conto yang diambil untuk dianalisis sesuai jumlahnya untuk suatu daerah eksplorasi dengan luas tertentu atau hanya mewakili suatu seam batubara atau formasi pembawa batubara
- basis analisis, mulai dari preparasi sampai dengan analisis

Tidak semua faktor di atas dapat dipenuhi karena sebagian data berupa data sekunder yaitu data yang berasal dari laporan-laporan penyelidikan terdahulu sulit untuk ditelusuri proses pengolahan datanya.

Secara keseluruhan data kandungan sulfur diperoleh dari setidaknya 75 daerah atau lokasi dengan berbagai latar belakang cekungan, umur, formasi dan rank batubara yang berbeda (lihat Tabel 5). Dari jumlah ini, 49 conto berasal dari formasi batuan berumur Neogen, 25 formasi lainnya berumur Paleogen, sedangkan 1 conto berasal dari formasi batuan Pra-Tersier.

Gambar 2 memperlihatkan sejumlah 19 daerah / formasi batubara Paleogen dengan kandungan sulfur untuk kategori kisaran lebar dan tinggi (25%), sedangkan sisanya 6 daerah / formasi (8%) adalah batubara dengan kategori sulfur rendah dan sedang. Pada Batubara Neogen, 23 daerah / formasi memperlihatkan kategori kandungan sulfur kisaran lebar dan tinggi (31%) dan 26 daerah / formasi kategori kandungan sulfur sedang dan rendah (35%).



Gambar 2. Kandungan Sulfur Berdasarkan Kategori dari Sejumlah Contoh Batubara di Indonesia

Dengan melihat kepada persentase kandungan sulfur berdasarkan umur / formasi, maka sesuai dengan penelitian terdahulu, kandungan sulfur pada batubara Paleogen umumnya lebih tinggi dari pada kandungan sulfur batubara Neogen (lihat Tabel 3). Walaupun demikian perlu untuk diperhatikan bahwa data untuk formasi batubara Neogen (49 formasi) lebih banyak dibandingkan data formasi batubara Paleogen (26 formasi). Hal lain adalah adanya data kandungan sulfur dengan kisaran lebar di sejumlah daerah/lokasi. Kisaran tersebut bervariasi seperti daerah Krueng Nago, Nanggroe Aceh Darussalam yang berkisar dari 0.2%-4.04% atau daerah Merakai, Kalimantan Barat dimana angka kisaran kandungan sulfur dari 0.30%-6.30%. Kemungkinan terdapatnya kisaran yang besar pada data kandungan sulfur diantaranya adalah : analisis kandungan sulfur bukan berasal dari satu seam tetapi berasal lebih dari satu individual seam yang mungkin juga mempunyai perbedaan pada umur atau lingkungan pengendapannya. Kemungkinan lain adalah berkaitan dengan metoda pengambilan contoh, grab sampling misalnya, cenderung untuk memberikan hasil analisis yang kurang mewakili, terlebih apabila daerah/lokasi penyelidikan mengandung lebih dari satu lapisan batubara tebal.

Contoh batubara dari sejumlah daerah terpilih yang dianalisis untuk kandungan sulfur juga dianalisis petrografi

yang hasilnya disajikan pada Tabel 6. Rank batubara berdasarkan angka reflektan vitrinit, berkisar dari 0.25-0.82 atau jenis batubara lignit sampai high volatile bituminous B, terkecuali batubara dari daerah Bengkulu Utara dan Selatan serta Timika, Papua yang telah mengalami alterasi akibat intrusi magma. Rank batubara daerah ini berkisar dari R<sub>vmax</sub> 0.41 sampai mendekati 5.0% atau sub-bituminous C sampai meta-antrasit. Komposisi maseral sebagaimana umumnya batubara Tersier, didominasi oleh vitrinit, sedangkan inertinit (kecuali daerah Timika, Papua) dan liptinit hadir sebagai minor element.

Dari uraian di atas berdasarkan pendekatan analisis kandungan sulfur, dan analisis mikroskop terlihat bahwa batubara yang diteliti dalam kajian ini berasal dari bermacam rank, dari lignit meta antrasit, kelompok umur seperti Neogen dan Paleogen, formasi dan tatanan tektoniknya yang dicerminkan oleh cekungan pengendapan batubaranya seperti intramontan, 'back-arc basin', kratonik, deltaik atau flufiatil. Namun sejauh ini belum terlihat adanya 'trend' atau pola sebaran tertentu dari kandungan sulfur, artinya, tinggi atau rendahnya kandungan sulfur tidak tergantung dari rank, kelompok umur dan geologi regionalnya.

Faktor yang tampaknya lebih berpengaruh pada kandungan sulfur batubara Indonesia pada umumnya dan batubara Neogen khususnya, berkaitan dengan lingkungan pengendapan dan paleoclimate pada saat pembentukan batubara Neogen yang dianggap sama dengan endapan peat

modern. Iklim ekuatorial dengan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun, mengakibatkan gambut tumbuh sebagai ombrogeneous atau domed peats (kubah gambut). Gambut berkembang diatas muka air tanah hingga pada suatu ketinggian yang tidak terpengaruh oleh flooding yang dapat menjadi kontributor utama kadar abu dan material mineral dalam batubara.

Secara teori, inkorporasi sulfur telah dimulai saat batubara masih dalam bentuk peat, jadi apabila peat tadi tidak mendapatkan sumber sulfur, baik dalam bentuk sulfat, sulfida maupun organik, bisa diperkirakan batubara tersebut tidak atau kurang mengandung sulfur. Sebaliknya, adapula suatu lingkungan pengendapan batubara setempat yang memungkinkan terjadinya pengayaan unsur sulfur dengan adanya faktor geologi dan geokimia yang mendukungnya.

### KESIMPULAN

Berdasarkan telaahan kandungan sulfur pada batubara baik melalui data sekunder, seperti studi literatur, laporan penyelidikan terdahulu dan laporan yang berasal dari sektor swasta, maupun data primer, seperti hasil olahan data

lapangan dari daerah terpilih, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Pada beberapa publikasi disebutkan bahwa batubara Indonesia secara umum dianggap rendah kadar sulfurnya, walaupun berdasarkan hasil analisis, di beberapa lokasi juga diperoleh batubara dengan kadar sulfur tinggi bahkan mencapai 9.8% (Formasi Sihapas, Sumatera Barat).
2. Hasil studi ini menunjukkan tidak terlihat adanya trend atau pola sebaran kandungan sulfur yang jelas pada batubara Indonesia, meskipun data batubara berasal dari latar belakang geologi yang bervariasi seperti rank, umur atau geologi regional. Variasi kandungan sulfur kemungkinan lebih dipengaruhi oleh lingkungan pengendapan batubara yang bersifat lebih lokal.
3. Tidak terlihat hubungan yang signifikan antara kandungan sulfur dengan kelimpahan material atau jenis material organik tertentu.

### DAFTAR PUSTAKA

- Casagrande, D.J., 1987. *Sulphur in peat and coal*, in : Scott, A.C. (ed.), *Coal and Coal-bearing Strata : Recent Advances*, Geol. Soc. Spec. Publ., No. 32, p. 87-105

Tabel 5. Kandungan Sulfur Dalam Berbagai Formasi Pembawa Batubara Di Indonesia (basis analisis 'adb')

No.	LOKASI/DAERAH	PROVINSI	FORMASI	UMUR	KANDUNGAN SULFUR	KATEGORI
1	Krueng Nago	NAD	Tutut	Neogen	0.20 - 4.04	Kisaran Lebar
2	Krueng Seunagan, Samatiga	NAD	Tutut	Neogen	0.26 - 1.04	Kisaran Lebar
3	Alasa, Pulau Nias	SUMATERA UTARA	Lelemtua	Neogen	0.16	Rendah
4	Barus, Sorkam	SUMATERA UTARA	Barus	Neogen	0.09 - 2.04	Kisaran Lebar
5	TEGUH PERSADA COAL	SUMATERA BARAT	Sihapas	Neogen	1.99 - 9.78	Tinggi
6	Bukit Medang, Kuantan Riau	RIAU	Talangakar	Paleogen	1.35 - 3.02	Tinggi
7	ABADI BATUBARA CEMERLANG	RIAU	Palembang, AT	Neogen	0.74	Sedang
8	LUBUK JAMBI	RIAU	Talangakar	Paleogen	1.12	Tinggi
9	RIAU BARA HARUM	RIAU	Muaraenim	Neogen	0.42 - 1.82	Kisaran Lebar
10	Batuampar	RIAU	Lakat	Paleogen	0.30 - 0.67	Rendah
11	Penadah, Basaampekk	SUMATERA BARAT	Lemau	Neogen	0.91	Tinggi
12	Stenkol	JAMBI	Muaraenim	Neogen	0.30 - 0.60	Rendah
13	Sungai Lalangi	BENGGKULU	Lemau	Neogen	0.22 - 0.35	Rendah
14	Air Banai	BENGGKULU	Lemau	Neogen	0.76 - 2.14	Tinggi
15	Taba Penanjung	BENGGKULU	Lemau	Neogen	< 1.00	Sedang
16	KILISUCI PARAMITA	BENGGKULU	Lemau	Neogen	0.29 - 0.84	Kisaran Lebar
17	Sungai Malam	SUMATERA SELATAN	Muaraenim	Neogen	0.36	Rendah
18	Lubuk Mahang	SUMATERA SELATAN	Muaraenim	Neogen	0.26 - 0.80	Kisaran Lebar
19	Bentayan	SUMATERA SELATAN	Muaraenim	Neogen	0.24 - 0.50	Rendah
20	Bayunglencir	SUMATERA SELATAN	Muaraenim	Neogen	0.23 - 1.27	Kisaran Lebar
21	Mesuji	SUMATERA SELATAN	Muaraenim	Neogen	0.72 - 1.90	Tinggi
22	Pagardewa	SUMATERA SELATAN	Muaraenim	Neogen	0.27 - 0.56	Rendah
23	Padangratu, Mesuji	LAMPUNG	Talangakar	Paleogen	0.80 - 0.98	Tinggi
24	Bojongmanik	BANTEN	Bojongmanik	Neogen	0.89 - 4.19	Tinggi
25	Nangah, Merakai, Senaning	KALIMANTAN BARAT	Ketungau	Paleogen	0.30 - 6.30	Kisaran Lebar
26	Pangkalan Bun	KALIMANTAN TENGAH	Dahor	Neogen	0.34 - 1.20	Kisaran Lebar
27	Dahlia, Barito Utara	KALIMANTAN TENGAH	Batuayau	Paleogen	0.65	Sedang
28	Laung Tuhup	KALIMANTAN TENGAH	Batuayau	Paleogen	0.39	Rendah
29	Kampungkotor, Tumbangsalio	KALIMANTAN TENGAH	Puruk Cahu	Paleogen	0.20 - 2.78	Kisaran Lebar
30	Mamput, Bronang	KALIMANTAN TENGAH	Tanjung	Paleogen	0.19 - 1.11	Kisaran Lebar

Tabel 5. Data Kandungan Sulfur Pada Batubara Indonesia (Lanjutan) (basis analisis 'adb')

No.	LOKASI/DAERAH	PROVINSI	FORMASI	UMUR	KANDUNGAN SULFUR	KATEGORI
31	Murangon, Barito Utara	KALIMANTAN TENGAH	Batuayau	Paleogen	1.07	Tinggi
32	Teweh Tengah	KALIMANTAN TENGAH	Tanjung	Paleogen	0.28 - 0.99	Kisaran Lebar
33	Lempanang	KALIMANTAN TENGAH	Pulaubalang	Neogen	0.25	Rendah
34	Kandui Barito Utara	KALIMANTAN TENGAH	Pamaluan	Paleogen	0.19 - 2.74	Kisaran Lebar
35	Buntok, Barito Selatan	KALIMANTAN TENGAH	Tanjung	Paleogen	0.91	Tinggi
36	Pulau Sebatik	KALIMANTAN TIMUR	Tabul, Sajau	Neogen	-	Rendah
37	Pulau Bunyu	KALIMANTAN TIMUR	Sajau	Neogen	0.13 - 1.10	Kisaran Lebar
38	Pulau Tarakan	KALIMANTAN TIMUR	Sajau	Neogen	0.32	Rendah
39	Tanjung Nanga	KALIMANTAN TIMUR	Langap	Neogen	0.12 - 0.15	Rendah
40	S. Mangkupadi, Tanjung Palas	KALIMANTAN TIMUR	Latih	Neogen	0.12 - 1.94	Kisaran Lebar
41	Punan Area	KALIMANTAN TIMUR	Labanan	Neogen	0.44	Rendah
42	Binungan, Birang	KALIMANTAN TIMUR	Labanan	Neogen	0.65	Sedang
43	Kelai Area	KALIMANTAN TIMUR	Labanan	Neogen	0.37	Rendah
44	Kutai Timur	KALIMANTAN TIMUR	Domaring	Neogen	1.20	Tinggi
45	Landus, Berau	KALIMANTAN TIMUR	Kuaro	Paleogen	1.20 - 2.20	Tinggi
46	INDEXIM COALINDO TUHUP	KALIMANTAN TIMUR	Balikpapan	Neogen	0.50 - 0.60	Rendah
47	Wahau	KALIMANTAN TIMUR	Wahau	Neogen	0.14 - 0.34	Rendah
48	BUMI LAKSANA PERKASA	KALIMANTAN TIMUR	Wahau	Neogen	0.29	Rendah
49	Blok Basuimek	KALIMANTAN TIMUR	Manumbar, Maluwi	Neogen	0.46 - 0.68	Rendah
50	Sangata	KALIMANTAN TIMUR	Balikpapan	Neogen	0.48	Rendah
51	TAMBANG DAMAI SUMITOMO	KALIMANTAN TIMUR	Balikpapan	Neogen	1.00 - 2.40	Tinggi
52	Marangkayu	KALIMANTAN TIMUR	Balikpapan	Neogen	0.78 - 2.02	Rendah
53	Bontang	KALIMANTAN TIMUR	Pulaubalang	Neogen	0.20 - 0.57	Rendah
54	Buana Jaya	KALIMANTAN TIMUR	Pamaluan	Paleogen	0.18 - 0.40	Rendah
55	Batuayau	KALIMANTAN TIMUR	Pamaluan	Paleogen	0.20 - 0.35	Rendah
56	Ratah Barat	KALTIM, KALTENG	Batuayau	Paleogen	0.46 - 1.36	Kisaran Lebar
57	S. Nyerebubgan, Anap	KALTIM, KALTENG	Batuayau	Paleogen	0.30 - 1.40	Kisaran Lebar
58	S. Kiding	KALIMANTAN TIMUR	Balikpapan	Neogen	0.12 - 0.66	Rendah
59	Pamakan Utara, Kotabaru	KALIMANTAN TIMUR	Pamaluan	Paleogen	0.17 - 1.45	Kisaran Lebar
60	S. Ayuh, S. Tului, Barito Selatan	KALIMANTAN SELATAN	Tanjung	Paleogen	0.43 - 1.48	Kisaran Lebar

Tabel 5. Data Kandungan Sulfur Pada Batubara Indonesia (Lanjutan) (basis analisis 'adb')

No.	LOKASI/DAERAH	PROVINSI	FORMASI	UMUR	KANDUNGAN SULFUR	KATEGORI
61	BARA PRAMULYA ABADI	KALIMANTAN SELATAN	Warukin	Neogen	0.19 - 1.58	Kisaran Lebar
62	ANTANG GUNUNG MERATUS	KALIMANTAN SELATAN	Warukin	Neogen	0.08 - 0.25	Rendah
63	SUMBER KURNIA BUANA	KALIMANTAN SELATAN	Tanjung	Paleogen	0.60 - 1.39	Kisaran Lebar
64	JORONG BARUTAMA GREYTON	KALIMANTAN SELATAN	Warukin	Neogen	0.12 - 1.20	Kisaran Lebar
65	Asam - Asam	KALIMANTAN SELATAN	Warukin	Neogen	0.16	Rendah
66	SIGMA LUHUR INDAH	KALIMANTAN SELATAN	Tanjung	Paleogen	0.24 - 0.35	Rendah
67	Kanibungan, Binguang	KALIMANTAN SELATAN	Tanjung	Paleogen	0.39 - 2.80	Kisaran Lebar
68	Timbawana	SULAWESI TENGAH	Tomata	Neogen	0.27 - 0.53	Rendah
69	Boneheu, Mamuju	SULAWESI SELATAN	Toraja	Paleogen	0.82 - 3.50	Tinggi
70	Enrekang	SULAWESI SELATAN	Toraja	Paleogen	0.73 - 1.32	Tinggi
71	Pangkep - Barru	SULAWESI SELATAN	Malawa	Neogen	0.88 - 3.37	Tinggi
72	Horna Bintuni, Manokwari	PAPUA	Steenkol	Neogen	0.44 - 2.01	Kisaran Lebar
73	Blok B Sekwen Tengah	PAPUA	Steenkol	Neogen	0.47 - 3.47	Kisaran Lebar
74	Blok A Bintuni	PAPUA	Steenkol	Neogen	0.41 - 1.84	Kisaran Lebar
75	Mimika, Fak - Fak	PAPUA	Aiduna	Pra-Tersier	0.32 - 0.58	Rendah

Keterangan :  Batubara Paleogen dan Pre-Tersier

Tabel 6 RINGKASAN HASIL ANALISIS PETROGRAFI BATUBARA DARI BERBAGAI DAERAH TERPILIH DI INDONESIA

No	D A E R A H	UMUR	KISARAN R <sub>v</sub> (%)	KISARAN KOMPOSISI MASERAL (% , semi-kuantitatif)							MM
				V	I	Spor	Res	Kut	Sub	Lpdt	
1	Lubuk Sikaping, Rokan, Sumatera Barat	Pal.	0.55 – 0.82	ma-do	sp-co	ra-sp	ra-sp	an-sp	an	ra	ab-ma
2	Kamang, Kab.Sawahlunto-Sijunjung, Sumbar	Pal.	0.64 – 0.68	do	sp	an-ra	ra-sp	ra-sp	an	an-ra	co-ab
3	Pagardewa, Kab. OKI, Sumatera Selatan	Neo.	0.25 – 0.36	do	sp-co	ra-sp	ra-sp	sp-co	an	ra	ab-ma
4	Kab. OKU-OKI, Sumatera Selatan	Neo.	0.26 – 0.45	do	co-ab	sp	ab	ab	sp-co	an-sp	ab-ma
5	Kab. Bengkulu Utara-Selatan, Bengkulu *)	Pal.	0.41 – 4.11	do	an-ab	an-sp	ra-sp	an-sp	an	ra	co-ma
6	Marangkayu, Kab. Kukar, Kalimantan Timur	Neo.	0.38 – 0.53	do	sp-co	an-sp	sp-ab	sp-ab	an	ra	ab
7	Buana Jaya, Kab. Kukar, Kalimantan Timur	Neo.	0.36 – 0.51	do	sp-co	ra-sp	sp-co	sp-ab	an	ra-sp	sp-ab
8	Muara Wahau, Kab. Kutai, Kalimantan Timur	Neo.	0.26 – 0.30	do	sp-co	ra-sp	sp-co	sp-co	an	ra	ab
9	Bontang, Kalimantan Timur	Neo.	0.39 – 0.64	do	ra-ab	ra-sp	sp-ab	an-ab	an-sp	an-sp	sp-ab
10	Timika, Papua *)	Pre-T.	2.30 – 4.39	do	co-ma	an	an	an	an	an	ab-ma

**CATATAN :**  
 V = Vitritinit  
 I = Inertinit  
 Spor = Sporinit  
 Res = Resinit  
 Kut = Kutinit  
 Sub = Suberinit  
 Lpdt = Liptodetrinit  
 MM = Material Mineral  
 Pal = Paleogen  
 Neo = Neogen  
 Pre-T = Pre-Tersier  
 \*) = Thermally altered coal zone

**Qualitative Abundance O.M. :**

do (dominant) : om > 60%  
 ma (major) : 10.0 ≤ om ≤ 49.9%  
 ab (abundant) : 2.0 ≤ om ≤ 9.9%  
 co (common) : 0.5 ≤ om ≤ 1.9%  
 sp (sparse) : 0.1 ≤ om ≤ 0.49%  
 ra (rare) : om < 0.1%  
 an (absent) : om = 0.0%

## POTENSI KANDUNGAN MINYAK DALAM BITUMEN PADAT, DAERAH PADANGLAWAS, SUMATRA BARAT

Oleh

S. M. Tobing

Kelompok Program Penelitian Fozil Energy

### SARI

Secara geologi, bitumen padat di daerah kajian terdapat pada struktur sinklin dari Formasi Telisa Atas (Miosen Tengah), terletak pada daerah perbukitan landai berupa suatu lapisan tunggal yang tebal, lebih dari 100 m. Endapan bitumen padat tersebut mengandung material organik yang tinggi ditunjukkan dengan total kandungan organik karbon (TOC) yang berkisar dari 3.13 % sampai 14.80 %.

