

# buletin

# SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 10 No. 1, Mei 2015



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

**Badan Geologi**

Pusat Sumber Daya Geologi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 10	No. 1	Halaman 1 - 70	Bandung Mei 2015	Terakreditasi LIPI sebagai Majalah Ilmiah Nomor : 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015
--------------------------------	---------	-------	-------------------	---------------------	--

**KETERANGAN SAMPUL DEPAN**

Singkapan felspar diagenetik dari tuf Ranau di Desa Simpang Pedagan, Kecamatan Muaradua, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan



LEMBAGA  
ILMU PENGETAHUAN  
INDONESIA



# SERTIFIKAT

Nomor: 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015

## Akreditasi Majalah Ilmiah

Kutipan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Nomor 335/E/2015 Tanggal 15 April 2015

Nama Majalah : Buletin Sumber Daya Geologi  
ISSN : 1907-5367  
Redaksi : Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM,  
Jl. Soekarno-Hatta No. 444 Bandung 40254

Ditetapkan sebagai Majalah Ilmiah

## TERAKREDITASI

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

Cibinong, 15 April 2015  
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Ketua Panitia Penilai Majalah Ilmiah-LIPI

Prof. Dr. Rochadi,  
NIP 195007281978031001

**Alamat Redaksi**

Buletin Sumber Daya Geologi  
Bidang Informasi, Pusat Sumber Daya Geologi  
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254  
Tel. (022) 522 6270, 520 2698, Fax: (022) 522 6263,  
Website : <http://psdg.bgl.esdm.go.id/>  
Email: [buletinpsdg@gmail.com](mailto:buletinpsdg@gmail.com)







ISSN 1907-5367

# buletin

## SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 10 No. 1, Mei 2015



buletin SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 10 Nomor 1, Mei 2015 Hal 1 - 70

Pusat Sumber Daya Geologi

### Alamat Redaksi

Buletin Sumber Daya Geologi  
Bidang Informasi, Pusat Sumber Daya Geologi  
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254  
Tel. (022) 522 6270, 520 2698, Fax: (022) 522 6263,  
Website : <http://psdg.bgl.esdm.go.id/>  
Email: [buletinpsdg@gmail.com](mailto:buletinpsdg@gmail.com)



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

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 10	No. 1	Halaman 1 - 70	Bandung Mei 2015	Terakreditasi LIPI sebagai Majalah Ilmiah Nomor : 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015
--------------------------------	---------	-------	-------------------	---------------------	--

**KETERANGAN SAMPUL DEPAN**

Singkapan felspar diagenetik dari tuf Ranau di Desa Simpang Pedagan, Kecamatan Muaradua, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan



LEMBAGA  
ILMU PENGETAHUAN  
INDONESIA

**P2  
MI**

Panitia  
Penilai  
Majalah  
Ilmiah



## SERTIFIKAT

Nomor: 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015

### Akreditasi Majalah Ilmiah

Kutipan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Nomor 335/E/2015 Tanggal 15 April 2015

Nama Majalah : Buletin Sumber Daya Geologi  
ISSN : 1907-5367  
Redaksi : Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM,  
Jl. Soekarno-Hatta No. 444 Bandung 40254

Ditetapkan sebagai Majalah Ilmiah

## TERAKREDITASI

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

Cibinong, 15 April 2015  
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Ketua Panitia Penilai Majalah Ilmiah-LIPI

Prof. Dr. Rochadi,  
NIP 195007281978031001<sub>4</sub>

Terakreditasi sebagai Majalah Berkala Ilmiah Nomor : 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015

Buletin Sumber Daya Geologi merupakan Makalah berkala ilmiah terakreditasi LIPI bidang geologi, geofisika, geokimia, pertambangan dan bidang ilmu kebumihan lainnya yang terkait. Makalah ini terbit tiga nomor dalam satu tahun pada bulan Mei, Agustus dan November.

### DEWAN REDAKSI

<b>Penasihat</b>	Kepala Pusat Sumber Daya Geologi
<b>Penanggungjawab</b>	Kepala Bidang Informasi
<b>Editor</b>	Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc ( <i>Remote Sensing/GIS</i> ) Ir. Denni Widhiyatna, MT ( <i>Geologi</i> ) Ir. Dwi Nugroho Sunuhadi ( <i>Mineralogi</i> ) Ir. Herry Rodiana Eddy, M.Si ( <i>Mineral Bukan Logam</i> ) Ir. Sabtanto Joko Suprpto, MT ( <i>Geologi/Geokimia</i> ) Edi Suhanto, S.Si, MT ( <i>Panas Bumi</i> ) Ir. Kusdarto ( <i>Mineral Bukan Logam</i> ) Ir. Rina Wahyuningsih ( <i>Panas Bumi</i> ) Ir. Deddy Amarullah ( <i>Batubara</i> ) Ir. Teuku Ishlah ( <i>Mineral Logam</i> ) Ir. Bambang Pardiarto ( <i>Mineral Logam</i> ) Ir. Arif Munandar ( <i>Panas Bumi</i> )
<b>Desain Grafis</b>	Candra, ST Rizki Novri Wibowo, S.Ds
<b>Sekretariat</b>	Dra. Ella Dewi Laraswati Retno Rahmawati Lestari, S.Si Dwi Asmoro Susanto, A.Md
<b>Mitra Bestari</b>	Prof. Ris. Bhakti Hamonangan, M.Sc ( <i>Mineral Logam</i> ) Prof. Dr. Ir. Bukin Daulay, M.Sc ( <i>Batubara/CBM</i> ) Dr. Eng. Suryantini, ST, M.Sc ( <i>Panas Bumi</i> ) Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc ( <i>Geoteknik</i> ) Ir. Frank Edwin, MT ( <i>Mineral Bukan Logam/Keramik</i> ) Dr. Ir. Rukmana NA, M.Sc ( <i>Geologi/Geostatistik</i> ) Dr. Eng. Imam A. Sadisun ( <i>Geologi Teknik</i> )

#### Alamat sekretariat dan pengiriman naskah

Pusat Sumber Daya Geologi, Bidang Informasi, Gd. A.  
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254  
Telepon : (022) 520 2698, 522 6270  
Fax : (022) 522 6270, 522 6263  
Email : [buletinpsdg@gmail.com](mailto:buletinpsdg@gmail.com)





## KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur kepada Yang Kuasa kami hadirkan edisi perdana dari Buletin Sumber Daya Geologi untuk tahun 2015 ke tangan pembaca. Seperti dalam penerbitan-penerbitan sebelumnya, pada edisi ini kami hadirkan makalah-makalah yang memuat topik-topik dari semua jenis sumber daya geologi, yakni energi fosil, mineral dan panas bumi. Kali ini kami dengan bangga menghadirkan enam makalah.

Pada topik energi fosil, kami tampilkan mengenai *mineral matters* dalam batubara dan *gas shale*. Tulisan mengenai *mineral matters* merupakan suatu ulasan yang mencoba membuka wawasan kita mengenai kandungan mineral yang ada dalam batu bara, suatu topik baru yang pada edisi-edisi sebelumnya tidak pernah dimuat. Tulisan *gas shale* kali ini masih seperti dalam edisi-edisi sebelumnya, yakni membahas potensi keberadaannya dalam suatu formasi batuan tertentu. Tulisan seperti ini penting mengingat bahwa *gas shale* merupakan entitas sumber energi fosil yang keberadaan potensinya di Indonesia belum banyak terungkap dan di dunia baru dalam tahap awal-awal pengembangan.

Pada topik mineral, kami kembali menampilkan tulisan mengenai potensi bahan baku untuk keramik. Hidup matinya industri keramik, terutama industri rakyat, akan bergantung pada ketersediaan bahan bakunya yang semakin lama semakin berkurang. Karena itu, kami senantiasa bersemangat jika dapat menampilkan tulisan terkait bahan baku industri rakyat semacam ini. Topik mineral lainnya adalah mengenai potensi mineral logam di Kabupaten Sanggau, di dekat perbatasan Kalimantan - Sarawak Malaysia. Meskipun tulisan ini bertopik umum, namun ada hal menarik dari tulisan ini. Makalah ini melaporkan keberadaan potensi mineral logam di dekat perbatasan, sementara di wilayah seberang, yakni di wilayah Malaysia, potensi semacam ini sudah lama diketahui, malahan sebagian sudah dan sedang dikembangkan pengusahaannya.

Pada topik mengenai panas bumi, kami hadirkan satu tulisan mengenai pemodelan panas bumi secara numerik. Pemodelan yang disimulasikan secara numerik ini merupakan suatu hal yang menarik mengingat ini diaplikasikan bagi evaluasi sumber daya pada tahap eksplorasi awal atau survei permukaan. Dan pada topik terakhir kami hadirkan aspek menarik lainnya, yaitu kajian keberadaan kandungan mineral timah pada material untuk geoteknik.