Hasil analisis organik petrografi menunjukkan bahwa endapan bitumen padat di daerah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam bitumen padat jenis sapropelik yang didominasi oleh maseral alginit. Berdasarkan analisis Rock-eval pirolisis pada sejumlah conto terpilih, diagram plot HI terhadap OI memperlihatkan bahwa material organik sebagai source (batuan induk) hidrokarbon dikategorikan sebagai penghasil minyak (oil prone) kerogen tipe II dimana material organik dominan adalah alginit dan liptinit. Sedangkan plot TOC terhadap (S1+S2) menunjukkan bahwa batuan induk mempunyai potensi menghasilkan minyak dengan kategori 'baik' sampai 'istimewa' (good excellent). Analisis gas chromatography terhadap dua conto menunjukkan kecenderungan 'peak height' yang relatif sama dimana rasio antara pristane/pithane adalah 1,32 dan 0,57 yang menunjukkan bahwa bitumen padat diendapkan pada lingkungan lakustrin yang dipengaruhi oleh marin.

Potensi bitumen padat di daerah ini sangat besar dengan sumber daya hipotetik lebih dari 2.800 juta ton atau setara dengan 421.483.922 barrel minyak mentah. Mengingat sumber dayanya yang besar dan pencapaiannya yang relatif mudah, daerah penelitian mempunyai peluang untuk dieksploitasi.

### ABSTRACT

*Geologically, oil shale deposit occurs in a synclinal structure of the Upper Telisa Formation (Middle Miocene), lying in a gentle terrain morphological area as a single, thick coal seam of over 100 m. The oil shale deposit is rich in organic matter, shown by the TOC (total organic carbon) content that ranges from 3.13 % sampai 14.80 %.*

*Organic petrography analysis shows that oil shale in the study area can be classified as a sapropelic oil shale where the dominant component is alginite. Based Rock-eval pyrolysis analysis on a number of selected samples, HI versus OI diagram shows that organic matter is categorized as oil prone-type II kerogen where alginite and liptinite are the dominant lithology. Plot TOC against (S1+S2) indicates that the source rock in the study area has a good excellent oil generation potential. Gas chromatography analysis on two selected samples shows a tendency of relatively the same peak-height between pristane and pithane with the ratio of 1.32 and 0.57, indicating that the oil shale was deposited in a lacustrine environment under the marine influence.*

*The study area contains a significantly high of shale oil resources. Hypothetical resource of the shale oil is estimated to be more than 2.800 million tonnes rock or equal to approximately 421 million barrel shale oil in place. Considering the area's shale oil resources and accessibility, the study area gives a good opportunity for further exploitation.*

### PENDAHULUAN

Bitumen padat (oil shale) didefinisikan sebagai batuan sedimen klastik dan karbonat yang mengandung material organik dalam jumlah yang signifikan, sehingga apabila diekstraksi dengan dipanaskan pada temperatur tertentu dapat menghasilkan minyak. Dari karakteristiknya yang meliputi jenis material organik, maturity dan kelimpahan material organiknya; secara geologi, endapan bitumen padat banyak terakumulasi di Cekungan Sumatera Tengah. Salah satunya adalah daerah Padanglawas, Kecamatan Sitiung dan Kecamatan Kotabaru, Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat (Gambar 1). Daerah ini telah menjadi obyek penyelidikan penulis terdahulu diantaranya :

Silitonga P. H., dan Kastowo, (1995) yang menghasilkan peta geologi Lembar Solok, Sumatera. Dilanjutkan kemudian oleh H.M.D. Rosidi, S. Tjokrosapoetro, B. Pendowo, S. Gafoer dan Suharsono (1996) yang menghasilkan peta geologi Lembar Painan dan bagian timurlaut Lembar Muarasiberut, Sumatera. Ilyas, S. (2003) melakukan survei batubara di kawasan lintas propinsi di daerah Padanglawas, Sumatera Barat. Secara lebih spesifik pada komoditi bitumen padat, Tobing, (2000; 2005) melakukan survei pendahuluan endapan tersebut di daerah Kiliranjau dan beberapa pemboran dangkal di daerah Sitiung, Sumatera Barat.

Endapan bitumen padat di daerah penyelidikan terdapat pada Formasi Telisa Atas yang berumur Miosen.



Ketebalan lapisan bitumen padat pada formasi ini lebih dari 100 meter dengan kemiringan ke arah timurlaut antara 26° 70° dan penyebaran lapisan arah barat laut tenggara. Bitumen padat diendapkan dalam lingkungan transisi hingga ke laut dangkal.

Sebagaimana diketahui bahwa pada beberapa dekade yang lalu, biaya produksi minyak bumi lebih murah dibandingkan dengan biaya produksi minyak bitumen padat (shale oil), diantaranya karena biaya tambahan pada penambangan dan biaya untuk ekstraksinya tinggi, disamping itu ekstraksi akan menghasilkan waste dalam kuantitas yang besar yang memerlukan penanganan tersendiri. Akan tetapi dengan meningkatnya kembali harga minyak dunia dan akan semakin berkurangnya cadangan minyak dunia, bitumen padat mempunyai peluang menjadi salah satu alternatif penghasil energi fosil minyak (shale oil) dalam memenuhi kebutuhan minyak nasional di masa datang. Berdasarkan pemikiran ini, pemanfaatan minyak dari bitumen padat perlu digiatkan karena selain dapat menghemat devisa juga untuk pemenuhan energi nasional serta meningkatkan peluang kerja.

Tulisan ini dimaksudkan untuk memberi gambaran ilmiah mengenai potensi bitumen padat, khususnya di daerah penelitian sebagai source minyak (shale oil) yang dapat dikembangkan sebagai sumber daya energi alternatif.

## GEOLOGI UMUM

Pada Akhir Kapur terjadi pensesaran batuan dasar yang menghasilkan struktur 'horst' dan 'graben' di Cekungan Sumatra Tengah. Kemudian selama Eosen hingga Oligosen berlangsung proses sedimentasi pada bagian 'graben' (de Coster, 1974). Sedimen tersebut terutama terdiri dari batuan klastik kasar dengan sisipan batulumpur dan bitumen padat. Pada zona graben terjadi pembentukan bitumen padat yang perkembangannya dikendalikan oleh penurunan daratan secara perlahan yang mengakibatkan perluasan cekungan sedimentasi terutama ke arah timur dan barat. Pada waktu tertentu, cekungan tadi akan berhubungan dengan laut terbuka dan diikuti dengan pengendapan sedimen laut. Sejak Miosen Tengah proses sedimentasi pada lingkungan laut dangkal dan payau berkembang. Lapisan bitumen padat dari Formasi Telisa bagian atas berasal dari substansi organik yang terbentuk selama kurun waktu itu di lingkungan rawa laut dangkal.

### Stratigrafi

Berdasarkan data hasil eksplorasi minyak bumi yang meliputi penyelidikan seismik dan pemboran, Carnell dkk. (1998) menyusun stratigrafi regional Cekungan Sumatra Tengah. Masing-masing peneliti cenderung memberikan penamaan formasi yang berbeda, karena itu tulisan ini menggunakan pembagian stratigrafi dari Carnell,

dkk., (1998) yang telah disesuaikan dengan pembagian stratigrafi oleh Silitonga P. H. dan Kastowo (1995), dimana Formasi Telisa dibagi menjadi dua anggota yaitu Anggota Telisa Bawah dan Anggota Telisa Atas. Di bagian selatan daerah kajian, Anggota Telisa dinamakan sebagai Formasi Talangakar, sedangkan Anggota Telisa Atas sebagai Formasi Gumai (Rosidi dkk., 1996).

Batuan tertua yang terdapat di daerah penelitian adalah kelompok batuan Pra Tersier yaitu Formasi Kuantan yang terdiri dari Anggota Bawah, Anggota Batugamping dan Anggota Filit dan Serpih. Anggota Bawah disusun oleh kuarsit dan batupasir kuarsa, sisipan filit, batusabak, serpih, batuan gunungapi, tuf klorit, konglomerat dan rijang. Anggota Batugamping dibangun oleh batugamping, batusabak filit, serpih terkersikkan dan kuarsit. Anggota Filit dan Serpih terdiri dari serpih dan filit, sisipan batusabak kuarsit, batulanau, rijang dan aliran lava. Ketiga anggota ini juga bertindak sebagai batuan dasar dari Cekungan Sumatra Tengah.

Batuan sedimen tersier tertua yang mengisi Cekungan Sumatra Tengah di daerah kajian adalah Formasi Telisa Bawah yang menutupi secara tidak selaras Formasi Kuantan. Formasi Telisa Bawah disusun oleh napal lempungan, batupasir, tuf, breksi dan batupasir glaukonit, dan sisipan batubara. Formasi Telisa Atas terdiri dari serpih, batugampingnapalan dengan sisipan tuf andesit. Selaras di atas Formasi Telisa Atas (Formasi Gumai) secara berturut-turut diendapkan Formasi Air Benakat dan Formasi Kasai.

### Struktur Geologi

Struktur geologi yang terdapat di daerah ini adalah bentuk-bentuk lipatan yang berarah barat laut tenggara. Struktur lipatan ini terdiri dari sinklin dan antiklin yang mempunyai sayap tidak simetri dan sudut kemiringannya relatif kecil pada sayap bagian barat baratdaya. Di bagian utara sudut kemiringan antara kurang dari 10° sampai 15°, sedangkan di bagian selatan berkisar dari 25° sampai 70°. Struktur sesar memotong struktur lipatan dari jenis sesar geser dengan arah relatif tegak lurus terhadap sumbu lipatan.

### Morfologi

Morfologi daerah kajian dikelompokkan menjadi satuan morfologi pematang dan satuan morfologi pedataran. Satuan morfologi pematang dibentuk oleh deretan perbukitan yang mempunyai sudut lereng yang curam berkisar dari 45° 60° dan berada pada ketinggian antara 150 m 300 m di atas muka laut. Satuan ini dibentuk terutama oleh batuan Pra Tersier Formasi Kuantan. Satuan morfologi pedataran merupakan suatu daerah dengan lembah yang cukup lebar di antara morfologi pematang dan perbukitan landai. Satuan ini berada pada ketinggian antara 50 m 150 m yang dibentuk oleh batuan sedimen Tersier dan

endapan aluvial. Daerah ini dialiri oleh Sungai Pedulangan dan S. Batangtiu di bagian utara, sedangkan di bagian selatan terdapat S. Timpeh. Masing-masing aliran sungai ini membentuk pola dendritik dan rektangular. Di bagian timur terdapat Sungai Batang Langsisp. Semua aliran sungai bermuara di Sungai Batanghari di bagian selatan.

#### BITUMEN PADAT

Endapan bitumen padat di Cekungan Sumatra Tengah secara umum sudah lama diketahui, akan tetapi kegiatan penyelidikan terbatas sebagai bagian dari eksplorasi minyak bumi oleh para ahli geologi minyak bumi. Source minyak bumi dipercaya berasal dari formasi-formasi batuan yang mengandung banyak material organik yang telah mengalami kematangan di bawah permukaan bumi. Sebagian dari formasi batuan pembawa bitumen padat tersebut tersingkap di permukaan atau setidaknya berada pada kedalaman yang relatif dangkal dan bila dieksploitasi dapat dimanfaatkan untuk memproduksi minyak melalui proses pemanasan pada temperatur tertentu.

Endapan bitumen padat tersingkap di beberapa tempat seperti pada aliran S. Timpeh, bukaan jalan dan perkebunan, dan di beberapa anak-anak sungai. Lapisan berarah umum baratlaut tenggara dengan kemiringan berkisar dari 20° sampai 40°. Singkapan bitumen padat yang dekat dengan sumbu sinklin, mempunyai kemiringan lapisan lebih besar hingga 70°.

Lapisan bitumen padat umumnya berwarna abu-abu tua sampai coklat tua, memperlihatkan laminasi tipis, agak mudah belah mengikuti bidang perlapisan, kadang-kadang sangat kompak, padat, kenyal dan agak keras, relatif tidak berlaminasi, keras/pajal, ciri khasnya apabila dibakar mengeluarkan asap tipis yang beraroma minyak atau aspal. Sebarannya dapat ditelusuri dari arah baratlaut ke tenggara mengikuti arah formasi sejauh lebih kurang 10 km.

Total ketebalan endapan bitumen padat di daerah kajian belum dapat diketahui dengan pasti, akan tetapi dari hasil pemboran yang pernah dilakukan di 5 (lima) titik bor (Tobing, 2005; 2006) ketebalan bitumen padat diperkirakan mencapai >100 meter. Sebaran endapan bitumen padat berdasarkan hasil penelitian disajikan pada Gambar 2.

Untuk mengetahui karakter dan potensi material organik bitumen padat tersebut dilakukan analisis pada sejumlah conto terpilih yaitu analisis petrografi, retort dan Rock-eval pirolisis. Namun apabila diperhatikan ternyata banyaknya kandungan minyak hasil analisis retort tidak selalu memperlihatkan hubungan yang linier positif dengan banyaknya kandungan material organik hasil analisis petrografi (lihat Tabel 1). Demikian pula apabila data analisis petrografi dibandingkan dengan data hasil Rock-eval pirolisis, seringkali tidak sejalan (Herudiyanto, 2007 in

prep.). Faktor yang mempengaruhi diantaranya :

- Basis analisis organik petrologi (khususnya petrografi) dan retorting atau Rock-eval pyrolisis tidaklah sama. Pada analisis petrografi, masing-masing komponen dalam conto batuan baik material organik maupun anorganik secara visual dapat langsung diamati dan diestimasi kelimpahannya. Namun, walaupun estimasi dilakukan dengan bantuan komparator (diagram persentase butir), sulit untuk menjaga hasilnya selalu konsisten. Estimasi seringkali memberikan data yang subyektif, sangat tergantung pada masing-masing individu yang melakukan analisis.
- Keterbatasan indra penglihatan manusia, terutama pada batuan bitumen-rich rocks atau batuan yang telah mengalami impregnasi, banyak komponen material organik yang tidak dapat diamati secara visual, sehingga dengan demikian akan memberikan angka estimasi yang kurang akurat.
- Pada analisis retort ataupun Rock-eval pyrolisis conto yang digunakan adalah bulk sample, sehingga semua material dalam conto baik yang dibutuhkan maupun yang tidak (kontaminan) semua akan turut dianalisis.

#### Analisis Petrografi Organik

Jenis atau tipe material organik yang umum terdapat di dalam bitumen padat adalah kelompok maseral liptinit. Tingkat kematangan batuan juga diperoleh dari hasil analisis petrografi organik berdasarkan nilai reflektan kelompok maseral vitrinit.

Sepuluh (10) conto inti bor bitumen padat dianalisis secara mikroskopi untuk mengetahui tingkat kematangan dan kandungan material organik batuan yang terdapat di dalamnya. Hasil analisis diperlihatkan pada Tabel 1. Dari hasil analisis petrografi material organik, tingkat kematangan batuan berkisar dari  $R_{vmax}$  0.20% - 0.30%. Tingkat kematangan batuan cenderung meningkat dengan kedalaman di bawah permukaan bumi, namun demikian nilai tersebut masih mengindikasikan suatu tingkat kematangan yang immature. Kandungan material organik didominasi oleh maseral alginit berupa lamalginit dan telalginit dengan kuantitas yang bervariasi dalam setiap conto. Kandungan lamalginit dan telalginit juga cenderung meningkat dengan kedalaman.

Kandungan material organik (telalginit dan lamalginit) antara 0.1% - 0.5% relatif dekat ke permukaan sampai kedalaman <20 m, sedangkan liptodetrinite kurang dari 0.1%. Telalginit (*Botryococcus*), dengan kuantitas yang bervariasi, hadir hampir pada semua conto yang dianalisis, menunjukkan sebarannya secara vertikal dan mungkin juga lateral. Kandungan material organik terutama lamalginit,

mulai pada kedalaman >20 m menunjukkan peningkatan dari 2% sampai 50%. Demikian pula dengan telaginit (jenis botryococcus) kandungannya meningkat mengikuti kedalaman, mencapai hampir 50% (% volume) pada kedalaman sekitar 80 m. Perbedaan variasi banyaknya kandungan material organik semakin ke bawah tidak begitu menonjol. Hadirnya maseral alginat dari jenis botryococcus diyakini sebagai indikator suatu lingkungan pengendapan laut dangkal hingga ke transisi. Hal ini didukung pula oleh hadirnya mineral pirit framboidal, walaupun tidak terlalu signifikan (0.1 - 0.5%) pada kedalaman <50 m, namun kuantitasnya terus meningkat (10 - 20%) pada kedalaman > 100 m. Kelompok maseral liptinit lainnya terutama liptodetrinit berkisar dari 0.5% sampai 2% (Tabel 1). Maseral vitrinit dan inertinit dikategorikan sebagai rare (<0.1%). Walaupun tidak banyak dom vitrinit yang ditemukan di hampir semua conto yang dianalisis, namun hasil penentuan reflektan yang diperoleh dianggap dapat menunjukkan secara umum tingkat kematangan material organik di daerah penelitian.

Hampir semua conto yang dianalisis merupakan satuan batuan lempung yang mengandung karbonat. Botryococcus dan mineral-mineral pirit yang terdapat di dalam batuan klastik halus karbonatan, mengindikasikan lingkungan sedimentasi di bawah pengaruh marin yang diendapkan pada waktu yang sangat lambat dan lama.

#### Retorting

Banyaknya kandungan minyak di dalam batuan dapat ditentukan salah satunya dengan analisis retorting, yaitu ekstraksi conto dengan jalan dipanaskan sampai mencapai temperatur tertentu (biasanya > 550°C), sehingga menghasilkan minyak dan kemudian dikonversikan dalam satuan l/ton. Untuk keperluan itu sebanyak 89 conto batuan bitumen padat dianalisis dan hasilnya diperlihatkan pada (Tabel 2). Conto yang dianalisis adalah conto komposit yang berasal dari inti bor dengan ketebalan rata-rata satu meter.

Table 2 tersebut memperlihatkan bahwa kandungan minyak dalam conto sangat bervariasi di setiap interval kedalaman. Bestfitline pada grafik plot kandungan minyak (oil yield) terhadap kedalaman pada Gambar 4 menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan kandungan minyak dengan kedalaman walaupun tidak terlalu tegas. Sejumlah conto yang meskipun berada pada kedalaman sekitar 100 m, kandungan minyaknya hanya sekitar 10 l/ton. Kandungan minyak pada conto dekat permukaan relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan kandungan minyak pada conto yang lebih dalam. Misalnya, pada kedalaman 3,50 - 64,60 m kandungan minyak berkisar dari 0 - 36 liter per ton batuan. Sedangkan kandungan minyak mulai 64,60 m ke lapisan dalam relatif lebih tinggi, mencapai

78 liter per ton batuan. Kemungkinan hal ini disebabkan banyaknya material organik pada setiap level kedalaman juga bervariasi dan hal ini biasanya berkaitan erat dengan kondisi lingkungan pada saat material organik diendapkan. Akan tetapi, bila semua kandungan minyak di dalam conto direrata (n = 89) diperoleh sekitar 27 liter per ton batuan dengan ketebalan lapisan bitumen padat sekitar 102 meter. Nilai yang dianggap paling ekonomis dari minyak dalam batuan (shale oil) adalah 30 gallon (sekitar 84 liter) per ton batuan dengan ketebalan setidaknya 10 m (Yen dan Chilingar, 1976). Tissot dan Welte (1984) menyebutkan bahwa sejumlah literatur di Amerika menggunakan angka 10 gallon (sekitar 42 liter) sebagai batas paling rendah untuk disebut ekonomi, sebagai perbandingan harga minyak mentah pada saat itu sekitar US\$ 17 per barrel. Ada bermacam metoda perhitungan di dalam menentukan nilai ekonomis suatu komoditi, namun yang pasti nilai ekonomis tersebut dapat berubah sewaktu-waktu sesuai dengan kebutuhan atau kondisi. Beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi nilai ekonomis suatu komoditi khususnya bitumen padat diantaranya : peningkatan akan kebutuhan minyak dunia, peningkatan keamanan energi dan ekonomi dalam negeri, pasokan energi dunia akan segera mencapai puncak dan turun drastis, pada beberapa negara seperti Amerika membutuhkan sumberdaya energi yang aman untuk kebutuhan militer dan dalam negeri.

#### Analisis Rock Eval Pyrolysis dan Total Organic Carbon (TOC)

Data analisis ini digunakan sebagai data penunjang pada kajian potensi bitumen padat yang umumnya didasarkan pada analisis petrografi organik. Hasil analisis Rock Eval kemudian dibandingkan dengan data analisis mikroskop untuk mengetahui lebih jauh karakter dan potensi endapan bitumen padat di daerah penelitian.

Prinsip analisis Rock Eval telah banyak diuraikan dalam berbagai publikasi, misalnya Tissot dan Welte (1978). Pada dasarnya conto yang sudah digerus dipanaskan di udara inert sampai temperatur 550°C. Produk pirolisis dihitung sebagai tiga peak (puncak) kromatografi yang disebut S1, S2 dan S3. Peak S1 dan S2 diukur dengan suatu detektor flame-ionization detector (FID), sedangkan peak S3 diukur dengan suatu thermal conductivity detector. S1 adalah banyaknya hidrokarbon (HC) tertambat dalam batuan, diukur dalam miligram HC/gram batuan. Peak S2 adalah banyaknya hidrokarbon dan material seperti hidrokarbon yang terbentuk selama pirolisis material organik. Peak S3 adalah banyaknya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang terbentuk selama pirolisis. Total Organic Carbon (TOC) dihitung berdasarkan tiga parameter dasar tersebut dalam persentase berat, sebagai jumlah dari karbon organik residu dan karbon organik yang terbentuk dari pirolisis. Hidrogen Indeks (HI) dan Oksigen

Indeks (OI) adalah suatu besaran angka dari S2 dan S3, dinyatakan masing-masing dalam miligram HC/gram TOC dan miligram CO2/gram TOC. Production Index (PI) adalah perbandingan dari HC bebas dalam hubungannya dengan jumlah keseluruhan HC yang diperoleh dari pirolisis (rasio  $S1/(S1+S2)$ ). Temperatur yang dicapai pada puncak (peak)  $T_{max}$ , dinyatakan dalam derajat Celcius.

Sejumlah 10 (sepuluh) conto dipilih untuk dianalisis Rock Eval dan TOC, dan hasilnya disajikan pada Tabel 3. TOC di dalam batuan atau sering juga disebut oleh ahli geokimia organik sebagai kerogen yaitu material organik yang tidak larut dalam pelarut kimia (CS2). Komposisi kandungan organik dalam batuan dapat dibedakan secara mikroskopis (Tabel 1). Akan tetapi, beberapa material organik yang sangat halus dan umumnya hadir berupa masa dasar secara individu sulit untuk diidentifikasi. Kandungan TOC dalam masing-masing conto batuan mulai dari permukaan berkisar dari 3,13 sampai 14,80 % berat. Plot TOC terhadap kedalaman (Gambar 4) memperlihatkan suatu kecenderungan peningkatan TOC dengan kedalaman.

#### Analisis Gas Chromatography

Analisis Gas chromatography dilakukan untuk mengetahui antara lain lingkungan pengendapan dan juga tingkat kematangan material organik. Dua conto bitumen padat yang dianalisis memberikan gambaran dan nilai seperti pada Tabel 4.

#### SUMBER DAYA BITUMEN PADAT DAN MINYAK

Korelasi lapisan bitumen padat pada singkapan dan lubang bor memberikan suatu gambaran mengenai distribusi atau sebaran lapisan bitumen padat baik vertikal maupun lateral yang berada dalam sayap-sayap sinklin yang tidak simetris. Kemudian sumber daya bitumen padat dihitung berdasarkan formula sederhana sebagai berikut :

$$\text{Sumberdaya} = \text{Luas} \times \text{Tebal} \times \text{Berat Jenis}$$

Total sumber daya bitumen padat pada daerah kajian dengan luas daerah sekitar 1354,80 ha adalah sebesar 2.801.176.772 ton batuan atau setara dengan sekitar 421.483.922 barrel minyak mentah.

#### POTENSISOURCE ROCK BITUMEN PADAT

Hasil analisis petrografi (Tabel 1) memperlihatkan bahwa tingkat kematangan material organik pada semua conto batuan bitumen padat adalah rendah (immature) dengan nilai vitrinit reflektan  $R_{vmax}$  berkisar dari 0,20 0,30 %. Batuan tersebut mengandung material organik yang kaya, mencapai hampir 50% volume pada sejumlah conto dan umumnya didominasi oleh maseral alginit yaitu lamalginit dan telalginit (dari jenis Botryococcus) dengan minor komponen vitrinit dan jenis liptinit yang lainnya seperti sporinit, kutinit dan liptodetrinit. Material organik, khususnya alginit diyakini sebagai salah satu source

hidrokarbon dan dikategorikan sebagai very oil prone (sangat menghasilkan minyak). Rendahnya tingkat kematangan material organik pada conto bitumen padat didaerah penelitian, mungkin berhubungan dengan proses metamorfosa organik atau coalification yang berlangsung normal, disamping itu walaupun tampak nilai vitrinit reflektan menunjukkan kecenderungan meningkat semakin jauh dikedalaman bor (Gambar 3) namun karena depth of burial sedimennya dangkal misalnya karena erosi, proses pematangan material organik berjalan sangat lambat. Dengan demikian material organik akan tetap immature.

Berdasarkan data hasil analisis Rock Eval pada Tabel 3, dibuat diagram korelasi antara TOC dan (peak  $S1+S2$ ) untuk mengetahui potensi minyak yang dapat dihasilkan. Seperti dapat dilihat pada Gambar 6, hampir semua conto memperlihatkan potensi dengan kategori excellent, hanya dua conto dikategorikan sebagai sangat baik (very good).

Demikian juga dengan diagram korelasi antara TOC dan Hidrogen Index (HI), seperti pada Gambar 7. Conto yang dianalisis semua masuk kelompok penghasil minyak (oil prone) kecuali satu conto yang dikategorikan sebagai penghasil gas (gas prone). Dengan demikian secara umum potensi batuan sebagai batuan induk (source rock) masuk dalam kategori sebagai sangat baik (very good) sampai excellent.

Bila hasil  $T_{max}$  dan Hidrogen Index di diplot ke dalam diagram seperti pada Gambar 8, maka hampir semua material organik pada conto yang dianalisis dapat dikategorikan sebagai kerogen Tipe II, yaitu batuan induk yang dianggap berpotensi sebagai penghasil minyak dan sedikit penghasil gas. Posisi tingkat kematangan material organik terletak pada zona transisi dari immature ke mature. Begitu pula plot antara HI (hydrogen index) dan OI (oxygen index) pada diagram van Krevelen (Gambar 9), menunjukkan bahwa batuan induk minyak bitumen padat di daerah penelitian adalah kerogen Tipe II (oil prone).

Van Krevelen membedakan kerogen dalam 4 tipe, Tipe I (alginit-very oil prone), Tipe II (liptinit dominan-oil prone), Tipe III (vitrinit dominan-gas prone) dan Tipe IV (inertinit-non oil/gas potential). Data pengamatan mikroskop memperlihatkan bahwa material organik pada bitumen padat di daerah penelitian didominasi oleh alginit, khususnya telalginit dan lamalginit. Dengan demikian seharusnya batuan induk sebagai penghasil minyak bitumen padat tersebut dikelompokkan ke dalam kerogen Tipe I (alginit), namun ternyata pada diagram van Krevelen batuan induk tadi berada pada area kerogen Tipe II (liptinit dominan). Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut : HI dihitung dari miligram Hidrokarbon (HC) / gram organik karbon (C). Sehingga apabila kandungan organik karbon

(C) tinggi seperti yang ditunjukkan dari data hasil analisis TOC, nilai HI akan menjadi kecil. Atau kemungkinan juga ada penambahan unsur C dari luar material organik, karena bitumen padat pada daerah penelitian adalah karbonatan.

Berdasarkan beberapa parameter analisis Rock-eval dan TOC, Peters (1986) menyusun tabel mengenai potensi suatu batuan induk dalam hal menghasilkan minyak (source rock generative potential) seperti yang disajikan pada Tabel 5a dan 5b sebagai berikut :

Tabel 5a. Parameter Geokimia Organik dan Hubungannya dengan Source Rock Generative Potential (Peters, 1986)

QUANTITY	TOC (wt %)	S1* (mgHC/gROCK)	S2* (mgHC/gROCK)
Poor	0-5	0-0.5	0-2.5
Fair	0.5-1	0.5-1	2.5-5
Good	1-2	1-2	5-10
Very good	>2	>2	>10

(\*) : Tingkat Kematangan Material Organik  
Diasumsikan Ekuivalen dengan  $R_v = 0,6\%$

Tabel 5b. Parameter Geokimia Organik dan Hubungannya dengan Jenis Hidrokarbon yang Dihasilkan (Peters, 1986)

TYPE	HYDROGEN INDEX* (mgHC/gOrg)	S2/S3* (mgHC/mgCO2)
GAS	0-150	0-3
GAS AND OIL	150-300	3-5
OIL	>300	>5

(\*) : Tingkat Kematangan Material Organik  
Diasumsikan Ekuivalen dengan  $R_v = 0,6\%$

Berdasarkan tabel dari Peters (1986) di atas, batuan induk (source rock) di daerah penelitian masuk dalam kategori good very good oil generative potential.

Analisis Gas Chromatography terhadap dua conto diperlihatkan ada Tabel 4, Gambar 10 dan Gambar 11. Kedua gambar tersebut menunjukkan kecenderungan peak height yang relatif sama dimana rasio antara pristane/pithane adalah 1,32 dan 0,57. Artinya, lingkungan pengendapan bitumen padat di daerah kajian adalah lakustrin yang dipengaruhi oleh marin. Kemudian, nilai Carbon Preference Index (CPI) adalah 1,05 dan 1,04 menunjukkan material organik yang immature, sesuai dengan hasil analisis petrografi organik dimana kisaran reflektan vitrinit  $R_{vmean}$  0,20-0,30% yang menunjukkan tingkat kematangan material organik yang rendah (immature).

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil kajian kandungan minyak dalam bitumen padat di daerah Padanglawas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Formasi Telisa Atas adalah formasi utama pembawa endapan bitumen padat yang menempati struktur sinklin berarah Baratlaut Tenggara dan kemiringan 25°-70°.
- Endapan bitumen padat di daerah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam bitumen padat jenis sapropelik yang didominasi oleh maseral lamalgininit dan telalgininit, sedangkan jenis maseral liptinit hadir sebagai minor

konstituen. Tingkat kematangan material organik ( $R_v$ ) adalah immature, berkisar dari 0,20-0,30 %, sesuai dengan data Rock-eval pirolisis ( $T_{max}$  dan CPI).

□ Kandungan minyak hasil analisa 'retort' bervariasi, dengan kisaran dari 3 sampai 78 liter per ton batuan, dengan rata-rata 27 liter per ton batuan.

□ Diagram plot HI terhadap OI dari analisis Rock-eval pirolisis memperlihatkan bahwa material organik sebagai source (batuan induk) hidrokarbon dikategorikan sebagai penghasil minyak (oil prone) kerogen tipe II dimana material organik dominan adalah algininit dan liptinit. Sedangkan plot TOC terhadap ( $S1+S2$ ) menunjukkan bahwa batuan induk mempunyai potensi menghasilkan minyak dengan kategori 'baik' sampai 'istimewa' (good excellent).

□ Analisis gas chromatography terhadap dua conto menunjukkan kecenderungan 'peak height' yang relatif sama dimana rasio antara pristane/pithane adalah 1,32 dan 0,57 yang menunjukkan bahwa bitumen padat diendapkan pada lingkungan lakustrin yang dipengaruhi oleh marin.

□ Semua hasil analisis saling mendukung dan melengkapi bahwa bitumen padat diendapkan pada lingkungan lakustrin yang dipengaruhi marin dan tingkat kematangan material organik yang rendah.

□ Sumber daya batuan bitumen padat 2.801.176.772 ton (hipotetik) dan sumber daya minyak sekitar 421.483.922 barrel minyak mentah (hipotetik) dengan luas sekitar 1.354 Ha.

**SARAN**

Beberapa hal sebagai bahan pertimbangan selanjutnya, antara lain :

Besarnya potensi sumber daya bitumen padat, tingginya kandungan organik, lapisan dekat permukaan, prasarana kesampaian daerah yang relatif mudah, maka daerah kajian layak dipertimbangkan untuk dijadikan sebagai suatu 'pilot project' penghasil minyak (shale oil) sebagai langkah awal dalam penelitian serpih bitumen/bitumen padat untuk sumber energi alternatif.

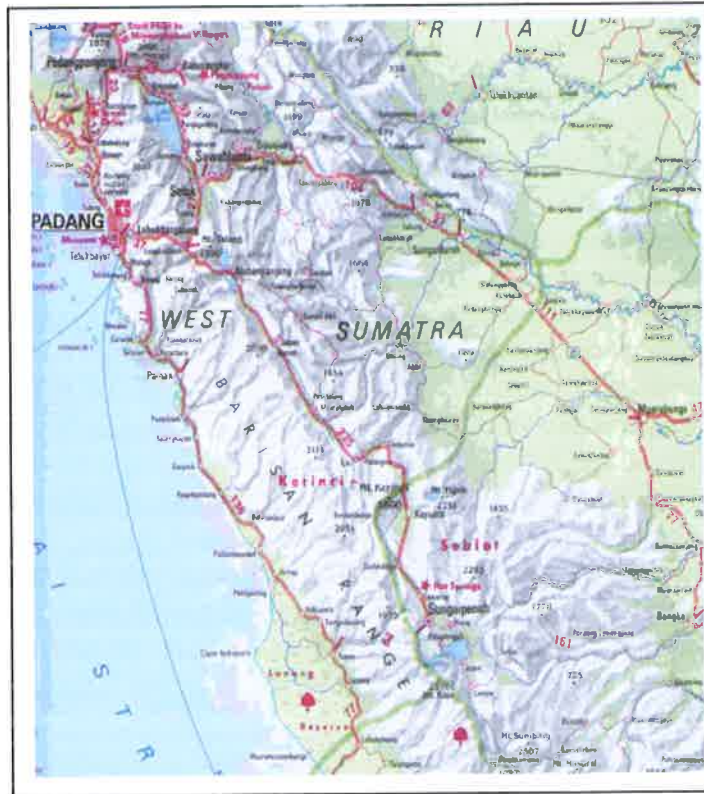
**Ucapan Terimakasih**

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Sukardjo, Kepala Kelompok Kajian Energi Fosil, Pusat Sumberdaya Geologi. Hari Puranto yang membuat dan mengedit gambar-gambar disampaikan terimakasih. Kepada Syufra Ilyas tidak lupa disampaikan terimakasih atas diskusi yang dilakukan.

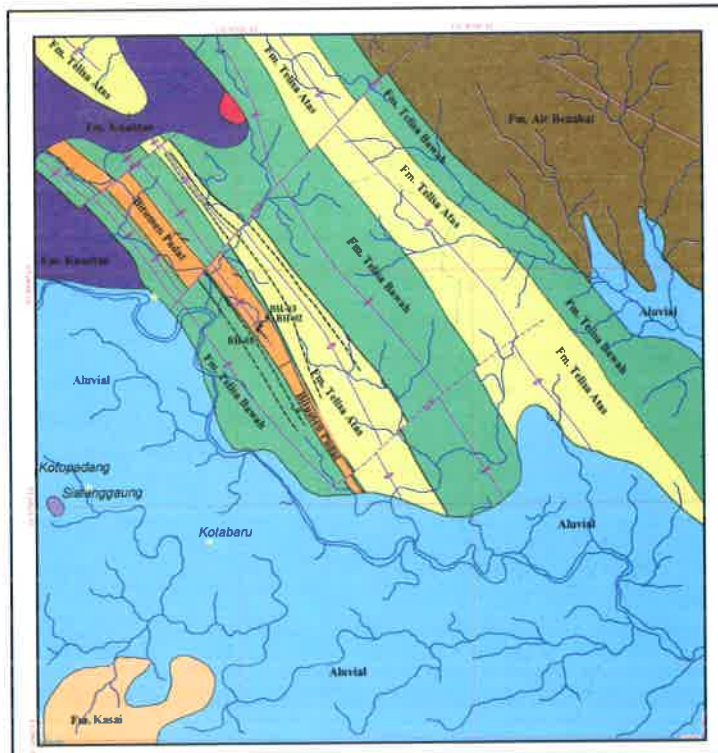
Khususnya kepada Herudiyanto yang melakukan analisa petrografi, memperbaiki naskah dan diskusi disampaikan terimakasih. Terakhir ucapan terimakasih disampaikan kepada para kolega di Pokja Energi Fosil.

## DAFTAR PUSTAKA

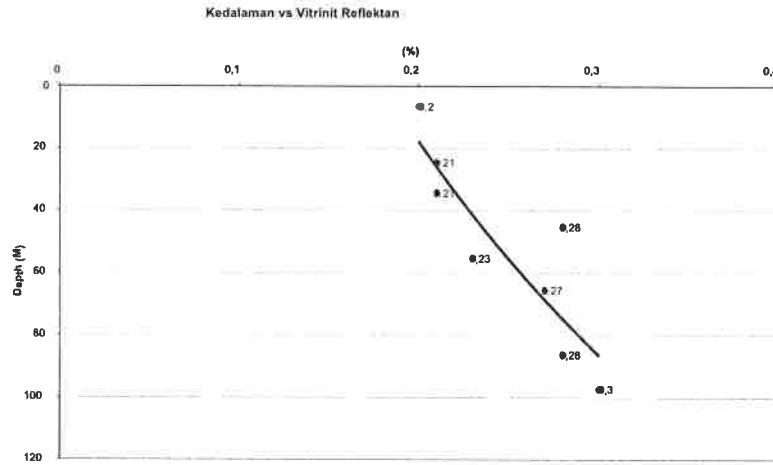
- Carnell, A., Butterworth, P., Hamid, A., Livsey, A., Barton, J., and Bates, C., 1998. The brown shale of Central Sumatera: a detailed geological appraisal of a shallow lacustrine source rock. Proceedings Indonesian Petroleum Association. 26th Annual Convention, Jakarta.
- De Coster, G.L., 1974. The Geology of The Central and South Sumatera Basin. Proceeding Indonesia Petroleum Association, 4th Annual Convention.
- Herudiyanto, 2007. Brief discussion on the Rock-eval/pyrolysis analysis results of some Kutei Basin coal samples, compare to those of petrological results (in prep).
- Ilyas, S., 1989. Laporan Survei Tinjau Sumber Daya Batubara Daerah Kuantan Mudik, Kabupaten Indragiri Hulu, Propinsi Riau. Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung.
- , 2003. Laporan Inventarisasi Batubara Kawasan Lintas Propinsi di Daerah Padanglawas, Kabupaten Sawahlunto Sijunjung, Propinsi Sumatera Barat dan Kabupaten Kuantan Singingi, Propinsi Riau. Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung
- Peters, K. E., 1988. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. In, Beaumont, E. A., and Foster N. H., Geochemistry. Treatise Petroleum Geology. Reprint Series No. 8.
- Rosidi, H. M. D., Tjokrosoepetro, S., Pendowo, B., Gafoer, S., dan Suharsono, 1996. Peta Geologi Lembar Painan dan Bagian Timurlaut Lembar Muarasiberut, Sumatera. Skala 1:250.000. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Silitonga, P.H., dan Kastowo, 1975. Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera. Skala 1 : 250.000. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Tissot, B. P., and Welte, D. H., 1984. Petroleum Formation and Occurrence. Second Revised and Enlarged Edition. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 699 pp.
- Tobing, S.M., 2000. Laporan Survei Pendahuluan Endapan Bitumen Padat di Daerah Sijunjung, Propinsi Sumatera Barat. Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral, Bandung.
- , 2005. Laporan Inventarisasi Bitumen Padat dengan 'outcropdrilling' di daerah Sungaidareh, Kab. Sawahlunto - Sijunjung, Propinsi Sumatera Barat. Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Waples, D. W., 1988. *Modern approaches in source rock evaluation*. In, Beaumont, E. A., and Foster N. H., Geochemistry. Treatise Petroleum Geology. Reprint Series No. 8.