Akhirnya, dewan redaksi pada kesempatan ini ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pemakalah, editor dan mitra bestari yang telah bekerja keras untuk menghadirkan edisi ini. Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya juga kami sampaikan kepada semua pihak yang terus menjaga komitmen agar buletin ini terus bisa menyapa para pembaca. Mari menulis untuk berbagi.

Salam hangat

Dewan Redaksi.



### DAFTAR ISI

#### MAKALAH ILMIAH

- 1 - 14      **MINERAL MATTER IN COAL**  
*MINERAL MATTER DALAM BATUBARA*  
Oleh : Rita Susilawati
- 15 - 22      **CHARACTERISTICS OF GAS SHALE IN DAKEBO FORMATION, AT WAGHETE AREA - PAPUA PROVINCE**  
*KARAKTERISTIK SERPIH GAS DI FORMASI DAKEBO, DAERAH WAGHETE, PROVINSI PAPUA*  
Oleh : Robet Lumban Tobing
- 23 - 34      **PROSPEK PEMANFAATAN LEMPUNG FORMASI MUARAENIM DAN TUF FORMASI RANAU SEBAGAI BAHAN BAKU KERAMIK DI KABUPATEN OGAN KOMERING ULU SELATAN, PROVINSI SUMATERA SELATAN**  
*THE PROSPECT OF CLAY DEPOSIT FROM MUARAENIM FORMATION AND TUFF FROM RANAU FORMATION AS CERAMIC RAW MATERIAL IN OGAN KOMERING ULU SELATAN REGENCY, SOUTH SUMATERA PROVINCE*  
Oleh : Bayu Sayekti dan Penny Oktaviani
- 35 - 44      **SIMULASI NUMERIK SISTEM PANAS BUMI GUNUNG TALANG - KILLI, KABUPATEN SOLOK, PROVINSI SUMATERA BARAT**  
*NUMERICAL SIMULATION OF GUNUNG TALANG-KILLI GEOTHERMAL SYSTEM IN SOLOK REGENCY, WEST SUMATERA PROVINCE*  
Oleh : Dikdik Risdianto, Moch. Nurhadi, Muhammad Kholid dan Yuano Rezky
- 45 - 54      **KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK TANAH MENGANDUNG MINERAL TIMAH DI DAERAH LAUT PAYAKUNDUR, PROVINSI KEPULAUAN RIAU**  
*THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOILS CONTAINING TIN MINERALS OFF PAYAKUNDUR SEA, KEPULAUAN RIAU PROVINCE*  
Oleh : Nur Khoirullah, Irvan Sophian, Zufaldi Zakaria, Dicky Muslim, dan Yadvi Arma
- 55 - 70      **TIPE CEBAKAN MINERAL BERDASARKAN DATA GEOKIMIA TANAH DI GUNUNG RAWAN PERBATASAN SARAWAK - KABUPATEN SANGGAU, PROVINSI KALIMANTAN BARAT**  
*MINERAL DEPOSIT TYPE BASED ON SOIL GEOCHEMICAL DATA IN GUNUNG RAWAN AREA OF SARAWAK BORDER, SANGGAU REGENCY, WEST KALIMANTAN PROVINCE*  
Oleh : Kisman dan Bambang Pardiarto

#### ABSTRAK MAKALAH

Oleh : Redaksi

#### GALERI FOTO

Oleh : Rizki Novri Wibowo, S.Ds

#### PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Oleh : Redaksi





## MINERAL MATTER IN COAL MINERAL MATTER DALAM BATUBARA

**Rita Susilawati**

Center for Geological Resources, Geological Agency of Indonesia  
Jl. Soekarno-Hatta No. 444 Bandung 40254, Indonesia  
Email : winkwinkproud@gmail.com

*Diterima : 10 Maret 2015*

*Direvisi : 6 April 2015*

*Disetujui : 20 Mei 2015*

### ABSTRACT

The term "mineral matter" in coal is defined as all inorganic, non-combustible material that is in or associated with coal which include discrete crystalline mineral particles, dissolved ions and other inorganic components in the pore water or surface water of the coal, and inorganic elements combined within the organic compounds of the coal macerals. The minerals existing in coal are a result of processes that occur throughout the entire history of coal formation. Its distribution is influenced by biological, hydrological and geochemical factors. Quartz and the clay minerals are the most widespread and abundant mineral found in coal. Another common minerals are feldspars and carbonate in the form of siderite, calcite and dolomite and sulfide minerals such as pyrite. Coal mineral matter analysis and characterization are useful for various reasons, particularly to take as much as benefit from coal utilization and to avoid any negative influence of coal inorganic components to the environment.

**Keywords:** coal, mineral matter, coal utilization.

### ABSTRAK

*Istilah mineral matter dalam batubara didefinisikan sebagai semua komponen inorganik yang tidak mudah terbakar yang terkandung dalam batubara maupun yang berhubungan dengan batubara. Termasuk dalam definisi ini adalah partikel-partikel kristal mineral, ion-ion terlarut dan komponen anorganik yang terkandung dalam air pori atau air permukaan batubara serta senyawa anorganik yang bersatu dengan komponen organik dalam maseral batubara. Mineral dalam batubara terbentuk sepanjang sejarah pembentukan lapisan batubara. Distribusi mineral tersebut dipengaruhi oleh faktor biologi, hidrologi dan geokimia. Kuarsa dan mineral lempung adalah kristal dan mineral yang paling banyak ditemukan dalam batubara diikuti oleh felspar dan mineral karbonat dalam bentuk siderit, kalsit dan dolomit serta mineral sulfida seperti pirit. Analisis dan karakterisasi mineral dalam batubara menjadi penting terutama karena kandungan mineral berpengaruh dalam proses pemanfaatan batubara, termasuk juga untuk menghindari pengaruh negatif mineral tersebut terhadap lingkungan.*

**Kata Kunci:** batubara, mineral matter, pemanfaatan batubara.

### INTRODUCTION

Coal is a combustible sedimentary material that is composed of two major constituents. The first constituent is organically derived material (macerals), which makes up the majority of coal composition and makes a significant contribution in the use of the coal for many purposes. The second constituent is inorganically sourced material (mineral matter), which although commonly present in coal as only a minor component can exert an important influence on the

performance and value of the coal in different utilization processes.

There are several significant reasons why the study of mineral matter in coal is a necessary complement to studies of the organic matter. The amount and composition of mineral matter can influence the exploitation and modification of coal during resource development, mining, preparation, storage and utilization (Finkelman, 1994; Harvey and Ruch, 1986; Saxby, 2000; Vassilev and Vassileva, 1996; Ward, 2002). Many problems, such as boiler fouling, slagging,

corrosion, erosion and agglomeration, arise during coal utilization as a result of the mineral matter in coal (Chang *et al.*, 2004; Gurba *et al.*, 2001; Keller *et al.*, 2014; Kolker and Finkelman, 1998; Kolker *et al.*, 2009; Maldonado-Hódar *et al.*, 1995; Saxby, 2000; Vassilev and Vassileva, 1996; Ward, 2002).

From an academic point of view, quantitative analysis of the minerals and other inorganics contributes significantly to defining coal quality, and may be useful as an aid to stratigraphic correlation (Bohor and Triplehorn, 1993; Hill, 1988; Ward *et al.*, 2001a; Zhou *et al.*, 2000). The mode of occurrence and mobility of some trace elements in coal, including toxic elements, can also be identified by coal mineralogical analysis (Finkelman, 1995; Li, 2002; Vejehati *et al.*, 2010). The occurrence of particular minerals in coal may also indicate nearby mineralization (Ward, 2002). Minerals in cleat and other fractures may influence coal bed methane production and mining, as the minerals may block the drainage of gas from coal seams (Gurba *et al.*, 2001). In addition, the abundance and composition of the minerals emplaced within the coal during coalification represent the sedimentological and geochemical history of the early peat deposit, the post-depositional and coal-forming environment (Renton, 1982).

This paper provides a literature review of the important concepts related to the nature, origin and significance of the mineral matter in coal.

## MINERAL MATTER DEFINITION

Coal is a complex heterogeneous mixture of organic and inorganic material. The term “mineral matter” in coal is defined as all inorganic, non-combustible material that is in or associated with coal (Finkelman, 1995; Gary *et al.*, 1972; Richard and Rodney, 1986). This definition includes all of the elements in the coal, except for the organically combined carbon (C), hydrogen (H), oxygen (O), nitrogen (N) and sulphur (S). However, inorganic combinations involving C, H, O

and S that are found in coal, such as C in carbonates, H in absorbed water and hydroxides in clay minerals; O in water, silicates, carbonates, sulphates or other minerals; and S in sulphide and sulphates, are also considered part of the mineral matter (Harvey and Ruch, 1986).