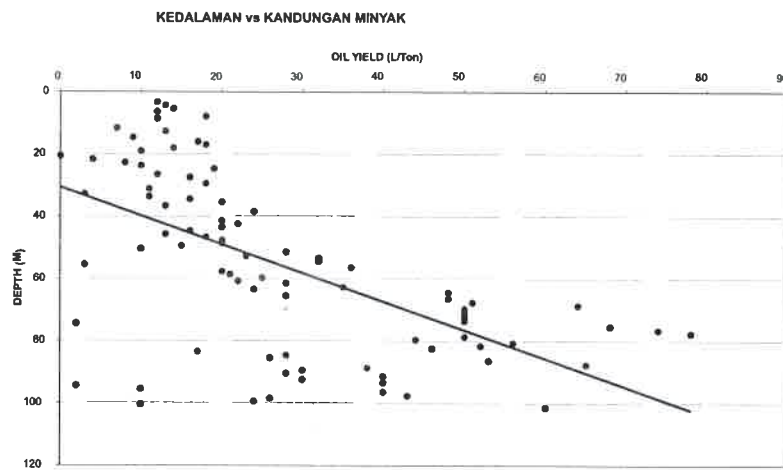
Gambar 1  
Peta Lokasi Daerah Padanglawas, Sumatra Barat



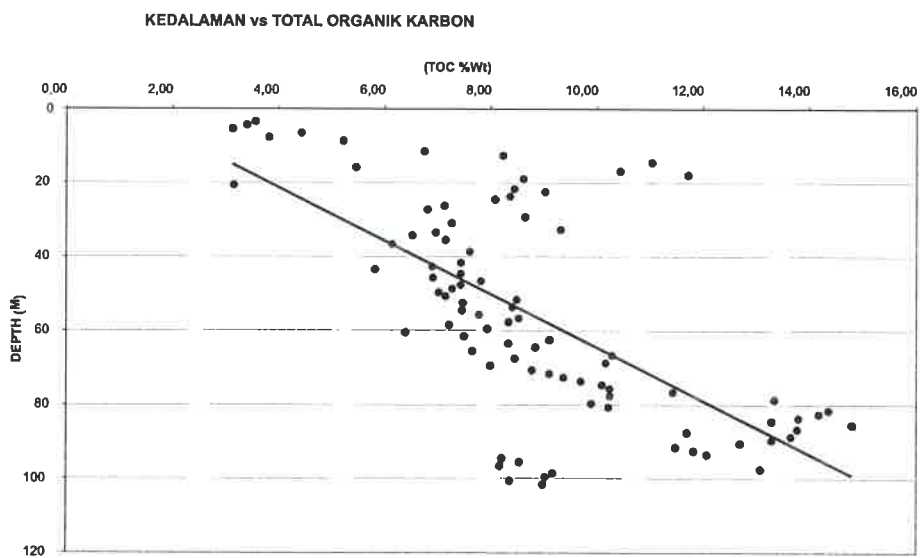
Gambar 2  
Peta Geologi dan Distribusi Bitumen Padat di daerah Padanglawas



Gambar 3  
Korelasi antara vitrinit reflektan dan kedalaman pada Lobang Bor BH-3



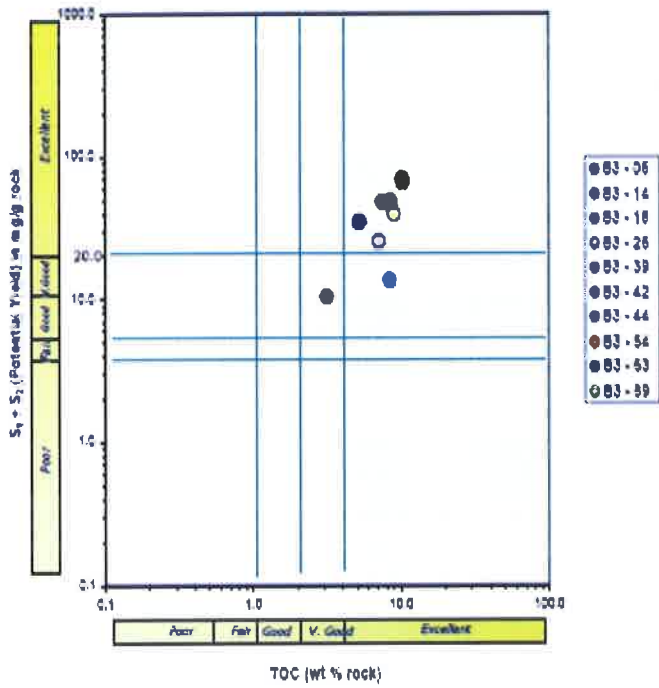
Gambar 4  
Korelasi antara kedalaman dan kandungan minyak



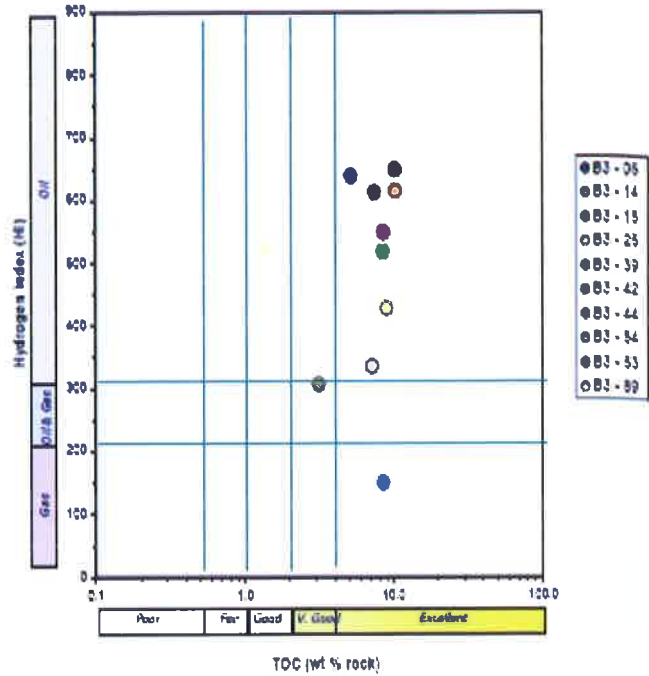
Gambar 5  
Korelasi antara kedalaman dan total organik karbon (TOC)



TOC vs S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>



TOC vs HI



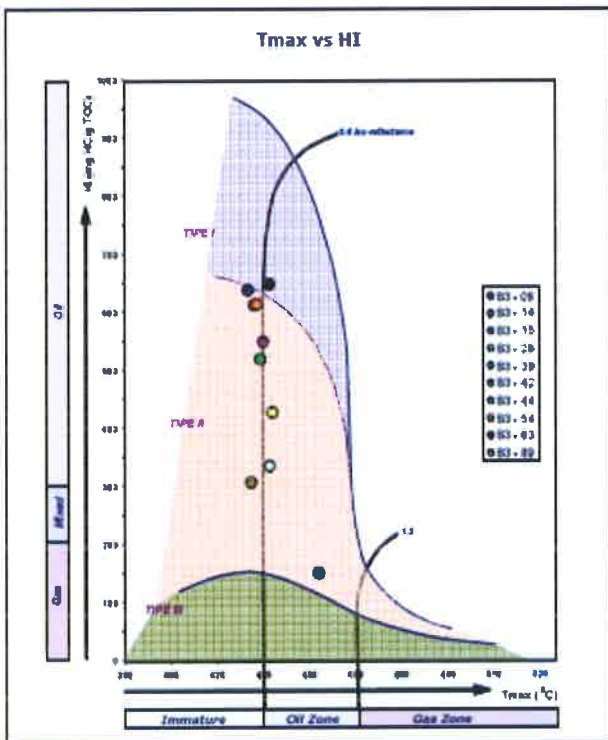
Gambar 6

Korelasi antara Total Organik Karbon dan (S<sub>1</sub> + S<sub>2</sub>)

Gambar 7

Korelasi antara Total Organik Karbon dan Hidrogen Indeks

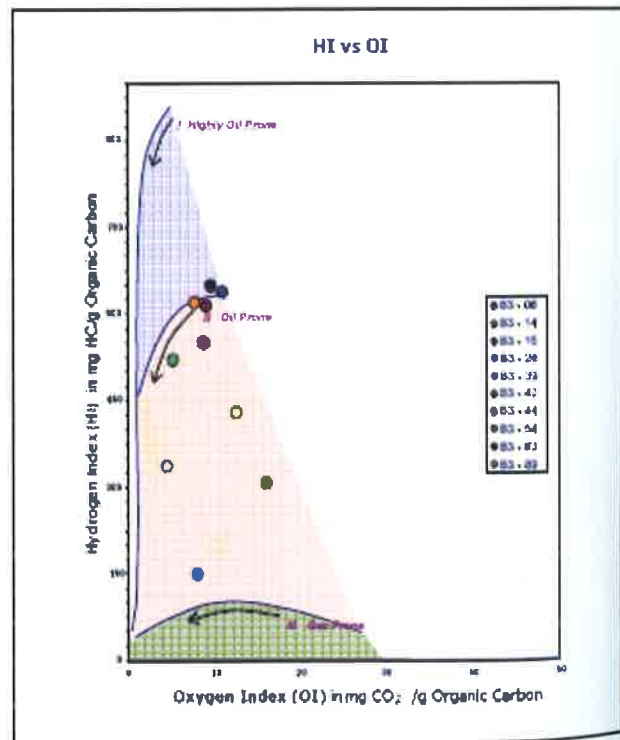
Tmax vs HI



Gambar 8

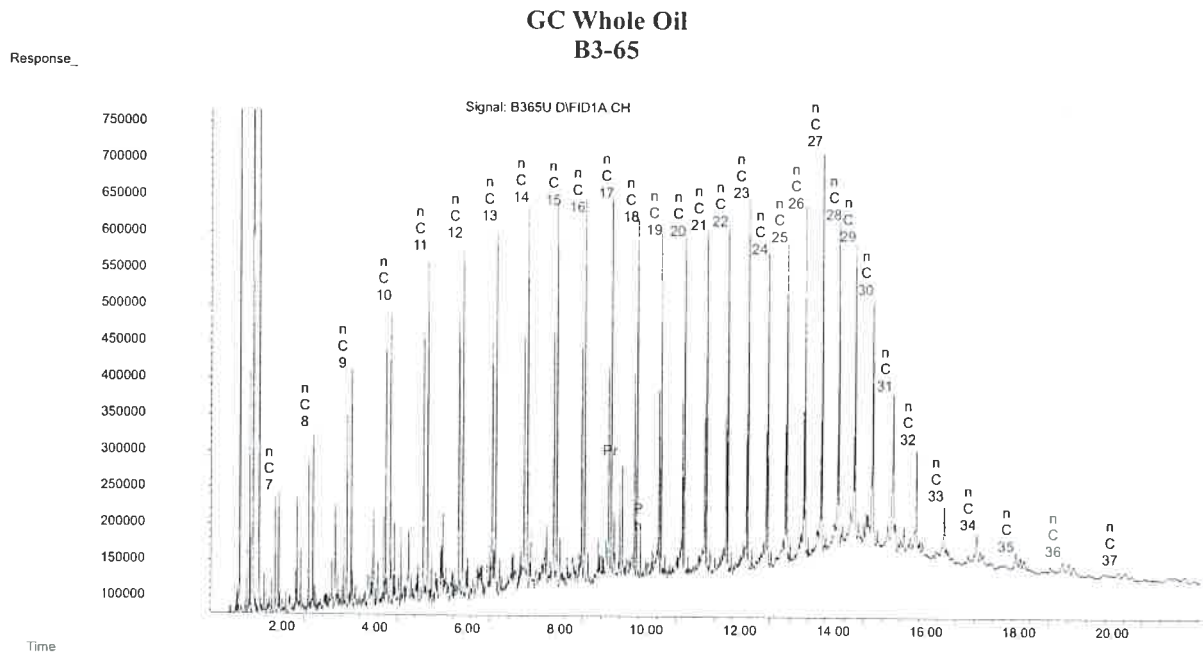
Tipe kandungan organik berdasarkan Tmax dan Hidrogen Indeks

HI vs OI

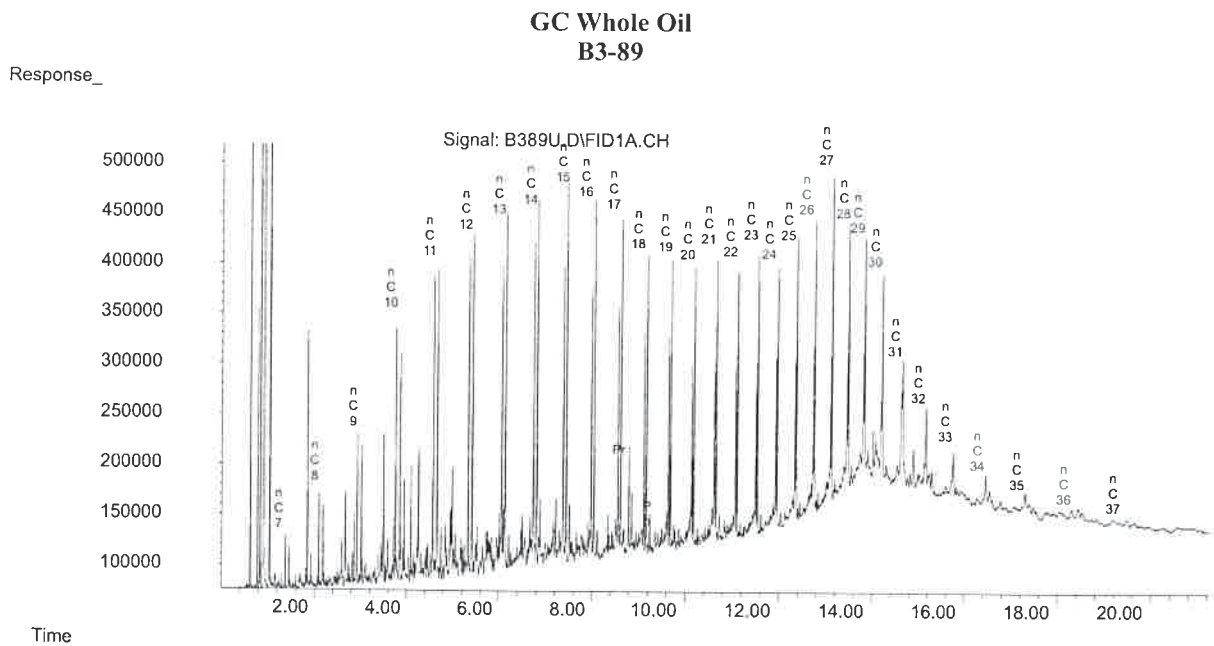


Gambar 9

Plotting data analisa berdasarkan Hidrogen Index dan Oxygen Index menunjukkan jalur evolusi kerogen dalam diagram van Krev elen



Gambar 10  
Gas Chromatograph Conto B3-65 pada kedalaman 77,60 78,60 m



Gambar 11  
Gas Chromatograph Conto B3-65 pada kedalaman 101,60 102 m

Tabel 1  
Analisa Petrografi Organik Bitumen Padat Daerah Padanglawas

Lab. No.	Type of Samples/ Depth (m)	R <sub>v</sub> Mean (%)	Range & (St.dev %)	No. Measr.	Description
B3-K1	Core (3.50 – 11.52)	0.20	0.17 – 0.23 (0.03)	4	<i>Botryococcus</i> -related telalginite sparse, yellow, lamalginite sparse, orange, liptodetrinite rare, orange. <b>Claystone &gt;&gt; Carbonate</b> . Dom common, L>V>I. Liptinite common, vitrinite and inertinite rare. Iron oxides common. Pyrite sparse.
B3-K2	Core (11.60 – 20.60)	-	-	-	Lamalginite and <i>Botryococcus</i> -related telalginite common, yellow to orange, liptodetrinite sparse, orange. <b>Claystone &gt;&gt; Carbonate</b> . Dom common, L>V. Liptinite common, vitrinite rare, inertinite absent. Iron oxides sparse. Pyrite rare.
B3-K3	Core (20.60 – 31.10)	0.21	0.19 – 0.24 (0.03)	3	Lamalginite and <i>Botryococcus</i> -related telalginite abundant, yellow to orange, liptodetrinite sparse, orange. <b>Claystone &gt;&gt; Carbonate</b> . Dom abundant, L>>V>I. Liptinite abundant, vitrinite and inertinite rare. Iron oxides common. Pyrite common.
B3-K4	Core (31.10 – 41.60)	0.21	0.19 – 0.23 (0.03)	2	<i>Botryococcus</i> -related telalginite abundant, yellow, lamalginite common, orange, liptodetrinite sparse, orange. <b>Claystone</b> . Dom abundant, L>>V=I. Liptinite abundant, vitrinite and inertinite rare. Ironoxides common. Pyrite sparse.
B3-K5	Core (41.60 – 50.60)	0.21	0.20 – 0.23 (0.02)	2	Lamalginite and <i>Botryococcus</i> -related telalginite abundant, yellow to orange, liptodetrinite common, orange. <b>Claystone &gt;&gt; Carbonate</b> . Dom abundant, L>>V>I. Liptinite abundant, vitrinite and inertinite rare. Iron oxides common. Pyrite abundant.
B3-K6	Core (50.60 – 61.60)	0.28	0.20 – 0.34 (0.05)	6	Lamalginite major, orange, <i>Botryococcus</i> -related telalginite abundant, yellow, liptodetrinite common, yellow to orange. <b>Claystone &gt;&gt; Carbonate</b> . Dom major, L>>V>I. Liptinite major, vitrinite sparse, inertinite rare. Iron oxides abundant. Pyrite abundant.
B3-K7	Core (61.60 – 70.60)	0.23	0.22 – 0.25 (0.01)	4	Lamalginite major, orange. <i>Botryococcus</i> -related telalginite abundant, yellow, liptodetrinite common, yellow to orange. <b>Claystone &gt;&gt; Carbonate</b> . Dom major, L>>V>I. Liptinite major, vitrinite and inertinite rare. Iron oxides common. Pyrite abundant.
B3-K8	Core (70.60 – 80.60)	0.27	0.21 – 0.31 (0.03)	14	Lamalginite and <i>Botryococcus</i> -related telalginite major, yellow to orange, liptodetrinite abundant, orange. <b>Claystone&gt;&gt; Carbonate</b> . Dom major, L>>V>I. Liptinite major, vitrinite sparse, inertinite rare. Iron oxides abundant. Pyrite abundant.
B3-K9	Core (80.60 – 92.60)	0.28	0.25 0.30 (0.02)	3	Lamalginite abundant, orange, liptodetrinite common, yellow to orange. <i>Botryococcus</i> -related telalginite sparse, yellow. <b>Claystone</b> . Dom abundant, L>>V. Liptinite abundant, vitrinite rare. Iron oxides abundant. Pyrite major.
B3-K10	Core (92.60 – 102.00)	0.30	0.26 – 0.32 (0.02)	5	Lamalginite abundant, orange, yellow to orange, <i>Botryococcus</i> -related telalginite and liptodetrinite common, yellow to orange. Claystone. Dom abundant, L>>V>I. Liptinite abundant, vitrinite sparse, inertinite absent. Iron oxides abundant. Pyrite major.

Tabel 2  
 Hasil Analisa 'Retorting' dan Total Karbon Organik (TOC) Bitumen Padat Daerah Padanglawas

No.	No. Conto	Kedalaman {Tebal (M)}	Kandungan Minyak (Liter/Ton)	Kandungan Organik Karbon {TOC (%)}	Kandungan Air (Liter/Ton)
1	B3 01	3,50 – 4,50 (1,00)	12	3,56	75
2	B3 02	4,50 – 5,60 (1,10)	13	3,40	98
3	B3 03	5,60 – 6,60 (1,00)	14	3,13	78
4	B3 04	6,60 – 7,00 (0,40)	12	4,43	140
5	B3 05	7,80 – 8,80 (1,00)	18	3,82	119
6	B3 06	8,80 – 11,52 (2,72)	12	5,22	154
7	B3 07	11,60 – 12,60 (1,00)	7	6,74	95
8	B3 08	12,60 – 14,20 (1,60)	13	8,22	110
9	B3 09	14,55 – 15,95 (1,40)	9	11,03	130
10	B3 10	15,95 – 16,95 (1,00)	17	5,46	108
11	B3 11	16,95 – 17,95 (1,00)	18	10,43	111
12	B3 12	17,95 – 18,95 (1,00)	14	11,71	110
13	B3 13	18,95 – 20,60 (1,65)	10	8,61	110
14	B3 14	20,60 – 21,60 (1,00)	0	3,15	70
15	B3 15	21,60 – 22,60 (1,00)	4	8,44	90
16	B3 16	22,60 – 23,60 (1,00)	8	9,02	106
17	B3 17	23,60 – 24,60 (1,00)	10	8,36	78
18	B3 18	24,60 – 26,40 (1,80)	19	8,07	94
19	B3 19	26,40 – 27,40 (1,00)	12	7,13	44
20	B3 20	27,40 – 29,40 (2,00)	16	6,81	80
21	B3 21	29,40 – 31,10 (1,70)	18	8,65	52
22	B3 22	31,10 – 32,60 (1,50)	11	7,27	78
23	B3 23	32,60 – 33,60 (1,00)	3	9,31	9
24	B3 24	33,60 – 34,40 (0,80)	11	6,97	45
25	B3 25	34,40 – 35,60 (1,20)	16	6,52	74
26	B3 26	35,60 – 36,60 (1,00)	20	7,15	86
27	B3 27	36,60 – 38,60 (2,00)	13	6,13	88
28	B3 28	38,60 – 41,60 (3,00)	24	7,60	64
29	B3 29	41,60 – 42,60 (1,00)	20	7,44	60
30	B3 30	42,60 – 43,60 (1,00)	22	6,90	56
31	B3 31	43,60 – 44,60 (1,00)	20	5,82	60
32	B3 32	44,60 – 45,60 (1,00)	16	7,44	24
33	B3 33	45,60 – 46,60 (1,00)	13	6,91	86
34	B3 34	46,60 – 47,60 (1,00)	18	7,82	80
35	B3 35	47,60 – 48,60 (1,00)	20	7,43	78
36	B3 36	48,60 – 49,60 (1,00)	20	7,28	70
37	B3 37	49,60 – 50,60 (1,00)	15	7,02	93
38	B3 38	50,60 – 51,60 (1,00)	10	7,15	39
39	B3 39	51,60 – 52,60 (1,00)	28	8,48	36
40	B3 40	52,60 – 53,60 (1,00)	23	7,48	40
41	B3 41	53,60 – 54,60 (1,00)	32	8,40	32
42	B3 42	54,60 – 55,60 (1,00)	32	7,46	40
43	B3 43	55,60 – 56,60 (1,00)	3	7,78	18
44	B3 44	56,60 – 57,60 (1,00)	36	8,52	42
45	B3 45	57,60 – 58,60 (1,00)	20	8,33	44
46	B3 46	58,60 – 59,60 (1,00)	21	7,22	90
47	B3 47	59,60 – 60,60 (1,00)	25	7,93	130
48	B3 48	60,60 – 61,60 (1,00)	22	6,39	40
49	B3 49	61,60 – 62,60 (1,00)	28	7,50	66
50	B3 50	62,60 – 63,60 (1,00)	35	9,11	37
51	B3 51	63,60 – 64,60 (1,00)	24	8,33	60
52	B3 52	64,60 – 65,60 (1,00)	48	8,84	60
53	B3 53	65,60 – 66,60 (1,00)	28	7,66	68
54	B3 54	66,60 – 67,60 (1,00)	48	10,28	70
55	B3 55	67,60 – 68,60 (1,00)	51	8,45	47
56	B3 56	68,60 – 69,60 (1,00)	64	10,16	38
57	B3 57	69,60 – 70,60 (1,00)	50	7,99	60
58	B3 58	70,60 – 71,60 (1,00)	50	8,77	66
59	B3 59	71,60 – 72,60 (1,00)	50	9,10	50
60	B3 60	72,60 – 73,60 (1,00)	50	9,37	57
61	B3 61	73,60 – 74,60 (1,00)	50	9,69	60
62	B3 62	74,60 – 75,60 (1,00)	2	10,09	6
63	B3 63	75,60 – 76,60 (1,00)	68	10,23	60
64	B3 64	76,60 – 77,60 (1,00)	74	11,43	36
65	B3 65	77,60 – 78,60 (1,00)	78	10,24	68
66	B3 66	78,60 – 79,60 (1,00)	50	13,34	65
67	B3 67	79,60 – 80,60 (1,00)	44	9,89	85
68	B3 68	80,60 – 81,60 (1,00)	56	10,22	84

Tabel 2 (lanjutan)  
 Hasil Analisa 'Retorting' dan Total Karbon Organik (TOC) Bitumen Padat Daerah Padanglawas

No.	No. Conto	Kedalaman {Tebal (M)}	Kandungan Minyak (Liter/Ton)	Kandungan Organik Karbon {TOC (%)}	Kandungan Air (Liter/Ton)
69	B3 - 69	81,60 - 82,60 (1,00)	52	14,36	85
70	B3 - 70	82,60 - 83,60 (1,00)	46	14,19	88
71	B3 - 71	83,60 - 84,60 (1,00)	17	13,80	0
72	B3 - 72	84,60 - 85,60 (1,00)	28	13,29	70
73	B3 - 73	85,60 - 86,60 (1,00)	26	14,80	84
74	B3 - 74	86,60 - 87,60 (1,00)	53	13,78	65
75	B3 - 75	87,60 - 88,60 (1,00)	65	11,69	44
76	B3 - 76	88,60 - 89,60 (1,00)	38	13,65	70
77	B3 - 77	89,60 - 90,60 (1,00)	30	13,29	80
78	B3 - 78	90,60 - 91,60 (1,00)	28	12,70	64
79	B3 - 79	91,60 - 92,60 (1,00)	40	11,47	60
80	B3 - 80	92,60 - 93,60 (1,00)	30	11,82	40
81	B3 - 81	93,60 - 94,60 (1,00)	40	12,07	22
82	B3 - 82	94,60 - 95,60 (1,00)	2	8,21	0
83	B3 - 83	95,60 - 96,60 (1,00)	10	8,54	8
84	B3 - 84	96,60 - 97,60 (1,00)	40	8,17	34
85	B3 - 85	97,60 - 98,60 (1,00)	43	13,08	56
86	B3 - 86	98,60 - 99,60 (1,00)	26	9,16	60
87	B3 - 87	99,60 - 100,60 (1,00)	24	9,02	60
88	B3 - 88	100,60 - 101,60 (1,00)	10	8,35	10
89	B3 - 89	101,60 - 102,00 (0,40)	60	8,98	26

Tabel 3  
 Hasil Analisa Rock Eval Bitumen Padat Daerah Padanglawas

No.	No. Conto	TMax	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> / S <sub>3</sub>	PI	PC	% TOC	HI	OI
1	B3 - 06	430	1,30	33,29	0,56	34,59	59,45	0,04	2,87	5,22	638	11
2	B3 - 14	431	0,69	9,64	0,48	10,33	20,08	0,07	0,86	3,15	306	15
3	B3 - 15	429	0,90	12,56	0,68	13,46	18,47	0,07	1,12	8,44	149	8
4	B3 - 26	437	1,13	23,92	0,35	25,05	68,34	0,05	2,08	7,15	335	5
5	B3 - 39	434	1,66	44,00	0,46	45,66	95,65	0,04	3,79	8,48	519	5
6	B3 - 42	432	1,64	45,68	0,68	47,32	67,18	0,03	3,93	7,46	612	9
7	B3 - 44	435	1,33	46,74	0,74	48,07	63,16	0,03	3,99	8,52	549	9
8	B3 - 54	433	1,95	63,19	0,82	65,14	77,06	0,03	5,41	10,28	615	8
9	B3 - 63	437	2,17	66,30	0,97	68,47	68,35	0,03	5,68	10,23	648	9
10	B3 - 89	438	0,76	38,35	1,09	39,11	35,18	0,02	3,25	8,98	427	12

Ket.  
 TMax. = Temperatur Maksimum S<sub>1</sub>; S<sub>1</sub> = Volatil Hidrokarbon; S<sub>2</sub> = Hydrocarbon Generating Potential; S<sub>3</sub> = Organik Karbon Dioxida;  
 S<sub>1</sub> + S<sub>2</sub> = Potential Yield; PI = Production Index; PC = Pyrolysable Carbon; TOC = Total Organic Carbon; HI = Hydrogen Index; OI = Oxygen Index.

Tabel 4  
 Hasil Analisis Gas Chromatography Bitumen Padat Daerah Padanglawas

Parameter	Conto	
	B3 - 65	B3 - 89
Pristane/Phytane	1,32	0,57
Pristane/nC17	0,17	0,07
Phytane/nC18	0,14	0,13
<b>n-Alkanes</b>		
A Total C25 C33-Odd	15,12	14,88
B Total C24 C32-Even	16,36	16,14
C Total C26 C34-Even	12,86	12,76
CPI	1,05	1,04
D Total C23 C27-Odd	13,44	13,05
E Total C25 C29-Odd	12,53	12,40
F Total C24 C28-Even	12,14	12,03
CPI	1,07	1,06

## POTENSI PANAS BUMI WILAYAH KABUPATEN BURU MALUKU

Oleh :

Sri Widodo, Kasbani, Bangbang Sulaeman, Edy Sumardi, Dede Iim

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi

### SARI

Pemunculan manifestasi panas bumi ditemukan di beberapa tempat pada tiga wilayah yaitu kecamatan Kecamatan Waeapo, Bata Bual, dan Kepala Madan. Jenis manifestasi berupa mata air panas bertemperatur 67.4 - 105.5 °C dan batuan ubahan. Di wilayah kecamatan Waeapo dan Kepala Madan juga ditemukan adanya manifestasi tanah panas bertemperatur 80 °C dan fumarol bertemperatur 42 °C.

Air panas daerah ini sebagian bersifat khlorida-bikarbonat, bikarbonat dan sulfat (asam). Terbentuknya fumarol dan air panas bertipe sulfat di wilayah ini diakibatkan oleh adanya penguapan dari air panas di bawah permukaan (dalam) yang bertemperatur tinggi dan kemudian terkondensasi sehingga membentuk uap panas yang terjebak di dekat permukaan (dangkal).

Perkiraan temperatur fluida reservoir di kecamatan Waeapo (Waesalit) berdasarkan berkisar antara 206 - 237 °C yang termasuk ke dalam reservoir entalpi tinggi. Untuk wilayah kecamatan Bata Bual (Waelawa) temperatur reservoir berkisar antara 145 - 165 °C, dan di kecamatan Kepala Madan (Waesekat) berkisar antara 149-164oC, keduanya termasuk ke dalam reservoir berentalpi sedang.

Potensi panas bumi pada tingkat spekulatif di tiga daerah yaitu prospek di wilayah Waeapo sebesar 75 MWe, wilayah Batabual sebesar 50 MWe, dan wilayah Kepala Madan sebesar 50 MWe.

Berdasarkan potensi diatas maka sumber daya panas bumi di kabupaten Buru ini dianggap berprospek baik untuk dikembangkan lebih lanjut

Kata kunci : manifestasi, potensi, prospek, fluida, entalpi, reservoir, pengembangan.

### ABSTRACT

*Geothermal manifestations found in districts of Waepao, Bata Bual, and Kepala Madan. Manifestations are of hot-spring with about 67.4 - 105.5 °C and wathered rocks. At Waepao and Kepala Madan were also found hot soil temperature of 80°C and 42°C fumarola.*

*Such hot springs have chloride-bicarbonated, bicarbonate dan sulphate that formed by hot water vaporation below the surface with high temperature which then condensated to become trapped hot steam on the nearest shallow surface.*

*Reservoir Fluids temperature at Waeapo (Waesalit) is about 206 - 237 °C that classified as high enthalpy reservoir. In Bata Bual (Waelawa) reservoir degree ranges from 145 - 165 °C, and at Kepala Madan (Waesekat) about 149-164oC, both classified as average enthalpy reservoir.*

*Speculative geothermal potential on those areas are: prospective at Waepao of about 75 Mwe, Batabual about 50 Mwe, and Kepala Madan of 50 Mwe. Based on the said information, Buru Regency has a prospective geothermal resources to be developed further.*

*Key words: Manifestations, potency, prospect, fluids, enthalpy, reservoir, development.*

### Pendahuluan

Pulau Buru secara administratif termasuk ke dalam Wilayah Kabupaten Buru, Provinsi Maluku dengan ibukota Namlea. Kabupaten Buru dibagi menjadi 10 kecamatan, yaitu Kecamatan Kepalamadan, Airbuaya, Wapelau, Namlea, Waeapo, Batabual, Namrole, Waesama, Leksula, dan Kecamatan Ambalau (Gambar 1).

Secara geografis pulau Buru berada pada koordinat 3°05' - 3°50' LS dan 125°59' - 127°16' BT.

Pulau ini dikelilingi oleh laut Seram di bagian utara

laut Banda di selatan, laut Buru di bagian barat dan selat Manipa di sebelah timur (Gambar 1).

Beberapa pulau-pulau kecil terdapat di sekitar Pulau Buru yaitu Pulau Ambalau, Fogi, Tomahu, Tengah, Oki, Batukapal Klasi, Nusa Gelatan, Pombo, Buntal, Pulau Panjang.

Akses untuk mencapai Pulau Buru dapat menggunakan kapal cepat atau feri dari Ambon sampai Namlea. Prasarana transportasi darat di wilayah Buru timur cukup banyak, tapi di wilayah barat masih terbatas

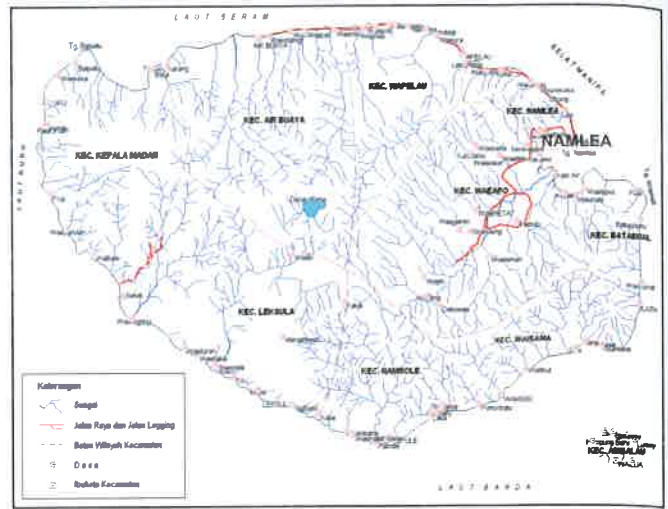
ketersediaannya.

Penduduk pulau Buru umumnya tinggal di wilayah pesisir yang suhu udaranya relatif tinggi, dengan suhu normal antara 25.2 s.d. 27.6°C. Suhu udara maksimum mencapai 35°C terjadi pada bulan Oktober, sedangkan suhu udara minimum mencapai 19.2°C pada bulan Juli. Kecepatan angin berkisar antara 6 - 8 knot, sedangkan kelembaban udara berkisar antara 73 - 88% dengan curah hujan berkisar antara 12 mm (September) sampai dengan 246 mm (Februari), dengan rata-rata sekitar 82.2 mm.

**Geologi**

Berdasarkan fisiografinya pulau Buru merupakan pulau terbarat dari Busur Banda Luar bagian utara yang tidak bergunungapi. Busur ini merupakan rangkaian pulau yang terbentang mengelilingi laut Banda, mulai dari pulau Buru memotong pulau Seram, kepulauan Tanimbar, pulau Timor sampai ke Pulau Sumba. Adapun busur Banda Dalam yang bergunungapi ter-bentang lebih kurang sejajar dengan busur Banda Luar, mulai dari pulau Ambalau melalui pulau Ambon, Banda, gunungapi Serua, Wetar sampai ke pulau Flores.

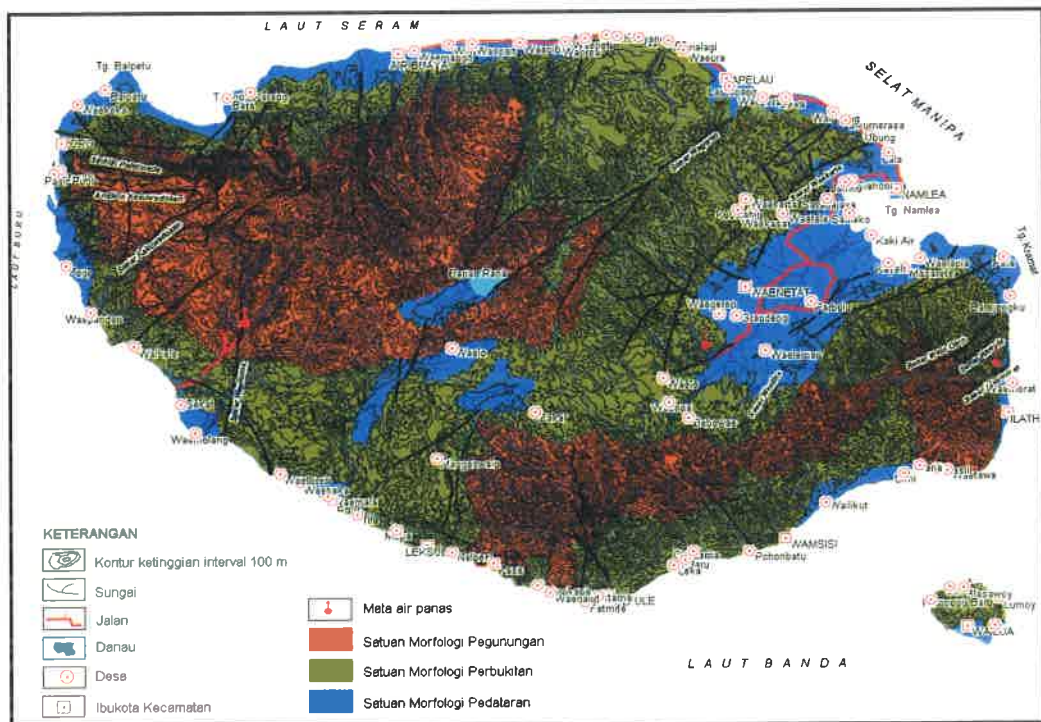
Topografi daerah ini secara umum cukup terjal terutama pada bagian tengah pulau (Gambar 2), bahkan di sebagian pantai utara barat dan selatan bertopografi gawir yang tajam. Pulau Buru dan Ambalau dikelilingi oleh laut yang kedalamannya lebih dari 5000 m dan berlereng terjal. Selat pemisah kedua pulau itu mencapai kedalaman lebih dari 100 m.