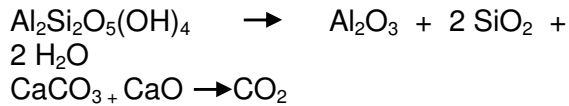
The term “mineral matter” in such definitions covers three types of inorganic material present in coal (Ward, 2002), which are: (i) discrete crystalline mineral particles, (ii) dissolved ions and other inorganic components in the pore water or surface water of the coal, and (iii) inorganic elements combined within the organic compounds of the coal macerals.

From a geological perspective, only the first type can be considered as a true mineral component. Discrete crystalline particles are the major form of non-organic material in higher rank coals (Kiss and King, 1977; Vassilev and Vassileva, 1996). However, non-mineral inorganics in the form of dissolved salts, exchangeable ions and organometallic complexes, are usually abundant in the mineral matter of lower rank coals (brown coal, lignite and sub-bituminous coal), and also make a significant contribution to ash formation in such coal deposits (Benson and Holm, 1985; Miller and Given, 1986; Ward, 2002).

Kiss and King (1979) has suggested the term “mineral” for the discrete inorganic grains and the term “inorganics” for dissolved ions and other inorganic components in the pore water and organically combined inorganic material (except for N and S). Similarly, Ward (2002) has used the term non-mineral inorganics to describe the inorganics in coal other than the discrete mineral particles.

It is also important to make a careful distinction between the term “mineral matters” and “ash” in coal, as these two materials are quite different. Ash represents the residue of the mineral matter after combustion of the coal, while mineral matter is the material present before the combustion process begins (Saxby, 2000; Vassilev and Vassileva, 1996; Ward, 2002; Ward and Ferm, 1984).

Ash can also be considered as the non-combustible fraction of the mineral matter (Harvey and Ruch, 1986; Karl, 1986; Saxby, 2000). Many of coal's minerals react during combustion, by processes such as:



### MODES OF MINERAL OCCURRENCE

The mineral matter occurring in coal is perhaps best described as a combination of megascopic and microscopic mineral matter. The megascopic minerals are typically present as discrete bands, layers or partings of clay or carbonate, as nodules including lenticular and concretionary bodies of sulfide, carbonate or silica, and in fissures, including cleat and other fracture or void fillings (Ward, 2002). On the other hand, the microscopic minerals, may occur as thin bands, fill cracks or fissures, or be intimately associated with the coal's organic constituents. It has been recognized that cell lumens are often infilled by minerals (Ward, 2002). Mineral such as pyrite or siderite, may also replace the coal cell structure (Zodrow and Cleal, 1999). The mode of occurrence of inorganic constituents in coal defines as the way in which the elements are chemically bound in the coal (Finkelman, 1994). It has been noted that many of the elements present in coal may occur in a range of forms (Finkelman, 1994). For example, about six forms of selenium have been identified selenium bearing pyrite, organically bound selenium, selenium bearing sphalerite, lead selenide, water soluble selenium and ion-exchangeable selenium (Dreher and Finkelman, 1992). Study has noted that elements in coal can also be present in just one form, such as zirconium, which is present entirely in coal as the mineral zircon (Dreher and Finkelman, 1992). However in lignites, zirconium may also be incorporated with the organic material (Miller and Given, 1986).

More than one hundred species of minerals have been identified as occurring in coal, although of this number, only around twenty are common (Finkelman, 1994; Harvey and Ruch, 1986; Miller and Given, 1986; Ward, 2002).

### ORIGIN AND DISTRIBUTION OF MINERAL MATTER

Based on its origin, mineral matter in coal has been grouped by numerous authors into several different classes. These include a "syngenetic" class for minerals that were introduced during coal formation and an "epigenetic" class for minerals that were introduced after coal formation (Mackowsky, 1968). Another widely used classification is based on dividing mineral matter into two categories (Ward, 2002): the "inherent mineral matter" for the inorganic material present in the coal-forming plants and "adventitious mineral matter" for the inorganic constituents added to the coal forming deposit after the death of the plants. The inherent mineral matter is very closely associated with the macerals, and it difficult to remove by physical methods (Ward, 2002). In contrast, adventitious mineral matter can be more easily separated from the coal material (Ward, 2002). However, there has been a controversy concerning the use of this classification. Some authors believe to use this classification based on the process of formation while other on the ease of separation, such as by coal preparation processes.

The minerals existing in coal are a result of processes that occur throughout the entire history of coal formation. The first source of mineral matter in coal is the plants that form the peat swamp. Examples here include siliceous phytoliths in peat and also diatoms shells and sponge spicules derived from other swamp-dwelling organisms (Andrejko *et al.*, 1983). Three distinct processes thought to be responsible for mineral formation in coal (Ward, 2002). Detrital processes are responsible for solid particles washed or blown into the peat



swamp by wind or water. Tonstein, made up of altered volcanic ash found in some coal seams, provides a thick and distinctive example of wind-borne detrital (or pyroclastic) material. Direct chemical precipitation from solution or by biogenic processes involving inorganic or organic materials may introduce new minerals to the peat or coal formation. This can be described as formation by "authigenic" or "neof ormation" processes. "Diagenetic alteration" is another process, involving the interaction of minerals with peat or swamp waters or interactions during the rank advance to form new mineral phases. In addition, post-depositional migration effects associated with groundwater movement in coal seams may cause non-mineral inorganics to be concentrated in various parts of low-rank coal beds (Ward 2002).

The distribution of mineral matter in coal is influenced by biological, hydrological and geochemical factors. A large variation can exist in the mineral matter abundance in coal, and this variation can be as significant across micrometers as it is across kilometers (Finkelman, 1994).

The syngenetic phase of mineral emplacement begins during the peatification stage (Harvey and Ruch, 1986; Renton, 1982). At this stage, microbial activity decomposes the less resistant plant tissues into various gasses and water. Amorphous silica and alumina materials are released into the peat during primary decomposition of the plant debris, and these apparently become precursors to the silicate mineral assemblage that dominates the inorganic elements of most coals (Renton, 1982). In addition, syngenetic minerals may form by crystallization of inorganic elements that are incorporated with the inherent mineral matter (Harvey and Ruch, 1986). Minerals in coal may also be formed by bacterial reduction, or crystallize around nuclei or

other centers to form nodules (Ward, 2002).

After the syngenetic phase and with continued coalification, a further three episodes of mineral emplacement may occur which represent early diagenetic, late diagenetic and epigenetic processes (Ward, 2002). The "early diagenetic" phase introduces minerals to the peat or coal formation shortly after the initial burial of the plant debris by more peat or other sediment. A great variety of authigenic minerals may form during this phase, which is facilitated by the relative ease with which ground water containing solutions of mineral-forming ions can move through the coal (Renton, 1982). The "late diagenetic" phase of mineral formation takes place during deeper burial and rank advance. The final "epigenetic" phase represents mineral formation after the coal has essentially reached its present rank. At this stage, the development of major fractures throughout the coal bed allows the movement of groundwater with solutions of mineral-forming ions through the coal bed.

During the epigenetic phase, mineral formation processes may continue without any involvement of the organic constituents, as the organic material has become relatively inert during the process of coalification (Renton, 1982). The lateral distribution of mineral matter in coal is influenced by this epigenetic phase of mineralization (Finkelman, 1994). Minerals formed in this stage are found as fillings of fissures (e.g, pyrite, calcite and kaolinite) and voids, and as products of weathering or oxidation (Harvey and Ruch, 1986). Variations in the concentration of particles inorganic constituents in coal can occur over very short distances, and give rise to an irregular distribution of minerals in cleat and fractures (Finkelman, 1994).

The processes of mineral formation in relation to coalification can be found in figure 1.