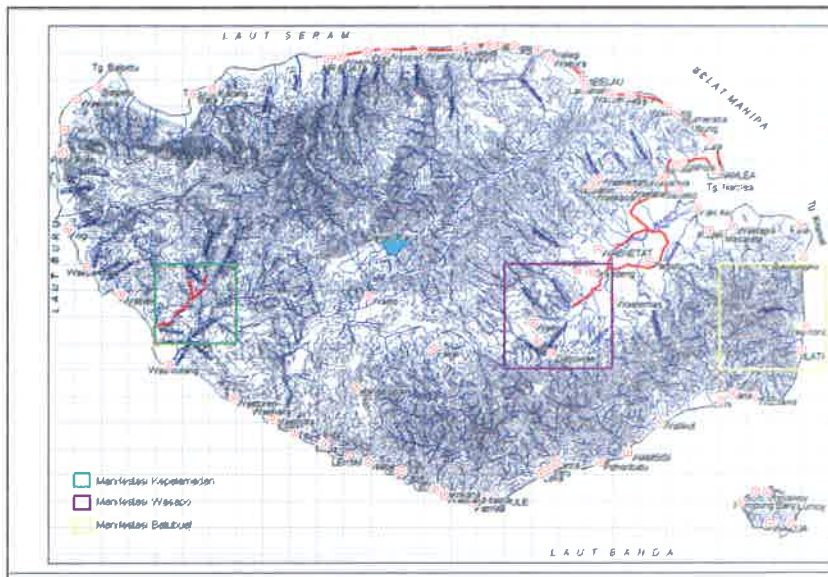
Gambar 1. Peta Wilayah Administrasi Kabupaten Buru

Morfologi pulau Buru secara umum dapat dibagi menjadi tiga satuan yaitu satuan pegunungan, perbukitan dan pedataran (Gambar 2).

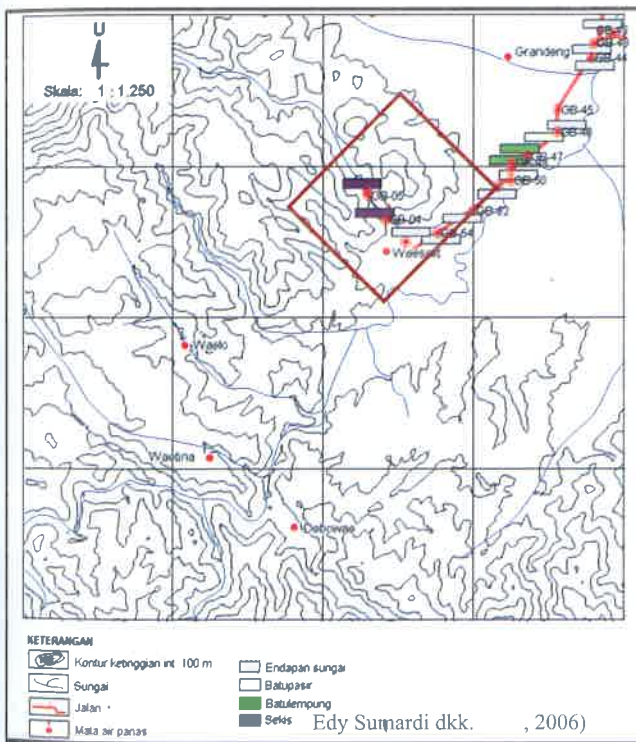
Morfologi satuan pegunungan memiliki lereng curam, sebagian merupakan daerah bertopografi kars berlereng sangat terjal yang banyak memiliki goa, lubang langgah (dolina), serta sungai bawah tanah. Sebagian lain dari satuan ini berupa puncak gunung yang antara lain adalah gunung Kaku Date (1576 m), Kaku Mortinafina (1831 m), dan Kaku Ghegan (2736 m). Satuan pegunungan ini membentang mulai dari tenggara, selatan, barat dan tengah, serta menempati sekitar 30% dari luas pulau Buru..



Gambar 2 Peta geomorfologi daerah pulau Buru



Gambar 3. Peta kelompok sebaran panas bumi wilayah Kabupaten Buru



Gambar 4. Peta sketsa lokasi panas bumi Waeapo



Foto 1. Fumarol di daerah Waealit

Morfologi satuan perbukitan tersebar di sekeliling morfologi pegunungan dan peralihan pegunungan ke pedataran di utara. Satuan ini membentuk rangkaian perbukitan membulat dan berlereng landai sampai agak curam, dengan ketinggian sampai 800 mdpl yang memanjang di bagian utara, tengah dan barat, tenggara dan barat daya pulau Buru dengan luas sekitar 40% dari luas pulau Buru.

Satuan pedataran meliputi dataran rendah dan lembah-lembah datar diantara gunung. Dataran rendah terhampar di pantai utara dan di sepanjang sungai besar seperti dataran Waeapo, dengan panjang mencapai 36 km dan

lebar sekitar 15 km. Dataran tinggi terdapat di sekitar Danau Rana dan Sungai Wae Lo.

Struktur geologi dan sejarah proses tektonik Pulau Buru sangat berpengaruh terhadap perkembangan garis pantai dan berperan dalam pembentukan sistim panas bumi wilayah ini.

Stratigrafi Pulau Buru menurut S. Tjokrosapoetro, dkk. (1993), terdiri dari batuan malihan, sedimen, terobosan, dan batuan gunungapi.

Batuan tertua, yang termasuk Kompleks Wahlua,



berumur Karbon Akhir - Perm Awal, tersusun oleh batuan malihan derajat menengah, berubah fasies dari sekis hijau sampai amfibolit bawah.

Batuan sedimen berumur Trias yang juga berupa endapan flysch adalah Formasi Dalam (TRd). Batugamping Formasi Ghegan (TRg) menindihnya secara tidak selaras. Kedua formasi itu berhubungan secara menjemari dan terendapkan dalam lingkungan litoral sampai neritik.

Pada jaman Jura terjadi kegiatan gunungapi, mungkin di bawah laut, yang menyebabkan terbentuknya Formasi Mefa (Jm) yang terdiri dari basal dan tuf yang dicirikan oleh adanya lava berstruktur bantal. Terobosan diabas yang tersingkap di bagian Timur pulau diperkirakan berhubungan dengan kegiatan gunungapi tersebut.

Secara regional geologi daerah pulau Buru (Gambar 3) berada di sebelah Barat Lembar Ambon dengan batuan yang ada di daerah penyelidikan terdiri dari batuan berumur mulai dari Perm (Permian) sampai Kuartar (S. Tjokrosapoetro, dkk. 1993).

### Prospek Panas Bumi

Wilayah Kabupaten Buru mempunyai tiga wilayah prospek panas bumi yang terdapat di Kecamatan Waeapo, Bata Bual, Kepala Madan yang dicirikan dengan keterdapatannya manifestasi panas bumi di daerah ini (lihat Gambar 3).

#### Penentuan wilayah prospek panas bumi

Penentuan luas prospek pada daerah panas bumi dengan tahap penyelidikan pendahuluan ditentukan melalui pengamatan manifestasi, bentuk topografi dan struktur yang dijumpai di sekitar wilayah prospek. Hal ini dilakukan karena belum terdapatnya data kebumiharian yang menunjang penentuan luas prospek secara lebih akurat. **Panas Bumi Waeapo**

Pada prospek panas bumi Waeapo ini dijumpai beberapa jenis manifestasi panas bumi yaitu mata air panas, tanah panas dan fumarol. Manifestasi berupa mata air panas dijumpai di dua lokasi yaitu di Waesalit-1 yang bertemperatur 101.5 °C (261.488 mT, 9.614.076 mU) dan Waesalit-2 yang bertemperatur 105.5 °C (261.475 mT, 9.614.122 mU) yang muncul di tepi Sungai Waekedang (Gambar 4). Mata air panas ini berada pada lingkungan batuan malihan (sekis), yang di sekitarnya terdapat aluvium, batu-pasir, batupasir konglomeratan, dan lempung.

Morfologi di sekitar manifestasi berupa satuan morfologi perbukitan bergelombang sedang, dengan ketinggian antara 10 - 200 mdpl.

Manifestasi lainnya berupa tanah panas (hot ground) Waesalit yang bertemperatur 80 °C. Di sekitar areal tanah

panas ini juga dijumpai batuan ubahan bermineral ilit, muskovit dan mineral belerang. Selain itu, terdapat manifestasi berupa fumarol (Foto 1) yang terdinginkan di Desa Wainetat (42°C), di tepi Sungai Waeapo di lingkungan aluvium pada posisi UTM : 279.700 mT, 9.627.770 mU, dan di Desa Debowai (40°C), yang muncul dari sela-sela endapan aluvium di Desa Debowai (278.879 mT dan 9.626.238 mU). Morfologi sekitar manifestasi fumarol berupa satuan pedataran yang tersusun oleh endapan sungai berupa kerakal, kerikil dan pasir lepas.

Perkiraan temperatur bawah permukaan Waesalit dengan menggunakan geotermometer SiO<sub>2</sub> (conductive-cooling) antara 234 - 237 °C termasuk ke dalam reservoir entalpi tinggi, dengan menggunakan geotermometer Na/K Giggenbach, berkisar antara 206 - 208 °C.

Berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis struktur, luas areal panas bumi Waeapo kurang lebih 6 km<sup>2</sup>. Dengan mengacu pada SNI 'Klasifikasi Potensi Panas Bumi' (No. 03-5012-1999), bahwa daya listrik yang dihasilkan darilapangan panas bumi berentalpi sedang pada luas 1 km<sup>2</sup> diasumsikan sebesar 12.5 MWe. Potensi spekulatif daerah ini adalah  $(Q) = 6 \times 12.5 \text{ MWe} = 75 \text{ MWe}$ .

### Prospek Panas Bumi Bata Bual

Prospek panas bumi di kecamatan Bata Bual ini ditandai dengan keberadaan manifestasi yang berupa mata air panas Waelawa-1 (67.8°C) dan Waelawa-2 (69.4°C) pada posisi UTM (303.539mT, 9.610.988 mU). Air panas ini muncul di tepi sungai Waelawa, dusun Waelawa, desa Waemorat pada batuan malihan (sekis) dan batuan basal-andesitik, yang di sekitarnya terdapat endapan aluvium, batugamping, dan lempung (Gambar 5).

Morfologi sekitar manifestasi berupa satuan morfologi perbukitan bergelombang sedang, dengan ketinggian antara 10 - 200 mdpl. Manifestasi lainnya berupa batuan ubahan yang mengandung mineral ilit, muskovit dan opal.

Perkiraan temperatur bawah permukaan Waelawa dengan menggunakan geotermometer SiO<sub>2</sub> (conductive-cooling) berkisar antara 145 - 146 °C, termasuk ke dalam entalpi sedang. Sedangkan dengan geotermometer Na/K Giggenbach, nilai temperatur bawah permukaannya berkisar antara 163 - 165 °C.

Luas prospek panas bumi di kecamatan Bata Bual diperkirakan 4 km<sup>2</sup>, dengan asumsi bahwa rapat daya pada luas 1 km<sup>2</sup> adalah 12.5 MWe (SNI No. 03-5012-1999), maka potensi secara spekulatif daerah Bata Bual bernilai  $(Q) = 4 \times 12.5 \text{ MWe} = 50 \text{ MWe}$ .

### Prospek Panas Bumi Kepala Madan

Manifestasi yang dijumpai di wilayah kecamatan Kepala Madan terdiri dari mata air panas Waesekat-1 dengan

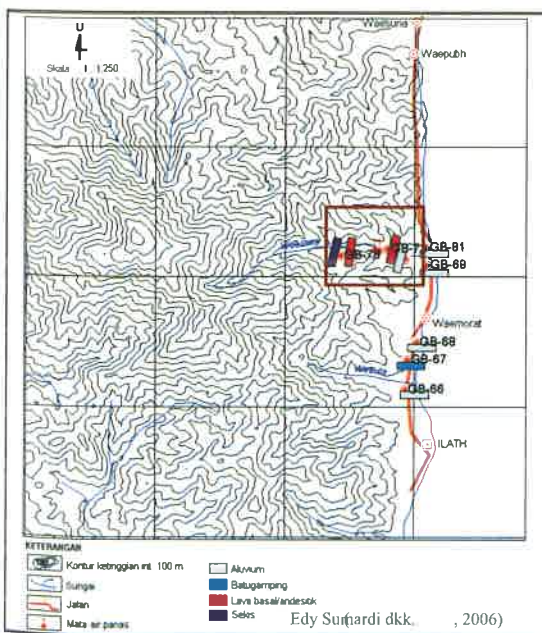
emperatur 90.8°C pada posisi UTM: 261.488 mT, 9.614.076 mU dan Waesekat-2 dengan temperatur 86.7°C pada posisi 194.795 mT, 9.617.963 mU, serta Waesekat-3 dengan temperatur 67.4 °C pada posisi 194.424 mT, 9.617.724 mU. Ketiga mata air panas ini muncul di tepi Sungai Waenoso yang muncul melalui lapisan tuf bersisipan lava basal Formasi Mefa, sekitarnya berupa konglomerat dan batugamping, batugamping dan batupasir selang-seling serpih.

Manifestasilain berupa tanah panas, fumarola, dan kolam lumpur panas dengan temperatur berkisar antara 96.3 - 97.1 °C. Selain itu terdapat batuan ubahan mengandung mineral lempung (ilit), tuf yang tersilisifikasi, dan sinter karbonat pada ketiga mata air panas (Gambar 6).

Secara umum, mata air panas muncul melalui struktur kekar yang terdapat pada tuf sisipan lava yang berada pada zona breksiasi. Manifestasi tersebut tersebar di sepanjang dinding sungai Waenoso sepanjang + 1 km dengan lebar + 0.5 km. Kemunculannya sendiri diduga dipengaruhi oleh sesar mendatar Waekuma yang berarah N 135° E/41° dengan pitch 11°, yang memanjang dari arah selatan.

Perkiraan temperatur bawah permukaan Waesekat dengan menggunakan geotermometer SiO<sub>2</sub> (conductive-cooling) berkisar antara 149-151oC, dengan geotermometer Na/K Giggenbach temperatur bawah permukaannya berkisar antara 160 164 oC, yang digolongkan ke dalam reservoir berentalpi sedang, sehingga asumsi daya listrik persatuan luas adalah 12.5 MWe/km<sup>2</sup>.

Morfologi sekitar manifestasi berupa satuan morfologi pegunungan dengan ketinggian 1500 2000 mdpl, tersusun oleh batupasir, konglomerat, batugamping, tuf, dan lava basal.

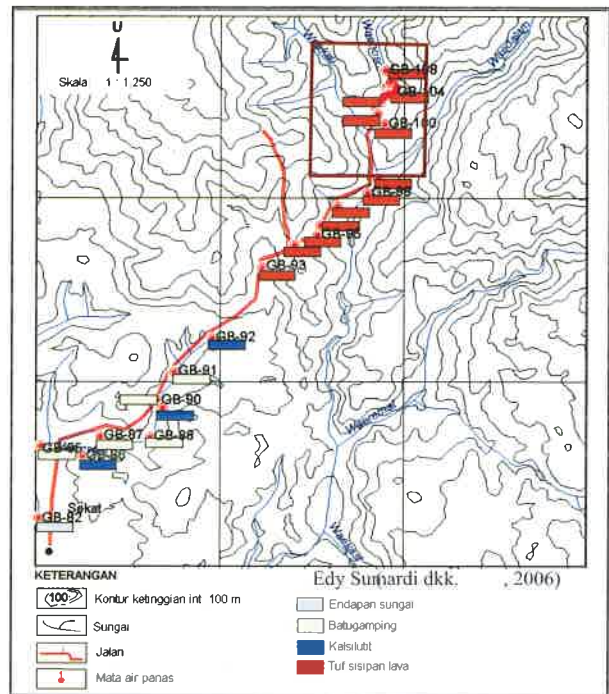


Gambar 5. Peta sketsa lokasi panas bumi Bata Bual

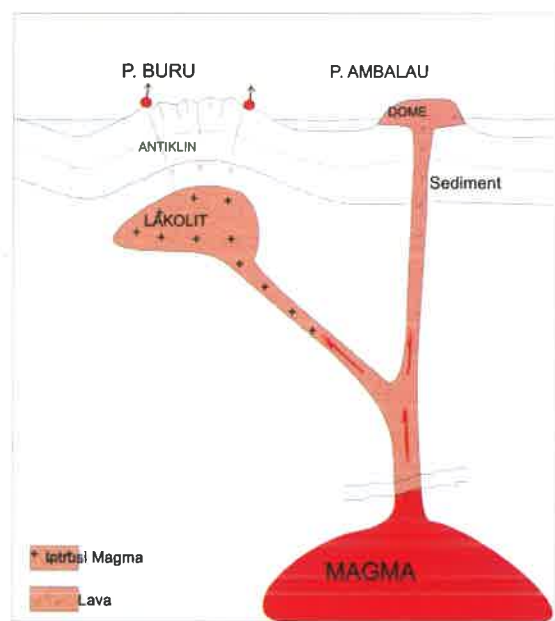
Berdasarkan perkiraan luas manifestasi dan didukung dengan analisis struktur maka didapat luas daerah prospek di wilayah Kepala Madan sekitar 4 km<sup>2</sup>. Potensi energi panas bumi tingkat spekulatif di wilayah kecamatan Kepala Madan adalah (Q) = 4 x 12.5 MWe = 50 MWe.

**Model Panas Bumi Pulau Buru**

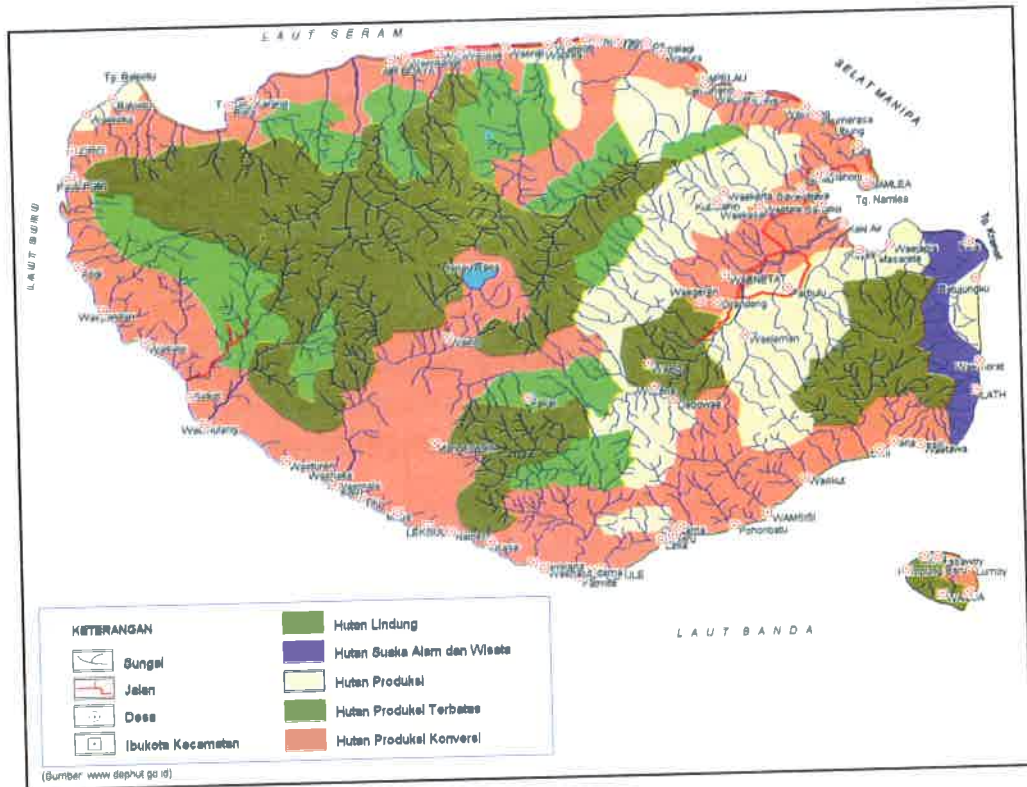
Litologi P. Buru menurut S. Tjokrosoepetro, dkk. (1993), terdiri dari batuan malihan, sedimen, terobosan, dan batuan gunungapi. Diduga keberadaan terobosan diabas yang tersingkap di bagian Timur pulau dan gunungapi sangat berperan dalam pembentukan sistem panas bumi daerah P. Buru (Gambar 7). Batuan terobosan tersebut mendorong



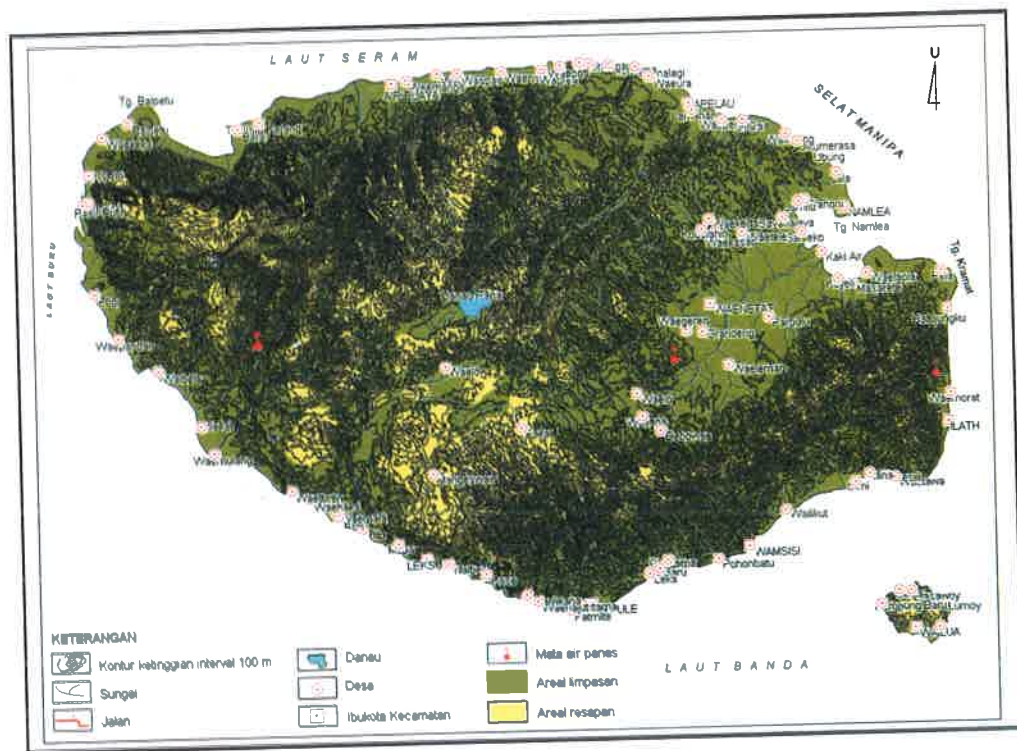
Gambar 6. Peta sketsa lokasi panas bumi Kepala Madan



Gambar 7. Model Pembentukan Sistem Panas Bumi P. Buru



Gambar 8. Peta Tata Guna Lahan Kabupaten



Gambar 9. Peta sebaran areal resapan dan limpasan

Berdasarkan perkiraan luas manifestasi dan didukung dengan analisis struktur maka didapat luas daerah prospek di wilayah Kepala Madan sekitar 4 km<sup>2</sup>. Potensi energi panas bumi tingkat spekulatif di wilayah kecamatan Kepala Madan adalah  $(Q) = 4 \times 12.5 \text{ MWe} = 50 \text{ MWe}$ .

batuan sedimen ke atas sehingga terbentuk perlipatan di wilayah P. Buru. Panas yang dibawa oleh batuan terobosan kemudian memanaskan air tanah yang terjebak pada suatu lapisan berpori dan permeabel sehingga membentuk sistem reservoir panas bumi. Air panas tersebut kemudian naik ke permukaan melalui struktur dan zona lemah yang akhirnya muncul sebagai manifestasi air panas.

#### Karakteristik fluida dan batuan ubahan

Tipe air panas di wilayah Pulau Buru umumnya merupakan tipe air klorida bikarbonat yang berasal dari air magmatik, seperti mata air panas Waesekat dan Waesalit. Mata air panas Air Mandidi termasuk ke dalam tipe air bikarbonat, dan air panas Waelawa termasuk ke dalam tipe air klorida.

Tipe lain adalah tipe air sulfat asam seperti yang terjadi pada mata air panas Debowae. Air panas bertipe sulfat (asam) berasal dari magma dengan temperatur sangat tinggi yang naik ke permukaan dalam bentuk uap. Uap tersebut dalam perjalanannya mengalami pendinginan oleh penurunan temperatur secara vulkanik, sehingga hanya CO<sub>2</sub> dan gas sulfur yang tersisa di dalam uap yang naik ke permukaan melalui rekah-rekah batuan.

Mata air panas di daerah Waesekat, Waesalit dan Waelawa dalam diagram segitiga Na/1000-K/100-Mg menunjukkan posisi pada zona partial equilibrium. Mata air panas Waelawa, Debowae dan Air Mandidi kemungkinan dipengaruhi oleh air permukaan dibuktikan keberadaannya pada zona immature waters.

Batuan ubahan di daerah pulau Buru umumnya didominasi oleh mineral Illite. Mineral ubahan yang bersifat lempung ini terjadi akibat adanya interaksi antara fluida hidrothermal yang bersifat asam (pH rendah) dengan batuan induk.

#### DISKUSI

Berdasarkan hasil penyelidikan yang telah ada daerah panas bumi di wilayah pulau Buru ini cukup menarik untuk dikembangkan. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam mendukung pengembangan panas bumi wilayah pulau Buru antara lain berikut ini.

- Jenis manifestasi di daerah pulau Buru cukup bervariasi yang meliputi mata air panas, tanah panas, fumarol dan kolam lumpur panas serta batuan ubahan.
- Temperatur air panas dan fumarol berkisar antara 67.4 - 105.5 °C.

c. Fluida panas bumi daerah ini bertipe klorida bikarbonat yang berasal dari air meteorik dan erat hubungannya dengan sumber panas bumi (Bangbang Sulaeman, 2006).

d. Tipe reservoir entalpi tinggi yang diindikasikan oleh temperatur bawah permukaan (geotermometri) yang tinggi antara 234 - 237 °C di daerah Waesalit (Waeapo). Faktor-faktor diatas menunjukkan perlunya kegiatan survei lanjutan untuk mendapatkan data selengkap mungkin, sehingga dengan diperkuat kesiapan Daerah maka panas bumi di wilayah ini dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik ataupun keperluan langsung lainnya.

#### Peluang pemanfaatan energi panas bumi

Untuk memperkuat perlunya pengembangan energi panas bumi untuk listrik dan non listrik di wilayah pulau Buru, dibawah ini disajikan beberapa faktor yang bersifat 'peluang'.

##### a. Kelistrikan

Sebagian besar kebutuhan listrik di Kabupaten Buru dipenuhi oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero). Secara operasional produksi listrik PLN berasal dari 5 unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan total daya terpasang sebanyak 8.072 kW. Dengan daya listrik sebesar ini, belum semua wilayah (terutama pedesaan) tersambung dengan jaringan listrik PLN. Oleh karena itu, sebagian masyarakat mengusahakannya secara swasembada.

Kondisi ini memberikan peluang pada listrik yang dibangkitkan dengan energi panas bumi untuk memenuhi kekurangan daya tersebut, apalagi bila daerah ini akan mengembangkan sektor perindustrian yang pasti akan membutuhkan pasokan listrik yang cukup besar.

##### b. Manfaat non listrik

Pemanfaatan energi untuk keperluan non listrik dapat difokuskan pada pemanasan untuk pengeringan hasil pertanian, perkebunan, dan perikanan. Sektor pertanian di daerah ini menghasilkan padi (sawah dan ladang), jagung, ubi kayu, ubi jalar, kacang tanah, dan kedelai. Tanaman sayuran meliputi cabe, bawang merah, tomat, bayam, kubis, kangkung, labu siam, terong, kacang panjang, dan buncis. Jenis buah-buahan yang banyak dihasilkan adalah pisang, mangga, dan durian. Hasil perkebunan rakyat didominasi oleh cengkeh, kelapa, coklat, dan jambu mente serta vanili.

Wilayah kehutanan di wilayah ini terdiri dari hutan lindung, hutan produksi, serta hutan suaka dan wisata (Gambar 8). Luas hutan lindung sampai tahun 2004 sebesar 155.396 Ha, hutan produksi terbatas 333.452 Ha, hutan produksi tetap 159.678 Ha, dan hutan produksi yang dapat dikonversi sebesar 175.717 Ha. Sisanya, seluas 8.817 Ha merupakan hutan suaka dan wisata, sedangkan sekitar 272.246 Ha merupakan lahan kritis. Pada sektor perikanan,

sampai dengan tahun 2004 daerah ini menghasilkan ikan laut sebesar 16.225.360 ton/tahun.

Pemanfaatan lainnya adalah untuk sektor peternakan yang digunakan antara lain pasteurisasi susu ternak, dan penetasan telur unggas. Hasil sektor peternakan daerah ini meliputi ternak sapi, kambing, kerbau, kuda, babi, itik, dan ayam ras. adalah immature, berkisar dari 0.20 0.30 %, sesuai dengan data Rock-eval pirolisis (Tmax dan CPI).

Kandungan minyak hasil analisa 'retort' bervariasi, dengan kisaran dari 3 sampai 78 liter per ton batuan, dengan rata-rata 27 liter per ton batuan.

- Diagram plot HI terhadap OI dari analisis Rock-eval pirolisis memperlihatkan bahwa material organik sebagai source (batuan induk) hidrokarbon dikategorikan sebagai penghasil minyak (oil prone) kerogen tipe II dimana material organik dominan adalah alginit dan liptinit.
- Semua hasil analisis saling mendukung dan melengkapi bahwa bitumen padat diendapkan pada lingkungan lakustrin yang dipengaruhi marin dan tingkat kematangan material organik yang rendah.
- Sumber daya batuan bitumen padat 2.801.176.772 ton (hipotetik) dan sumber daya minyak sekitar 421.483.922 barrel minyak mentah (hipotetik) dengan luas sekitar 1.354 Ha.

## SARAN

Beberapa hal sebagai bahan pertimbangan selanjutnya, antara lain :

Besarnya potensi sumber daya bitumen padat, tingginya kandungan organik, lapisan dekat permukaan, prasarana kesampaian daerah yang relatif mudah, maka daerah kajian layak dipertimbangkan untuk dijadikan sebagai suatu 'pilot project' penghasil minyak (shale oil) sebagai langkah awal dalam penelitian serpih bitumen/bitumen padat untuk sumber energi alternatif.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Sukardjo, Kepala Kelompok Kajian Energi Fosil, Pusat Sumberdaya Geologi. Hari Puranto yang membuat dan mengedit gambar-gambar disampaikan terimakasih. Kepada Syufra Ilyas tidak lupa disampaikan terimakasih atas diskusi yang dilakukan.

Khususnya kepada Herudiyanto yang melakukan analisa petrografi, memperbaiki naskah dan diskusi disampaikan terimakasih. Terakhir ucapan terimakasih disampaikan kepada para kolega di Pokja Energi Fosil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, van R.W., 1949. The Geology of Indonesia. Vol. IA. The Hague. Netherlands.
- Badan Standardisasi Nasional, 1999. Standar Nasional : Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia. No. SNI 03-5012-1999.
- Giggenbach, W.F., 1988. Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg-Ca Geo-Indicators. *Geochemica Acta* 52. pp. 2749-2765.
- Tim penyelidikan wilayah pulau Buru, 2006. Laporan Penyelidikan pendahuluan Geologi dan Geokimia wilayah Kabupaten Buru, Provinsi Maluku. Pusat Sumber Daya Geologi. Laporan. Tidak dipublikasikan.
- Wohletz, K., and Heiken G., 1992. *Volcanology and Geothermal Energy*. University of California Press, Oxford, England. p. 192-194.

## KLASIFIKASI POTENSI ENERGI PANAS BUMI DI INDONESIA

### 1. RUANG LINGKUP

Standardisasi ini merupakan pedoman untuk mengklasifikasi potensi energi panas bumi berdasarkan hasil penyelidikan geologi, geokimia dan geofisika, teknik reservoir serta estimasi kesetaraan listrik.

### 2. ACUAN

Acuan utama yang digunakan dalam penyusunan Standar Nasional Klasifikasi Potensi Panas Bumi di Indonesia adalah hasil Kerja Tim Kecil Kelompok Kerja Panitia Teknis Panas Bumi Departemen Pertambangan dan Energi, tahun 1994. Beberapa acuan lain yang digunakan yaitu :

McKelvey, V.E 1972. Mineral Resource Estimates And Public Policy. America Sci, Vol 60. Issue 1, pp. 32-40.

Principles of Resources/Reserve Classification for Minerals, US Bureau of Mines and US Geological Survey Circular 831, 1980.

United Nations Internasional Framework Classification for Reserves/Resources-solid Fuels and Mineral Commodities. 1996.

### 3. DEFINISI

Klasifikasi potensi energi panas bumi adalah pengklasifikasian potensi energi panas bumi berdasarkan hasil penyelidikan geologi, geokimia dan geofisika, teknik reservoir, serta estimasi kesetaraan listrik.

### 4. PERISTILAHAN

Cadangan panas bumi	: Jumlah kandungan panas yang tersimpan di bawah permukaan dan diestimasi dengan ilmu-ilmu kebumihan, kelistrikan yang dapat dimanfaatkan dalam waktu tertentu
Daerah panas bumi	: daerah yang mempunyai indikasi adanya potensi panas bumi
Fumarol	: Embusan uap air (H <sub>2</sub> O) melalui lubang atau celah, umumnya di daerah vulkanik
Kubangan Lumpur panas	: Jenis manifestasi panas bumi yang berupa kubangan Lumpur dengan suhu lebih besar dari suhu air setempat dipermukaan
Klasifikasi sumber daya panas bumi	: Pengklasifikasian potensi panas bumi hasil pengumpulan, penyaringan, pengolahan serta interpretasi data dan informasi dari suatu daerah panas bumi baik dipermukaan maupun bawah permukaan untuk mendapatkan gambaran awal mengenai kemungkinan ketersediaan energi panas bumi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi, didasarkan pada hasil penyelidikan pendahuluan dan pendahuluan lanjutan.
Klasifikasi cadangan panas bumi	: Pengklasifikasian potensi panas bumi hasil pengumpulan, penyaringan, pengolahan serta interpretasi data dan informasi panas bumi baik di permukaan maupun dibawah permukaan dari suatu daerah, untuk mendapatkan gambaran mengenai besarnya potensi panas bumi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi berdasarkan hasil prastudi kelayakan dan diidentifikasi dengan sumur eksplorasi serta dibuktikan dengan sumur uji delineasi.
Lapangan panas bumi	: daerah yang berpotensi panas bumi dan memungkinkan untuk diusahakan secara

Mala air panas	: tempat keluarnya air tanah yang bersuhu lebih tinggi dari pada suhu udara sekitarnya, yang keluar secara alami di permukaan.
Manifestasi panas bumi	: gejala di permukaan yang merupakan ciri terdapatnya potensi energi panas bumi.
Natural heat loss	: nilai kehilangan panas dari sumber panas bumi di permukaan.
Penyelidikan terpadu	: penyelidikan yang dilakukan dengan berbagai metoda sehingga dapat menyajikan informasi secara terpadu.
Peta geologi pendahuluan	: peta geologi yang dibuat pada tahap penyelidikan pendahuluan lanjutan dengan skala 1 : 25.000 sampai dengan 1 : 50.000.
Peta geologi rinci	: peta geologi yang dibuat pada tahap penyelidikan rinci dengan skala 1 : 5.000 sampai dengan 1 : 10.000.
Peta geologi tinjau	: peta geologi yang dibuat berdasarkan hasil peninjauan lapangan.
Potensi energi panas bumi	: besarnya energi yang tersimpan pada suatu daerah/lapangan panas bumi setelah diestimasi dengan ilmu-ilmu kebumihan dan atau pengujian sumur.
Reservoir panas bumi	: wadah di bawah permukaan yang bersifat sarang dan berdaya lulus terhadap fluida, dapat menyimpan fluida panas serta mempunyai temperature dan tekanan dari system panas bumi.
Sistem panas bumi	: adalah system energi panas bumi yang memenuhi criteria geologi, hidrogeologi dan <i>heat transfer</i> yang cukup, terkonsentrasi untuk membentuk sumber daya energi.
Solfatar	: hembusan gas gunung api terutama mengandung gas H <sub>2</sub> S dan endapan belerang.

## 5. KLASIFIKASI POTENSI

### 5.1 Dasar-dasar Estimasi Potensi Energi Panas Bumi

Estimasi potensi energi panas bumi ini didasarkan pada kajian ilmu geologi, geokimia, geofisika dan teknik reservoir.

Kajian geologi lebih ditekankan pada system vulkanis, struktur, struktur geologi, umur batuan, jenis dan tipe batuan ubahan dalam kaitannya dengan system panas bumi.

Kajian geokimia ditekankan pada tipe dan tingkat maturasi air, asal mula air panas, model hidrologi dan system fluidanya.

Kajian geofisika menghasilkan parameter fisis batuan dan struktur bawah permukaan dari system panas bumi.

Kajian teknik reservoir menghasilkan fase teknik yang mendefinisikan klasifikasi cadangan termasuk sifat fisis dari batuan dan fluida serta perpindahan fluida dari reservoir.

Dari keempat kajian tersebut diatas diperoleh potensi energi dan model system panas bumi.

### 5.2 Metoda Estimasi Potensi Energi Panas Bumi

Estimasi potensi energi panas bumi dapat dilakukan dengan cara :

- Mengestimasi kehilangan panas (natural heat loss) yang dilakukan pada awal eksplorasi.
- Membandingkan dengan daerah panas bumi lain yang mempunyai kemiripan lapangan dan telah diketahui

potensinya.

- c) Mengestimasi energi panas yang terkandung dalam batuan maupun fluida.
- d) Mengestimasi kandungan massa fluida dengan memperhitungkan energi panas yang terdapat dalam fluida (air panas maupun uap).

### 5.1 Tahapan Penyelidikan dan Pengembangan Panas Bumi

Tahapan penyelidikan dan pengembangan panas bumi yang berkaitan dengan klasifikasi potensi energi (lihat alur kegiatan penyelidikan dan pengembangan panas bumi dan lampiran) adalah sebagai berikut :

#### 5.1.1 Penyelidikan Pendahuluan/Rekonaisan

Kegiatan ini meliputi studi literature dan peninjauan lapangan (geologi, geokimia). Dari penyelidikan ini akan diperoleh peta geologi tinjau dan sebaran manifestasi (seperti : air panas, steaming ground, tanah panas, fumarol, solfatar), suhu fluida permukaan dan bawah permukaan serta parameter panas bumi lainnya yang berguna untuk panduan penyelidikan selanjutnya.

#### 5.1.2 Penyelidikan Pendahuluan Lanjutan

Dalam penyelidikan pendahuluan lanjutan ini dilakukan penyelidikan geologi, geokimia dan geofisika.

Penyelidikan geologi dilakukan dengan pendataan dari udara dan permukaan yang menghasilkan peta geologi pendahuluan lanjutan, dilengkapi dengan penyelidikan geohidrologi dan hidrologi yang menghasilkan peta hidrogeologi.

Penyelidikan geokimia meliputi pengamatan visual, pengambilan contoh dan analisis kimia air, gas serta tanah. Hasilnya berupa peta anomali unsur-unsur kimia yang terkandung di dalam air, gas dan tanah, jenis fluida bawah permukaan, asal-usul fluida serta system panas bumi.