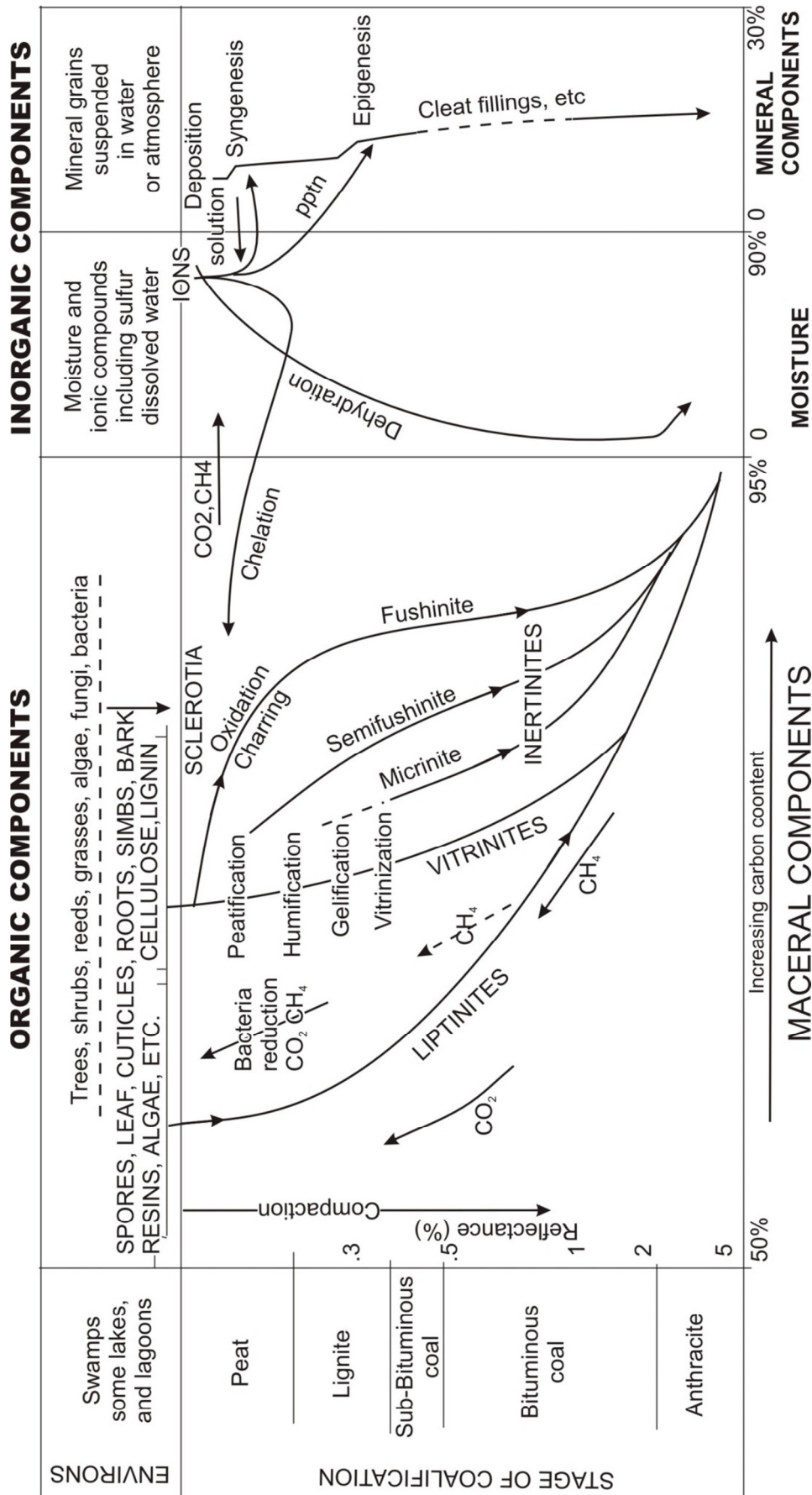


Figure 1 Diagrammatic representation of coalification processes involving the conversion of plant debris to various macerals, and those involving moisture and genetic processes of mineral matter (from Harvey and Ruch 1986)

**MINERALS IN COAL**

The minerals commonly found in coal are listed in table 1. Among them, quartz and the clay minerals are the most widespread and abundant. Feldspars, carbonate in the form of siderite, calcite and dolomite, and sulfide minerals such as pyrite, are other common minerals in

coal(Finkelman, 1994; Renton, 1982; Ward, 2002).

A brief explanation is given below of the common minerals present in coal. This includes a discussion of the non-mineral inorganics, which are also included in the broad term “mineral matter” used in this review (see section 2).

Table 1. Common minerals in coal  
Compiled from Harvey & Ruch (1986) and Ward (2002)

Concentration	Mineral	Formula	Occurrence	Mode of Occurrence	
				Physical	Genetic
<b>MAJOR</b>	<b>Silicate</b>				
	Clay Mineral				
	Kaolinite	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	Common-dominant	L,F	d,e,s
	Illite	K <sub>1,5</sub> Al <sub>4</sub> (Si <sub>8,5</sub> Al <sub>1,5</sub> )O <sub>20</sub> OH <sub>4</sub>	Abundant-dominant	D,L	d,s
	Smectite	Na <sub>0,33</sub> (Al <sub>1,67</sub> Mg <sub>0,33</sub> )Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	Rare-common	D,L	d,s
	Chlorite	(MgFeAl) <sub>6</sub> (AlSi) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	Rare	L	d
	Mix-layer clay	Variable	Rare-very common	D,L	d,s
Quartz	SiO <sub>2</sub>	Common	D,L,N	d,s	
<b>MINOR</b>	<b>Sulfides</b>				
	Pyrite	FeS <sub>2</sub>	Rare-common	D,N,F	s,e
	Marcasite	FeS <sub>2</sub>	Rare-moderate	D(?)	s
	Sphalerite	ZnS	Rare	F	e
	Galena	PbS	Rare	F	e
	Chalcopyrite	CuFeS <sub>2</sub>	Rare	F	e
	<b>Carbonate</b>				
	Calcite	CaCO <sub>3</sub>	Rare-common	N,F	e,s
	Dolomite	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Rare-moderate	N,L	s,e
	Ankerite	(Fe,Ca,Mg)CO <sub>3</sub>	Rare	N,L	s,e
	Siderite	FeCO <sub>3</sub>	Rare	N,F	s,e
	<b>Sulfates</b>				
	Gypsum	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Rare	D,F	w
	Bassanite	CaSO <sub>4</sub> ·1/2 H <sub>2</sub> O	Rare	A	w
	Anhydrite	CaSO <sub>4</sub>	Rare	D	w
	Coquimbite	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	Very rare	D	w
	Szomolnokite	Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	Very rare	D	w
	Natrojarosite	NaFe <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>R</sub>	Very rare	D	w
	Hexahydrate	MgSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Very rare	A	w
	<b>Feldspars</b>				
	Plagioclase	(NaCa)Al(AlSi)Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Very rare	D,L	d
	Orthoclase	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Rare	D,L	d
	<b>Phosphates</b>				
	Apatite	Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Rare	D	d,s
	Crandalite	CaAl <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> ·H <sub>2</sub> O	Very rare	F,L	s,e
	Goyazite	SrAl <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> ·H <sub>2</sub> O	Very rare	F,L	s,e
	Monazite	(Ce,La,Th,Nd)PO <sub>4</sub>	Very rare	F	s,e
	Xenotime	(Y,Er)PO <sub>4</sub>	Very rare	F	s,e
	<b>Others</b>				
	Anatase	TiO <sub>2</sub>	Rare	D	d
	Rutile	TiO <sub>2</sub>	Rare	D	d
	Boehmite	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·OH	Rare	A	w
	Zircon	ZrSiO <sub>4</sub>	Rare	D	d
Hematite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rare	N	s	

D-disseminated, L-layers (partings), N-nodules, F-fissures (cleat), A-artifacts  
d-detrital, s-syngenetic, e-epigenetic, w-weathering.

### Clay Minerals

Clay minerals including kaolinite, illite, chlorite and a range of interstratified clay minerals account for some 60-80% of the total mineral matter present in most coals (Renton, 1982; Taylor *et al.*, 1998; Ward, 1984). Clay minerals are commonly present in the pores and cell cavities, or as finely dispersed inclusions in the coal macerals.

Among the clay minerals, kaolinite is the most common constituent of many coal seams. In some cases a combination of this mineral and quartz make up for nearly all of the mineral matter in the coal (Ward, 2002; Renton, 1982). Kaolinite may occur as a syngenetic clay mineral in the pores and cell cavities of the organic constituents, as vermicular aggregates of individual crystals, as an authigenic or detrital mineral concentrated at particular horizons, such as in tonstein beds, or as a replacement of plant tissue (Renton, 1982; Ward, 2002).

Illite, along with kaolinite is another common clay mineral in coal. It is rare, however, to find illite as a discrete mineral constituent in coal. This mineral is commonly found interstratified with other clay minerals (Renton, 1982; Ward, 2002). Renton (1982) noted that occurrences of illite within coal are commonly concentrated along bedding planes. Most illite is probably of detrital origin. Ward (2002) noted that low concentrations of illite in coal may simply reflect a low proportion of detrital input into the peat swamps.

However, it may also indicate that the mineral in its pure form is susceptible to alteration by the swamp waters to form mixed-layer clays or other mineral species. On the other hand, high concentrations of illite in some coals may be related to authigenesis under more marine conditions or be influenced by the detritus supplied to the coal basin.

Another common component is a range of interstratified clay minerals. According to Renton (1982), most coal contains at least some mixed-layered clay minerals. Mixed-layered or interstratified clay minerals are clay minerals in which

the crystal is built up of several different kinds of layers, rather than just one type as normally occurs in a "pure" clay component (Ward, 2002). This circumstance happens because the different clay minerals, especially montmorillonite, vermiculite and chlorite, all have essentially the same basic crystal structure. The nature of the ions and water between the aluminosilicate layers can be altered as a result of subtle ion exchange processes in some of those layers. The most common mixed-layer clay minerals are illite-montmorillonite, montmorillonite-chlorite and chlorite-vermiculite. Other common interstratifications include illite-chlorite, illite-vermiculite and montmorillonite-vermiculite (Ward, 2002).

### Quartz

Quartz is another widespread and common mineral in coal. Syngenetic quartz can occur as a result of several processes: 1) detrital grains introduced by wind or water, which is typically shown by the presence of angular or rounded grains, 2) re-precipitation of dissolved silica derived from the alteration of silicate minerals, and 3) remnants of plant derived silica, such as phytoclasts and diatoms (Renton, 1982; Ward, 1984, 2002). The combination of these processes determines the total silica content in the coal. Ward (2002) noted that the silica that forms quartz in coal may also come from leaching of the basement rocks. It is also noticed that diagenetic quartz, in some circumstances can be dominant rather than detrital quartz grains (Saxby, 2000).

### Carbonates

Carbonate minerals, particularly siderite, calcite and dolomite, are another frequently occurring group of minerals in coal. They can be formed during the syngenetic or epigenetic phases of mineral emplacement (Renton, 1982; Saxby 2000), and different members of the group may form by precipitation during each diagenetic phase (Renton, 1982).

Calcite is possibly the most widespread carbonate mineral, and can be



found in coal deposited either in freshwater or marine conditions (Renton, 1982). Syngenetic calcite is usually present in coal as cavity fillings while epigenetic calcite is common as a cleat filling. Thin section examination of some coal samples of Mae Moh Basin, Thailand shows the fibrous internal structure in the shell fragments, suggesting the presence of aragonite (Ward, 1991) which was also identified by XRD analysis.

Syngenetic siderite in the form of nodules, infillings or replacements of the organic matter may also be found in coal (Kemezys and Taylor, 1964; Ward, 2002). The presence of this mineral in coal is commonly related to low concentrations of syngenetic pyrite, but in some cases the siderite may also be associated with syngenetic pyrite crystals. The occurrence of syngenetic siderite in coal is usually thought to indicate an acid, freshwater environment for peat accumulation (Renton, 1982; Ward, 2002). Epigenetic siderite is also found as a cleat infilling material in coal and related strata. Other carbonates, such as dolomite and ankerite, are also common as cleat filling materials, suggesting an epigenetic nature. In some cases, two different carbonate minerals can be found filling the same cleat, such as in coals of the Sydney Basin, Australia, where ankerite is found as the main infilling but calcite in some instances is also present as a border (Ward, 1986).

## Sulfides

Sulfide minerals occurring in coal may be either syngenetic or epigenetic in nature. Pyrite is the most common sulfide mineral in coal. Syngenetic pyrite can present as framboids, isolated euhedral crystals, infilling or replacing coal macerals, and as more massive pyrite accumulations (Ward, 2002). The occurrence of this mineral often indicates the influence of marine conditions. Syngenetic pyrite is also abundant in coals formed in non-marine environments, such as the intermontane lacustrine basins of Thailand, indicating that the process of pyrite formation may also be influenced by

sulfate-rich lake waters or sulfate-rich groundwater (Ward, 1991).

Syngenetic marcasite can be found in coal as radiating crystalline masses, isolated or aggregated crystals, or in massive form (Ward, 2002). Epigenetic sulfide minerals, including pyrite, marcasite, millerite and sphalerite, are present as infilling of the cleat and other fractures in coal-bearing strata (Ward, 2002). There are several processes that may result in the presence of epigenetic sulfides in coal: remobilization of organic sulfur or syngenetic sulfides within the coal, influence of igneous intrusions, and post-depositional fluid movement through the coal-bearing succession (Ward, 2002).

## Feldspar

Feldspar minerals are also commonly found in coal and associated strata, although they are usually present only in small concentrations (Renton, 1982). However, feldspar may also present in abundance as can be found in the Theodore district of Bowen Basin, Australia (Ward, 1986). Feldspar in the form of plagioclase is more common than orthoclase (Renton, 1982). Microscopic observation on Australian bituminous coal specimen showed the occurrence of unaltered grains of feldspar suggesting that feldspar mineral in the samples is a detrital or pyroclastic in origin (Kemezys and Taylor, 1964)

## Sulphates

A range of sulphates may form as a result of oxidation of sulfide minerals during prolonged storage or exposure of the coal, or even during the oxygen plasma ashing process. Some sulfate minerals may be present in their own right as inherent mineral components of unaltered coal (Ward, 1986). For instance, gypsum veins in coal from Leigh Creek, South Australia possibly formed as groundwater deposits due to the arid climate of the area (Kemezys and Taylor, 1964). Gypsum is also formed on the surface of low-rank coals exposed in open cut mines in Thailand, possibly due to evaporation of the inherent moisture

seeping from the coal seams (Ward, 1991).

The oxidation of pyrite during plasma ashing can form sulfate minerals such as coquimbite ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), szomolnokite ( $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) and jarosite ( $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ). However pyrite oxidation before ashing can also form these materials. Sulfuric acid, produced by pyrite oxidation, may also react with any calcite in the coal to form gypsum. Later, during low-temperature ashing, the gypsum may dehydrate and form minerals such as bassanite ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) or even anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ). However, bassanite and anhydrite may also form directly from the macerals of coal during the LTA process. At temperatures more than  $200^\circ\text{C}$ , this mineral may be altered to anhydrite (Ward, 1986).

### Phosphates

Apatite is the most common phosphate mineral in coal, typically occurring as small crystals intimately associated with the maceral constituents (eg. Inertinite) or with other minerals, such as kaolinite or quartz (Saxby, 2000). Some Australian bituminous coals have found to contain goyazite and related aluminophosphate minerals indicating an authigenic origin (Ward, 1989). Those minerals have been thought to be formed as a result of the interaction of calcium ions and aluminous complexes with phosphatic components derived from the decomposition of the organic matter (Ward, 1989).

### Non Mineral Inorganics

An important part of the mineral matter in lower rank coal appears as inorganic elements associated with the organic material (Kiss and King, 1977; Miller and Given, 1986; Ward, 2002). Non-mineral inorganics in coal can occur as inorganic components dissolved in the pore water of the coal, elements held in an exchangeable relationship with particular organic compounds, and inorganic elements forming chelates and other organometallic complexes within the organic matter (Ward, 2002).

Decomposition of metal-organic compounds at higher rank may lead to crystalline mineral phases (Saxby, 2000).

A series of selective leaching processes combined with analysis of the leachate fractions has been used to examine the elements occurring in different ways within the non-mineral inorganic components (Li *et al.*, 2010; Ward, 1991, 1992). Material dissolved or potentially soluble in the pore water can be removed from the coal by water soaking, while exchangeable ions attached to components such as carboxylates can be removed by treatment with ammonium acetate. Soaking the coal in hydrochloric acid can be used to extract any acid soluble organometallic complexes from the maceral components. The concentration of each element in the individual leachates can be calculated, as a fraction of the original coal and compared with the total concentration of the same element in the coal as determined by ash analysis, in order to evaluate the modes of occurrence of the different non-mineral inorganics in coal samples. In addition, the minerals present in coal can also be determined by low-temperature ashing of the leached coal (Ward, 2002). It has been suggested that post-depositional factors, unrelated to the environments that produced different lithotype units of the coal seam, are the main processes that control the distribution of non-mineral inorganics within individual coal seams (Brockway and Borsaru, 1985).

### TRACE ELEMENT IN COAL

Almost all of the elements in the periodic table are reported to be present in coal, although most are only at very low or trace concentrations (Finkelman, 1982). Elements occurring in coal at concentrations of less than 0.1% or less than 1000 ppm in general are categorized as trace elements (Finkelman, 1982).

The study of trace elements in coal has increased with increasing public awareness to the environmental impact of coal mining and combustion. Some trace elements in coal have been identified as

toxic materials. Information on the form in which particular elements are present is therefore significant in assessing the possible release of any toxic material to the environment during coal mining, preparation, storage or utilization (Finkelman, 1995; Vejahati *et al.*, 2010). There is a relationship between the minerals in coal and the concentration of its trace elements (Finkelman, 1995; Vejahati *et al.*, 2010; Ward, 2002). Some elements, for example Cr, F and Ga, are thought to be associated with clay minerals (Finkelman, 1995; Ward, 2002). Sulfide minerals are the likely site of As, Cd, Se, Ti, Hg, Pb, Sb and Zn, while the presence of Mn and Sr appears to be associated with carbonate minerals (Finkelman, 1995). Despite their inorganic affinity, the trace elements in coal may also possibly have an organic affinity. Organically combined trace elements are usually significant for coal with ash less than 5% (Finkelman, 1995). The organic affinity decreases with rank advance, while the abundance of many trace elements associated with the mineral matter increases as the coal rank increases (Finkelman, 1995).