Penyelidikan geofisika yang digunakan adalah pemetaan geofisika dan menghasilkan peta geofisika dengan interval yang memungkinkan untuk dibuat kontur.

#### 5.1.1 Penyelidikan Rinci

Penyelidikan rinci dilakukan berdasarkan rekomendasi dari penyelidikan sebelumnya, yang lebih dititik-beratkan pada penyelidikan ilmu kebumian terpadu (geologi, geokimia, geofisika) dan dilengkapi pemoran landaian suhu.

Pada penyelidikan geologi dilakukan pemetaan geologi rinci dengan skala yang lebih besar dari pada peta pendahuluan lanjutan, termasuk didalamnya pemetaan batuan ubahan.

Penyelidikan geokimia dilakukan dengan interval titik yang lebih rapat dan lokasi penyelidikannya lebih

terarah berdasarkan hasil penyelidikan sebelumnya. Hasilnya berupa peta anomaly unsure kimia dan model hidrologi.

Penyelidikan geofisika dilakukan dengan cara pemetaan dan pedugaan yang menghasilkan peta anomaly dan penampang tegak pedugaan sifat fisis batuan.

Pada sumur landaian suhu dilakukan juga penyelidikan geologi, geokimia dan geofisika, yang menghasilkan penampang batuan, sifat fisis serta kimia batuan dan fluida sumur.

Analisis data terpadu dalam tahap penyelidikan ini menghasilkan model panas bumi tentative dan saran lokasitik bor eksplorasi.

#### 5.3.4 Pengeboran Eklorasi (wildcat)

Pengeboran eklorasi (wildcat) adalah kegiatan pengeboran yang dibuat sebagai upaya untuk mengidentifikasi hasil penyelidikan rinci sehingga diperoleh gambaran geologi, data fisis dan kimia bawah permukaan serta kualitas dan kuantitas fluida.

#### 5.3.5 Prastudi Kelayakan

Kajian mengenai potensi panas bumi berdasarkan ilmu kebumian dan kelistrikan yang merupakan dasar untuk pengembangan selanjutnya.

#### 5.3.6 Pengeboran Delineasi

Kegiatan pada tahap ini adalah pengeboran eklorasi tambahan yang dilakukan untuk mendapatkan data geologi, fisik dan kimia reservoir serta potensi sumur dari suatu lapangan panas bumi.

#### 5.3.7 Studi Kelayakan

Kajian mengenai kelistrikan dan evaluasi reservoir untuk menilai kelayakan pengembangan lapangan panas bumi dilengkapi dengan rancangan teknis sumur produksi dan perancangan system pembangkit tenaga listrik.

#### 5.3.8 Pengeboran Pengembangan

Jenis kegiatan yang dilakukan adalah pengeboran sumur produksi dan sumur injeksi untuk mencapai target kapasitas produksi. Pada tahap pengeboran pengembangan ini dilakukan pengujian seluruh sumur yang ada sehingga menghasilkan kapasitas produksi.

#### 5.3.9 Pemanfaatan Panas Bumi

Panas bumi dapat dimanfaatkan dengan dua cara yaitu cara pemanfaatan langsung dan tidak langsung.

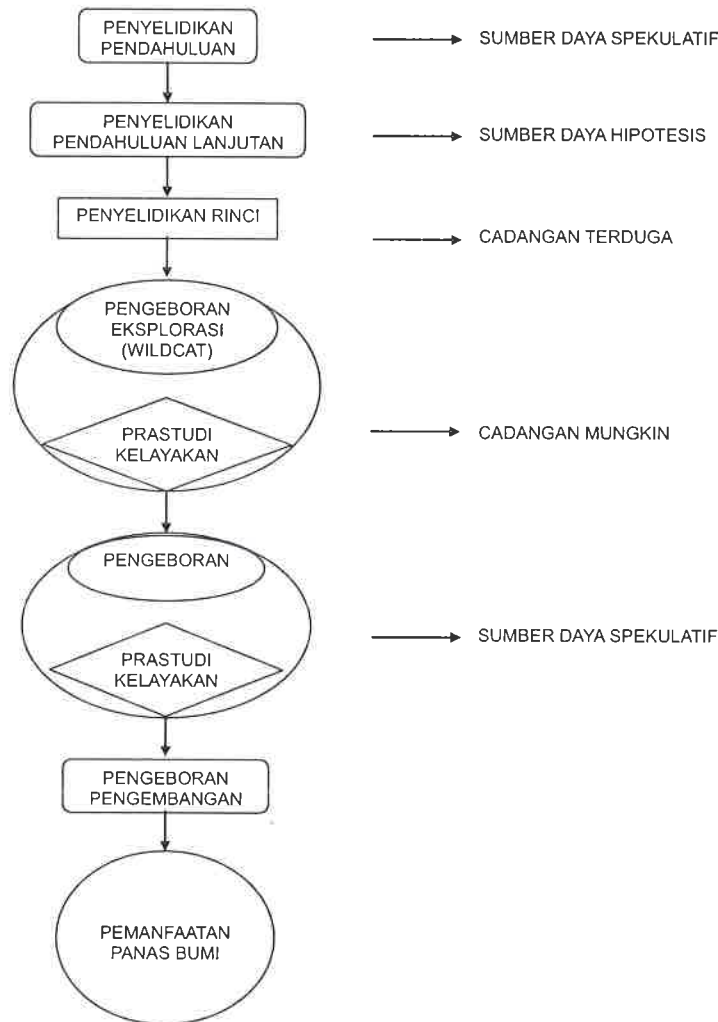
##### 5.3.9.1 Pemanfaatan Langsung

Pemanfaatan langsung adalah pemanfaatan fluida panas bumi untuk keperluan nonlistrik.

##### 5.3.9.2 Pemanfaatan Tidak Langsung

Pemanfaatan tidak langsung adalah pemanfaatan energi panas bumi sebagai pembangkit tenaga listrik.

ALUR KEGIATAN  
PENYELIDIKAN DAN PENGEMBANGAN PANAS BUMI



**5.4 Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi**

Klasifikasi ini dibuat berdasarkan tahapan penyelidikan yang dilakukan pada suatu daerah atau lapangan panas bumi. Tahapan penyelidikan pendahuluan menghasilkan klasifikasi sumber daya, sedangkan tahapan penyelidikan rinci menghasilkan klasifikasi cadangan.

**5.4.1 Klasifikasi Sumber Daya**

Sumber daya panas bumi dibagi dalam dua kelas yaitu : kelas spekulatif dan hipotesis.

**5.4.1.1 Kelas Sumber Daya Spekulatif**

Kelas sumber daya spekulatif adalah kelas sumber daya yang estimasi potensinya didasarkan pada studi literatur serta penyelidikan pendahuluan.

**5.4.1.2 Kelas Sumber Daya Hipotesis**

Kelas sumber daya hipotesis adalah kelas sumber daya yang estimasi potensinya didasarkan pada hasil penyelidikan pendahuluan lanjutan.

**5.4.2 Klasifikasi Cadangan**

Cadangan panas bumi dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas yaitu : Kelas terduga, mungkin dan terbukti.

**5.4.2.2 Kelas Cadangan Mungkin**

Kelas cadangan mungkin adalah kelas cadangan yang estimasi potensinya didasarkan pada hasil penyelidikan rinci dan telah diidentifikasi dengan bor eksplorasi (wildcat) serta hasil prastudi kelayakan.

**5.4.2.3 Kelas Cadangan Terbukti**

Kelas cadangan terbukti adalah kelas cadangan yang estimasi potensinya didasarkan pada hasil penyelidikan rinci, diuji dengan sumur eksplorasi, delineasi dan pengembangan serta dilakukan studi kelayakan.

**6. PELAPORAN**

Dokumen klasifikasi potensi energi panas bumi di wilayah Indonesia ini disimpan di instansi yang ditunjuk.



LAMPIRAN  
Matriks Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi

KLASIFIKASI	TINGKAT PENELITIAN	METODE/KEGIATAN	KELUARAN
Sumber Daya Spekulasi	I. Penyelidikan Pendahuluan	Studi literatur dan tinjauan lapangan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peta geologi tinjau dan sebaran manifestasi</li> <li>2. Suhu Fluida di Permukaan</li> <li>3. Suhu bawah permukaan (estimasi)</li> <li>4. Potensi sumber daya spekulatif</li> </ol>
Sumber Daya Hipotetis	II. Penyelidikan Pendahuluan Lanjutan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geologi</li> <li>2. Geokimia</li> <li>3. Geofisika (Pemetaan)</li> <li>4. Geohidrologi &amp; Hidrologi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peta geologi pendahuluan</li> <li>2. <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Peta geologi pendahuluan</li> <li>b. Tipe fluida dan</li> <li>c. Sistem panas bumi</li> </ol> </li> <li>3. Peta geofisika</li> <li>4. Peta hidrogeologi</li> <li>5. Potensi sumber daya hipotetis</li> </ol>
Cadangan Terduga	III. Penyelidikan Rinci	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geologi : <ol style="list-style-type: none"> <li>a. permukaan</li> <li>b. bawah permukaan</li> </ol> </li> <li>2. geokimia : <ol style="list-style-type: none"> <li>a. permukaan</li> <li>b. bawah permukaan</li> </ol> </li> <li>3. Geofisika <ol style="list-style-type: none"> <li>a. pemetaan</li> <li>b. pendugaan</li> <li>c. logging (landaian suhu)</li> </ol> </li> <li>4. Pengeboran Landaian Suhu</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Peta geologi rinci</li> <li>b. Peta zona ubahan</li> <li>c. Peta struktur geologi</li> <li>d. Peta identifikasi bahaya geologi</li> <li>e. Penampang batuan sumur landaian suhu</li> </ol> </li> <li>2. <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Peta anomali kimia</li> <li>b. Model hidrologi</li> </ol> </li> <li>3. <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Peta anomali dan penampang tegak pendugaan sifat fisis batuan</li> <li>b. Sifat fisis batuan dan fluida sumur landaian suhu</li> </ol> </li> <li>4. Sumur landaian suhu</li> <li>5. Model panas bumi tentatif</li> <li>6. Saran dan lokasi titik bor eksplorasi</li> <li>7. Potensi cadangan terduga</li> </ol>

(LANJUTAN)

Cadangan Mungkin	IV. Pengeboran Eksplorasi	1. Pengeboran Eksplorasi 2. Geologi 3. Pengujian sumur (geokimia, geofisika)	1. Sumur eksplorasi 2. Model geologi bawah permukaan 3. Zona ubahan 4. Sifat fisis dan kimia unsur Model panas bumi tentatif 5. Potensi sumur eksplorasi
	V. Prastudi Kelayakan	Evaluasi potensi	1. Potensi cadangan mungkin 2. Pemanfaatan langsung atau tidak langsung 3. Rencana pengembangan
Cadangan Terbukti	VI. Pengeboran Delineasi	1. Pengeboran eksplorasi tambahan 2. Pengujian sumur	1. Sumur delineaasi 2. Model panas bumi 3. Potensi sumur 4. Karakteristik reservoir
	VII. Studi Kelayakan	1. Evaluasi cadangan (estimasi) 2. Perancangan teknis	1. Potensi cadangan terbukti 2. a. Rancangan sumur produksi dan injeksi b. Rancangan pemipaan sumur produksi c. Rancangan sistem pembangkit listrik 3. Layak atau tidak layak untuk dikembangkan
	VIII. Pengeboran Pengembangan	1. Pengeboran sumur pengembangan 2. Pengujian sumur	1. Sumur pengembangan 2. Kapasitas produksi lapangan panas bumi (ton/jam)

# Goldschmidt Victor Moritz, Bapak Geokimia Modern



Victor Moritz Goldschmidt dilahirkan di Zurich Switzerland pada tanggal 27 Januari 1888. Terlahir dari seorang ayah ahli kimia di Universitas Oslo, nama Victor Goldschmidt diambil dari nama salah seorang kolega ayahnya, ahli kimia Victor Meyer.

Selama perang dunia I, V.M Goldschmidt memulai penelitiannya dalam bidang geokimia yang merupakan hasil pengamatannya terhadap sumberdaya mineral di Norwegia. Dari hasil penelitiannya, Goldschmidt sampai pada kesimpulan bahwa dari sekian problem yang ia pecahkan, menurutnya satu hal penting yang harus menjadi catatan adalah bagaimana cara menemukan kaidah umum dan prinsip-prinsip dasar yang mengontrol sebaran serta jumlah unsure-unsur kimia di alam. Menurutnya, inilah yang merupakan problem dasar dalam geokimia.

Goldschmidt ingin memecahkan masalah tersebut dari sudut pandang fisika dan kimia atom. Untuk memecahkan sebaran geokimia, sebagai contoh, ia menyarankan untuk menemukan hubungan antara sebaran tersebut dengan mengukur sifat-sifat terukur dari atom-atom dan ion-ionnya. Tidak seorangpun yang bisa mendefinisikan dengan begitu baik serta memberikan kontribusi yang demikian banyak terhadap geokimia, seperti Goldschmidt. Oleh karenanya, ia pantas untuk mendapatkan julukan Bapak Geokimia.

Goldschmidt pertamakali bersekolah di Amsterdam dan Heidelberg. Tahun 1905, ia melanjutkan sekolah di Oslo. Di universitas ia belajar tentang kimia dari ayahnya serta dari beberapa ahli kimia ternama di universitas tersebut. Ia juga belajar mineralogi dan geologi dari seorang geologist terkenal Waldemar Cristopher Brogger.

Brogger banyak menginspirasi Goldschmidt, Brogger pula yang mempengaruhinya untuk melakukan riset terhadap batuan metamorphic di sekitar Oslo. Hasil penelitian Goldschmidt dipublikasikan dalam monograph sepanjang 500 lembar, sebuah publikasi geologi klasik berjudul "Contact metamorphism in The Kristiana Region". Berdasarkan hasil study lapangan dan studi mineralogi yang dikerjakan oleh Brogger dan temannya, Goldschmidt mendeskripsikan kumpulan mineral dari zona metamorphic spesifik yang terbentuk pada kontak batuan sedimen dan batuan beku intrusif. Dia berhasil membuktikan bahwa kumpulan mineral yang terbentuk dikontrol oleh 3 faktor : komposisi batuan sedimen awal, suhu dan tekanan selama metamorfosa yang diakibatkan oleh adanya intrusi batuan beku tersebut. Dalam thesis doktornya, ia menggunakan data-data tersebut untuk merekonstruksi hukum dalam fase mineralogi, sebuah penyederhanaan dari hukum phase J. Willard Gibbs's ( $P+F = C+2$ ) yang berhubungan dalam kesetimbangan kimia, dalam hal ini P adalah phase-phase (mineral-mineral), F adalah degrees of freedom (komposisi, temperatur dan tekanan) serta C adalah komponen-komponen (elemen-elemen atau

oksida sederhana). Rumusan ini merupakan instrumen penting untuk berbagai aplikasi termodinamika dalam mempelajari batuan.

Kontribusi paling terkenal dari Goldschmidt adalah dalam bidang crystal chemistry, suatu bidang yang belum eksis pada saat itu. Goldschmidt berkontribusi banyak dalam membuat hukum2 dasar bagi bidang tersebut. Pada tahun 1929, dia menerima sebutan profesor mineralogi di Gottingen bersamaan dengan perjanjian untuk membentuk dan memimpin laboratorium X-ray dan karbon arc spectrografi analisis di universitas tersebut. Selama 6 tahun bekerja dibantu oleh rekan-rekan kerjanya yang juga outstanding, ia menghasilkan sekuen yang luar biasa untuk analisa kualitas bagi hampir 200 rumusan kimia yang penting dalam ilmu geologi. Hasil penelitian tersebut dipublikasikan dalam 8 seri klasik *Geochemical Principles Concerning the Distribution of the Elements*.

Secara garis besar, beberapa point penting bisa dicatat dari pekerjaan Goldschmidt yang masih bisa dikembangkan di masa yang akan datang adalah: 1) Pembuktian dan pendokumentasian bahwa untuk menjelaskan mineral similarities, struktur atom lebih penting daripada komposisi kimia mineral tersebut. 2) Bahwa struktur kristal biner dapat diterangkan secara sederhana dalam term rasio dari dua ionnya 3) bahwa parameter terpenting yang berpengaruh terhadap susunan kimia kristal adalah ukuran ion, muatan ion dan sifat kepolaran ion tersebut. Dalam satu kesatuan, ketiga point tersebut menyediakan model yang jelas serta efektif untuk menjelaskan susunan berkala unsure-unsur.

Dengan membandingkan antara ukuran ion dan kekuatan ion, Goldschmidt juga mendefinisikan ionic potential, yang bermanfaat dalam membedakan kelompok unsur utama dalam proses sedimentasi, yaitu : kelompok unsur yang tetap dalam kondisi true ionic solution, kelompok unsur yang mengendap melalui proses hydrolysis dan kelompok unsur yang membentuk soluble anionic complexes.

Goldschmidt menerima banyak penghargaan, termasuk Wollaston Medal, penghargaan tertinggi yang diberikan oleh London Geological Society, Foreign member of the Royal society, anggota dari Royal Norwegian Order of St Olaf, the Fridtjof Nansen Prize dan 3 penghargaan tingkat doctor lainnya.

Goldschmidt tidak pernah menikah, serta meninggalkan sedikit sekali teman, sehingga sedikit yang diketahui tentang kehidupan pribadinya. Dia adalah seorang yang baik hati dan senang memberi kepada kolega orang sehingga dia dihormati dan disegani oleh para koleganya. Goldschmidt meninggal pada tanggal 20 maret 1947 di Oslo Norway. (tha, sumber *MacMillan Encyclopedia of Earth Sciences*).

# KAMUS GEOLOGI

**Abyssal (di danau)**

Zona yang paling dalam pada danau dimana airnya stagnan dan mempunyai temperature yang sama.

**Abyssal (di laut)**

Lingkungan laut dengan zona kedalaman 500 depa atau lebih.

**Accessory mineral**

Mineral yang terdapat dalam batuan yang tidak berperan dalam pengklasifikasian batuan tersebut. Biasanya terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit; dalam batuan sediment biasanya berupa mineral berat.

**Ball clay**

Lempung dengan plastisitas sangat tinggi, biasanya dicirikan dengan adanya material organik. Berwarna abu-abu terang dan digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan keramik.

**Bank (di pantai)**

1. Tanggul; tanggul pasir
2. pulau panjang dan sempit sepanjang garis pantai, tersusun oleh pasir dan membentuk penghalang antara laguna dengan laut. Sinonim : barrier island.

**Basalt**

Istilah umum untuk batuan beku basa berwarna gelap. Biasanya ekstrusif tapi bisa juga intrusif (misalnya dike). Disusun oleh calcic plagioklas dan klinopiroksen; yang berbutir halus disebut gabro. Nephelin, olivine, ortopiroksen dan kuarsa dapat muncul dalam CIPW tapi tidak secara simultan.

**Basaltic rocks**

Istilah umum untuk batuan beku ekstrusif yang berwarna gelap dan kompak, seperti basal, diabas. Dolerite dan andesit yang berwarna gelap.

**Calcareneous**

Istilah untuk batupasir yang mengandung detritus kalsium karbonat berlimpah. Contoh : "calcareneous orthokuarsit" dengan komponen calcareous/gampingan mencapai 50% dari total partikel klastik.

**Calcite**

Mineral pembentuk batuan :  $\text{CaCO}_3$ . Biasanya berwarna putih, tidak berwarna atau abu-abu pucat, kuning pucat atau biru pucat. Mempunyai kilap vitreous, rhombohedral dan skala kekerasan 3 menurut skala Mohs. Merupakan unsure penting dalam batugamping. Biasa ditemukan sebagai mineral gangue dalam berbagai mineral bijih dan sebagai semen pada batuan sediment klastik.

**Carbonaceous**

1. Istilah untuk batuan atau sediment yang kaya akan karbon
2. Istilah untuk sedimen yang mengandung material organik

(Penny, Sumber : *Glossary of Geology, American Geology Institute, 1980*)



**Fumarol di daerah Waesalit**

ISSN 1907-5367  
771907 536770