## METHODS FOR MINERAL MATTER ANALYSIS AND CHARACTERIZATION

Various analytical methods are available to characterize and determine the mineral matter in coal. A detailed overview of the methods used for coal mineral matter analysis can be found in Huggins (2002); Vassilev and Tascon (2003) and Ward (2002).

The first step of coal mineral matter characterization can be done using macroscopic observation. Information on color, hardness, visible texture, massive inclusion, partings, weathering or type of mineralization of coal sample studied can be examined using this type of observation. The result could be used to determine the type of method for further investigations. In general, analytical methods for mineral matter identification can be divided into three categories: (1) methods to measure elemental

concentrations in coal or ash (e.g.: X-ray fluorescence (XRF), instrumental neutron activation analysis (INAA), inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP/AES), atomic absorption spectrometry (AAS) or mass spectrometry methods, (2) methods to determine mineralogical components (e.g.: X-ray diffraction (XRD), infra-red spectroscopy, low temperature ashing (LTA), coal petrography or scanning electron microscopy), and (3) methods to determine modes of elemental occurrence (e.g.: leaching schemes, electron microprobes or float sink analysis).

## WORK ON MINERAL MATTER ON COAL

In the literatures there are several comprehensive reviews of the nature, occurrence, analysis and significance of mineral matter in coal (Finkelman, 1994; Huggins, 2002; Saxby, 2000; Vassilev and Tascon, 2003; Vassilev and Vassileva, 1996; Vejahati *et al.*, 2010; Ward, 2002).

Several studies provide information about the occurrence and abundance of minerals in coal, including how these minerals were incorporated into the coal forming system (Finkelman, 1994; Harvey and Ruch, 1986; O'Gorman and Walker, 1971; Renton, 1982; Ward, 1984). Some works also discussed the relative timing of coal mineralization in relation to the coalification process, and the genetic processes that are responsible for the occurrence of particular minerals in coal and coal seams (Harvey and Ruch, 1986; Renton, 1982; Ward, 1984, 1991, 1992; Ward *et al.*, 1999).

The influence of igneous intrusions on the mineral matter in coal has become a subject of particular study (Finkelman *et al.*, 1998; Susilawati and Ward, 2006; Ward *et al.*, 1989) as well as the mineralogy of tonsteins and the influence of pyroclastic activity on the coal forming environment (Burger *et al.*, 1990; Hill, 1988; Knight *et al.*, 2000; Simas *et al.*, 2013; Spears, 2011). Many studies also focused on understanding mineral matter in lower rank coals (Benson and Holm,

1985; Kiss and King, 1979; Miller and Given, 1986; Ward, 1991, 1992). It has been noted that the different types of non-mineral inorganics, including the nature and concentration of metal cations contained in the organic components of the coal may potentially provide a source of cations for later mineral precipitation (Ward, 1991, 1992). The geochemistry of the inorganic constituents of some lower rank coals in the USA are provided by Miller and Given (1986) while Li *et al.* (2001); Li *et al.* (2010) have also examined the process of leaching associated with coal formation, which is believed to be responsible for the unusually low ash yield of the thick coals in New Zealand. Many studies also put attention to the mode of occurrence of mineral and trace elements in coal as well its significance related to coal utilization (Finkelman, 1982; Li, 2002; Meij and te Winkel, 2009; Shaver *et al.*, 2006; Vejehati *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2008; Ward *et al.*, 1999).

The most widely used method for coal mineral matter characterization is XRD. Many studies have used XRD method and combine it with mineral quantification using specific software (Susilawati and Ward, 2006; Ward, 1992; Ward *et al.*, 1999; Ward *et al.*, 2001b). LTA is one of the techniques that have been used to characterize and analyze mineral matter in coal (Li *et al.*, 2010; Miller and Given, 1986; Pietrzak and Wachowska, 2003; Soong and Gluskoter, 1977; Ward, 1991). Selective leaching of the non-mineral inorganics combined with chemical analysis of the leachates has been used to examine the abundance and form of particular non-mineral inorganic elements (Benson and Holm, 1985; Li *et al.*, 2001). The mineral matter in peat and coal has also been characterized using the scanning electron microscope (Creelman and Ward, 1996; Singh *et al.*, 2015). Along with the scanning electron microscope, electron microprobe methods have also been employed to determine the composition of particular minerals in coal polished sections (Patterson *et al.*, 1994; Zodrow and Cleal, 1999) as well as to

investigate the relationship between the organic constituents and the mineral matter in coal (Ward and Gurba, 1999; Ward *et al.*, 2006). Many studies also explored the influence of mineral matter to coal utilization (Chang *et al.*, 2004; Keller *et al.*, 2014; Maldonado-Hódar *et al.*, 1995) and examined the effect of trace element present in coal to the environment (Cabon *et al.*, 2007; Clemens *et al.*, 2000; Finkelman, 1995; Hwang *et al.*, 2001; Kolker and Finkelman, 1998; Kolker *et al.*, 2009).

## CONCLUSION

The term “mineral matter” was widely used to describe all of the inorganic non-combustible material that is in or associated with coal. This definition includes all the elements in coal, except the *organically combined* carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen and sulfur. However, the *inorganic combinations* of C, H, O and S that are found in coal are also considered to be part of the mineral matter. The terms “minerals” and “non-mineral inorganics” are also used by researchers. The first is used to describe the discrete inorganic grains and the second is used to describe dissolved ions, inorganic components in the pore water and organically combined inorganic material.

The minerals exist in coal as a result of processes that occurred throughout the entire history of coal formation. Water and wind can introduce solid particles to the peat swamp or coal seam to produce “detrital” mineral matter. On the other hand, chemical, physical, biochemical and physicochemical processes may form “authigenic” minerals. In terms of when it is formed, mineral matter in coal can be classified into “syngenetic” mineral matter, which formed at the same time as coal formation and may have some relationship to rank advance, and “epigenetic” minerals, which were introduced to the coal seam after the formation of the coal.

Better knowledge of the mineral matter in coal is important in order to



maximize the use of coal for many purposes, from scientific studies through commercial applications.

## REFERENCES

- Andrejko, M.J., Raymond, R.J., Cohen, A.D., 1983. Biogenic silica in peats: possible source for chertification in lignites, in: Raymond, R.J., Andrejko, M.J. (Eds.), *Proceedings of workshop on minerals in peat: its occurrence, form and distribution*, pp. 25-37.
- Benson, S.A., Holm, P.L., 1985. Composition of inorganic constituents in three low-rank coals. *Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals Product Research and Development* 24, 145–149.
- Bohor, B.F., Triplehorn, D.M., 1993. Tonsteins: altered volcanic-ash layers in coal-bearing sequences., *Geological Society of America Special Paper*, p44.
- Brockway, D.J., Borsaru, R.M., 1985. Ion concentration profiles in Victorian brown coals, *International Conference on Coal Science*. Pergamon, Oxford Sydney, 593–596.
- Burger, K., Zhou, Y., Tang, D., 1990. Synsedimentary volcanic-ash-derived illite tonsteins in Late Permian coal-bearing formations of southwestern China. *Int.J. Coal Geol* 15, 341-356.
- Cabon, J.Y., Burel, L., Jaffrennou, C., Giamarchi, P., Bautin, F., 2007. Study of trace metal leaching from coals into seawater. *Chemosphere* 69, 1100-1110.
- Chang, H., Li, W., Li, B., Chen, H., 2004. The influence of mineral matters in coal on NO-char reaction in the presence of SO<sub>2</sub>. *Fuel* 83, 679-683.
- Clemens, A.H., Deely, J.M., Gong, D., Moore, T.A., Shearer, J.C., 2000. Partitioning behaviour of some toxic trace elements during coal combustion- the influence of events occurring during the deposition stage. *Fuel* 79, 1781-1784.
- Creelman, R.A., Ward, C.R., 1996. A scanning electron microscope method for automated, quantitative analysis of mineral matter in coal. *Int.J. Coal Geol* 30, 249-269.
- Dreher, G.B., Finkelman, R.B., 1992. Selenium mobilization in a surface coal mine, Powder River Basin, Wyoming, U.S.A. *Environ. Geol. Water Sci* 19, 155-167.
- Finkelman, R., 1982. Modes of Occurrence of Trace Elements and Minerals in Coal: An Analytical Approach, in: Filby, R., Carpenter, B.S., Ragaini, R. (Eds.), *Atomic and Nuclear Methods in Fossil Energy Research*. Springer US, 141-149.
- Finkelman, R., 1995. Modes of Occurrence of Environmentally-Sensitive Trace Elements in Coal, in: Swaine, D., Goodarzi, F. (Eds.), *Environmental Aspects of Trace Elements in Coal*. Springer Netherlands, 24-50.
- Finkelman, R.B., 1994. Abundance, source and mode of occurrence of the inorganic constituents in coal, in: Kural, O. (Ed.), *Coal*. Istanbul Technical University, Istanbul, 115-125.
- Finkelman, R.B., Bostick, N.H., Dulong, F.T., Senftle, F.E., Thorpe, A.N., 1998. Influence of an igneous intrusion on the inorganic geochemistry of a bituminous coal from Pitkin County, Colorado. *Int.J. Coal Geol* 36, 223-241.
- Gary, M., McAfee, R., Wolf, C.L., 1972. *Glossary of Geology*. American Geological Institute., Washington, DC. p805.
- Gurba, L.W., Gurba, A., Ward, C.R., Wood, J., Filipowski, A., Titheridge, D., 2001. The impact of coal properties on gas drainage efficiency, in: Doyle, Moloney (Eds.), *Geological Hazards- The impact to mining*, 215-220.
- Harvey, R., D., Ruch, R., R., 1986. *Mineral Matter in Illinois and Other U.S. Coals, Mineral Matter and Ash in Coal*. American Chemical Society, 10-40.
- Hill, P.A., 1988. Tonsteins of Hat Creek, British Columbia: A preliminary study. *Int.J. Coal Geol* 10, 155-175.
- Huggins, F.E., 2002. Overview of analytical methods for inorganic constituents in coal. *Int.J. Coal Geol* 50, 169-214.
- Hwang, C.K., Cha, J.-M., Kim, K.-W., Lee, H.-K., 2001. Application of multivariate statistical analysis and a geographic information system to trace element contamination in the Chungnam Coal Mine area, Korea. *Appl. Geochem.* 16, 1455-1464.
- Karl, S.V., 1986. *Chemistry of Mineral Matter and Ash in Coal: An Overview, Mineral Matter and Ash in Coal*. American Chemical Society, 1-8.
- Keller, M., Arjmand, M., Leion, H., Mattisson, T., 2014. Interaction of mineral matter of coal with oxygen carriers in chemical-looping combustion (CLC). *Chem. Eng. Res. Des.* 92, 1753-1770.

- Kemezys, M., Taylor, G.H., 1964. Occurrence and distribution of minerals in some Australian coals. *J. Inst. Fuel* 37, 389–397.
- Kiss, L.T., King, T.N., 1977. The expression of results of coal analysis: the case for brown coals. *Fuel* 56, 340–341.
- Kiss, L.T., King, T.N., 1979. Reporting of low-rank coal analysis — the distinction between minerals and inorganics. *Fuel* 58, 547–549.
- Knight, J.A., Burger, K., Bieg, G., 2000. The pyroclastic tonsteins of the Sabero Coalfield, north-western Spain, and their relationship to the stratigraphy and structural geology. *Int.J. Coal Geol* 44, 187-226.
- Kolker, A., Finkelman, R., 1998. Potentially Hazardous Elements in Coal: Modes of Occurrence and Summary of Concentration Data for Coal Components. *Coal Preparation* 19, 133-157.
- Kolker, A., Panov, B.S., Panov, Y.B., Landa, E.R., Conko, K.M., Korchemagin, V.A., Shendrik, T., McCord, J.D., 2009. Mercury and trace element contents of Donbas coals and associated mine water in the vicinity of Donetsk, Ukraine. *Int.J. Coal Geol* 79, 83-91.
- Li, Z., 2002. Mineralogy and trace elements of the Cretaceous Greymouth coals and their combustion products, Department of Geological Sciences. University of Canterbury, Christchurch, PhD thesis Volume 1, 161.
- Li, Z., Moore, T.A., Weaver, S.D., 2001. Leaching of inorganics in the Cretaceous Greymouth coal beds, South Island, New Zealand. *Int.J. Coal Geol* 47, 235-253.
- Li, Z., Ward, C.R., Gurba, L.W., 2010. Occurrence of non-mineral inorganic elements in macerals of low-rank coals. *Int.J. Coal Geol* 81, 242-250.
- Mackowsky, M.T., 1968. Mineral matter in coal, in: Murchison, D.G., Westoll, T.S. (Eds.), *Coal and Coal-Bearing Strata*. Oliver and Boyd, London, 309–321.
- Maldonado-Hódar, F.J., Maldonado-Hódar, F.J., Rivera-Utrilla, J., Mastral-Lamarca, A.M., Ferro-García, M.A., 1995. Influence and transformation of coal mineral matter during hydrogenation. *Fuel (Guildford)* 74, 818-822.
- Meij, R., te Winkel, B.H., 2009. Trace elements in world steam coal and their behaviour in Dutch coal-fired power stations: A review. *Int.J. Coal Geol* 77, 289-293.
- Miller, R.N., Given, P.H., 1986. The association of major, minor and trace elements with lignites: 1 — experimental approach and study of a North Dakota lignite. *Geochim. Cosmochim. Acta* 50, 2033–2043.
- O’Gorman, J.V., Walker, P.L., 1971. Mineral matter characteristics of some American coals. *Fuel* 50, 135–151.
- Patterson, J.H., Corcoran, J.F., Kinealy, K.M., 1994. Chemistry and mineralogy of carbonates in Australian bituminous and sub-bituminous coals. *Fuel* 73, 1735–1745.
- Pietrzak, R., Wachowska, H., 2003. Low temperature oxidation of coals of different rank and different sulphur content[small star, filled]. *Fuel* 82, 705-713.
- Renton, J.J., 1982. 7 - Mineral Matter in Coal, in: Meyers, R.A. (Ed.), *Coal Structure*. Academic Press, 283-326.
- Richard, D.H., Rodney, R.R., 1986. Mineral Matter in Illinois and Other U.S. Coals, *Mineral Matter and Ash in Coal*. American Chemical Society, 10-40.
- Saxby, J.D., 2000. Minerals in coal, in: Glikson, M., Mastalerz, M. (Eds.), *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*. Springer Netherlands, 314-328.
- Shaver, S.A., Hower, J.C., Eble, C.F., McLamb, E.D., Kuers, K., 2006. Trace element geochemistry and surface water chemistry of the Bon Air coal, Franklin County, Cumberland Plateau, southeast Tennessee. *Int.J. Coal Geol* 67, 47-78.
- Simas, M.W., Guerra-Sommer, M., Filho, J.G.M., Cazzulo-Klepzig, M., Formoso, M.L.L., Degani-Schmidt, I., 2013. An accurate record of volcanic ash fall deposition as characterized by dispersed organic matter in a lower Permian tonstein layer. *Geologica Acta* 11, 45.
- Singh, A.K., Singh, M.P., Singh, P.K., 2015. Microstructural Relation of Macerals with Mineral Matter in Eocene Coal. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 37, 1089-1097.
- Soong, R., Gluskoter, H.J., 1977. Mineral matter in some New Zealand coals Part I. Low temperature ash and mineralogical composition of such coals.

- New Zealand Journal of Science 20, 273-277.
- Spears, D.A., 2011. The origin of tonsteins, an overview, and links with seatearths, fireclays and fragmental clay rocks. *Int.J. Coal Geol* 94, 22.
- Susilawati, R., Ward, C.R., 2006. Metamorphism of mineral matter in coal from the Bukit Asam deposit, South Sumatra, Indonesia. *Int.J. Coal Geol* 68, 171-195.
- Taylor, G.H., Teichmuller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., 1998. *Organic Petrology*. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Vassilev, S.V., Tascon, J.M.D., 2003. Methods for characterization of inorganic and mineral matter in coal: a critical overview: . *Energy Fuels* 17, 271-281.
- Vassilev, S.V., Vassileva, C.G., 1996. Occurrence, abundance and origin of minerals in coals and coal ashes. *Fuel Process. Technol.* 48, 85-106.
- Vejahati, F., Xu, Z., Gupta, R., 2010. Trace elements in coal: Associations with coal and minerals and their behavior during coal utilization – A review. *Fuel* 89, 904-911.
- Wang, J., Yamada, O., Zhang, Z.-G., Suzuki, Y., Sakanishi, K., 2008. Statistical analysis of concentrations of trace elements in a wide diversity of coals and its implications for understanding elemental modes of occurrence. *Fuel* 87, 2211-2222.
- Ward, C.R., 1984. *Coal geology and coal technology*. Blackwell Scientific Publications, Melbourne ; Oxford ; Boston.
- Ward, C.R., 1986. Review of mineral matter in coal. *Aust. Coal Geol.*, 87–110.
- Ward, C.R., 1989. Minerals in bituminous coals of the Sydney basin (Australia) and the Illinois basin (U.S.A.). *Int.J. Coal Geol* 13, 455-479.
- Ward, C.R., 1991. Mineral Matter in Low-Rank Coals and Associated Strata of the Mae Moh Basin, Northern Thailand. *Int.J. Coal Geol* 17, 69-93.
- Ward, C.R., 1992. Mineral Matter in Triassic and Tertiary Low-Rank Coals from South-Australia. *Int.J. Coal Geol* 20, 185-208.
- Ward, C.R., 2002. Analysis and significance of mineral matter in coal seams. *Int.J. Coal Geol* 50, 135-168.
- Ward, C.R., Bocking, M., Ruan, C.-D., 2001a. Mineralogical analysis of coals as an aid to seam correlation in the Gloucester Basin, New South Wales, Australia. *Int.J. Coal Geol* 47, 31-49.
- Ward, C.R., Ferm, J.C., 1984. Geology of coal, in: Ward, C.R. (Ed.), *Coal geology and coal technology*. Blackwell Scientific Publications, Melbourne, 151-176.
- Ward, C.R., Gurba, L.W., 1999. Chemical composition of macerals in bituminous coals of the Gunnedah Basin, Australia, using electron microprobe analysis techniques. *Int.J. Coal Geol* 39, 279-300.
- Ward, C.R., Li, Z.S., Gurba, L.W., Susilawati, R., 2006. Occurrence of inorganic elements in coal macerals as indicated by electron microprobe techniques, in: Chou, C., Dai, S., Jin, K. (Eds.), *Abstracts of the 23th Annual Meeting of the Society for Organic Petrology*, Beijing, China, 267-270.
- Ward, C.R., Spears, D.A., Booth, C.A., Staton, I., Gurba, L.W., 1999. Mineral matter and trace elements in coals of the Gunnedah Basin, New South Wales, Australia. *Int.J. Coal Geol* 40, 281-308.
- Ward, C.R., Taylor, J.C., Matulis, C.E., Dale, L.S., 2001b. Quantification of mineral matter in the Argonne Premium Coals using interactive Rietveld-based X-ray diffraction. *Int.J. Coal Geol* 46, 67-82.
- Ward, C.R., Warbrooke, P.R., Ivor Roberts, F., 1989. Geochemical and mineralogical changes in a coal seam due to contact metamorphism, Sydney Basin, New South Wales, Australia. *Int.J. Coal Geol* 11, 105-125.
- Zhou, Y., Bohor, B.F., Ren, Y., 2000. Trace element geochemistry of altered volcanic ash layers (tonsteins) in Late Permian coal-bearing formations of eastern Yunnan and western Guizhou Provinces, China. *Int.J. Coal Geol* 44, 305-324.
- Zodrow, E.L., Cleal, C.J., 1999. Anatomically preserved plants in siderite concretions in the shale split of the Foord Seam: mineralogy, geochemistry, genesis (Upper Carboniferous, Canada). *Int.J. Coal Geol* 41, 371-393.



**CHARACTERISTICS OF GAS SHALE IN DAKEBO FORMATION,  
AT WAGHETE AREA - PAPUA PROVINCE**  
*KARAKTERISTIK SERPIH GAS DI FORMASI DAKEBO,  
DAERAH WAGHETE, PROVINSI PAPUA*

**Robet Lumban Tobing**  
Center for Geological Resources  
Jl. Soekarno-Hatta No.444 – Bandung, Indonesia  
Email: trebor\_dim@yahoo.co.id

*Diterima : 26 Februari 2015*

*Direvisi : 22 April 2015*

*Disetujui : 4 Mei 2015*

**ABSTRACT**

Dakebo Formation is found in Akimeugah Basin. The formation is interpreted as Pliocene in age and it is sedimented on alluvial fan and flood plain environment, composed by conglomerate, sandstone, sandy shale, mudstone and lignite. In megascopic view, samples of rock in this area are blackish gray. Among shale beds there are thin sandstones and limestones layers as well as remains of brownish to blackish plants. The organic geochemistry and maceral analyses indicate that samples of rock contain organic material with fair to very good classification as source rocks, and consist of vitrinite and liptinite macerals. The presence of vitrinite maceral is 'rare to major' and liptinite is 'rare to common'. Based on the TOC analysis, abundance of the organic material is about 3.11% to 12.62% with type II and type III kerogen.  $T_{max}$  value is about 401°C to 431°C and Rv is 0.28% to 0.31% indicated that organic material is immature. Kerogen type II has prone to produce oil and type III has prone to produce gas.

**Keywords:** organic geochemistry, organic petrography, TOC, kerogen type, maturity.

**ABSTRAK**

*Formasi Dakebo berada di dalam Cekungan Akimeugah. Formasi ini diperkirakan berumur Pliosen, terendapkan pada lingkungan kipas aluvial dan dataran limpah banjir, tersusun oleh batuan konglomerat, batupasir, serpih pasiran, batulumpur dan lignit. Secara megaskopis, conto batuan berwarna abu-abu kehitaman. Di antara lapisan serpih, setempat-setempat terdapat sisipan tipis batupasir dan batugamping serta sering ditemui sisa tetumbuhan berwarna coklat dan hitam. Dari hasil analisis geokimia organik dan maseral yang dilakukan pada conto batuan mengindikasikan adanya kandungan material organik dengan kategori sedang hingga sangat baik sebagai batuan sumber. Material organik tersebut terdiri dari maseral vitrinit dan liptinit. Maseral vitrinit hadir dengan jumlah rare hingga major dan liptinit hadir dalam jumlah rare hingga common. Berdasarkan data hasil analisis TOC, conto batuan memiliki kelimpahan material organik berkisar 3,11% hingga 12,62% dan merupakan kerogen Tipe II dan Tipe III. Nilai  $T_{maks}$  sebesar 401°C hingga 431°C dan nilai Rv sebesar 0,28% hingga 0,31% mengindikasikan material berada pada tahap belum matang (immature). Kerogen Tipe II memiliki kecenderungan menghasilkan minyak dan Tipe III memiliki kecenderungan menghasilkan gas.*

**Kata kunci:** geokimia organik, petrografi organik, TOC, tipe kerogen, kematangan.

**INTRODUCTION**

Gas shale is considered to be an unconventional resource, in the same category as coal bed methane (CBM) and tight gas reservoirs (Etminan, *et al.*, 2014). Unconventional gas is a hydrocarbon

resource found in low to ultra-low permeability sediments that can be produced economically if the well is stimulated by hydraulic fracture treatment or accessed by horizontal wellbore, multilateral wellbores or some other technique, which is used to unleash locked

natural gas out of the reservoir (Boyer *et al.*, 2011; Holditch Madani, 2010; in Bocora, 2012).

In Indonesia, gas shale spread in many places, one of which is in Waghete and surrounding area (Figure 1). At the study area, the gas shale was discovered on Dakebo Formation, Upper Miocene to Pliocene in age (Panggabean and Pigram, 1989). Yen and Chilingarian (1976) mentioned that formations containing shale deposits are generally deposited at a slow condition, in the salt and fresh water, lakes, delta and marsh environment. The content of organic material usually derived from algae and the remains of plant.

The research area is at Waghete area, in Deiyai Regency, Papua Province. It's geographically located at 4°00' to 4°10' south latitude and 136° 10' to 136° 20' east longitude.

This study is aimed to investigate the characteristics of gaseous shale in Dakebo Formation to determine the potential and production of gas shale deposits.

## METHODOLOGY

Methodology in this research consists of compilation, analysis and data estimation of organic geochemical, petrographic and retort sample of rocks. The geochemical and petrographic organic analyses were conducted to unravel the abundance, type, maturity, as well as the origin of organic material that contained in sample of rocks. Whilst, the retort analyze is a method to estimate the oil content of rock through the process of heating up to 550°C.

## REGIONAL GEOLOGY

Based on the Map of Indonesian Sedimentary Basin that issued and published by the Centre for Geological Survey in 2009, it was reported that the research area of this study is included in the Akimeugah Basin (Panggabean *et al.*, 1989).

Morphology of the study area is a hilly region with slope about 20° to 80° and an altitude 700 meter to >1000 meter above sea level. The pattern of river flow is sub-dendritic.

According to Panggabean dan Pigram (1989), regional stratigraphy of the study area consists of Kembelangan Group that composed by Woniwogi sandstone aged Early Cretaceous (JKw), Paniya mudstone aged Middle Cretaceous (Kp) and Ekmai sandstone aged Late Cretaceous to Paleocene (Kue).

Paniai Group consists of Waripi Formation with Paleocene to Middle Eocene aged (KTew) and Yawee Formation with Middle Eocene to Early Miocene aged (Temy). And then, on the Yawee Formation was deposited in conformity Buru Formation aged Early Miocene to Pliocene (Tqbu) which interfingering contact with Dakebo Formation aged Pliocene (Qpd) (Figure 2).

Geological structure that thrive in the research area is syncline and anticline by bedding dip about 3° to 20° and normal faults.

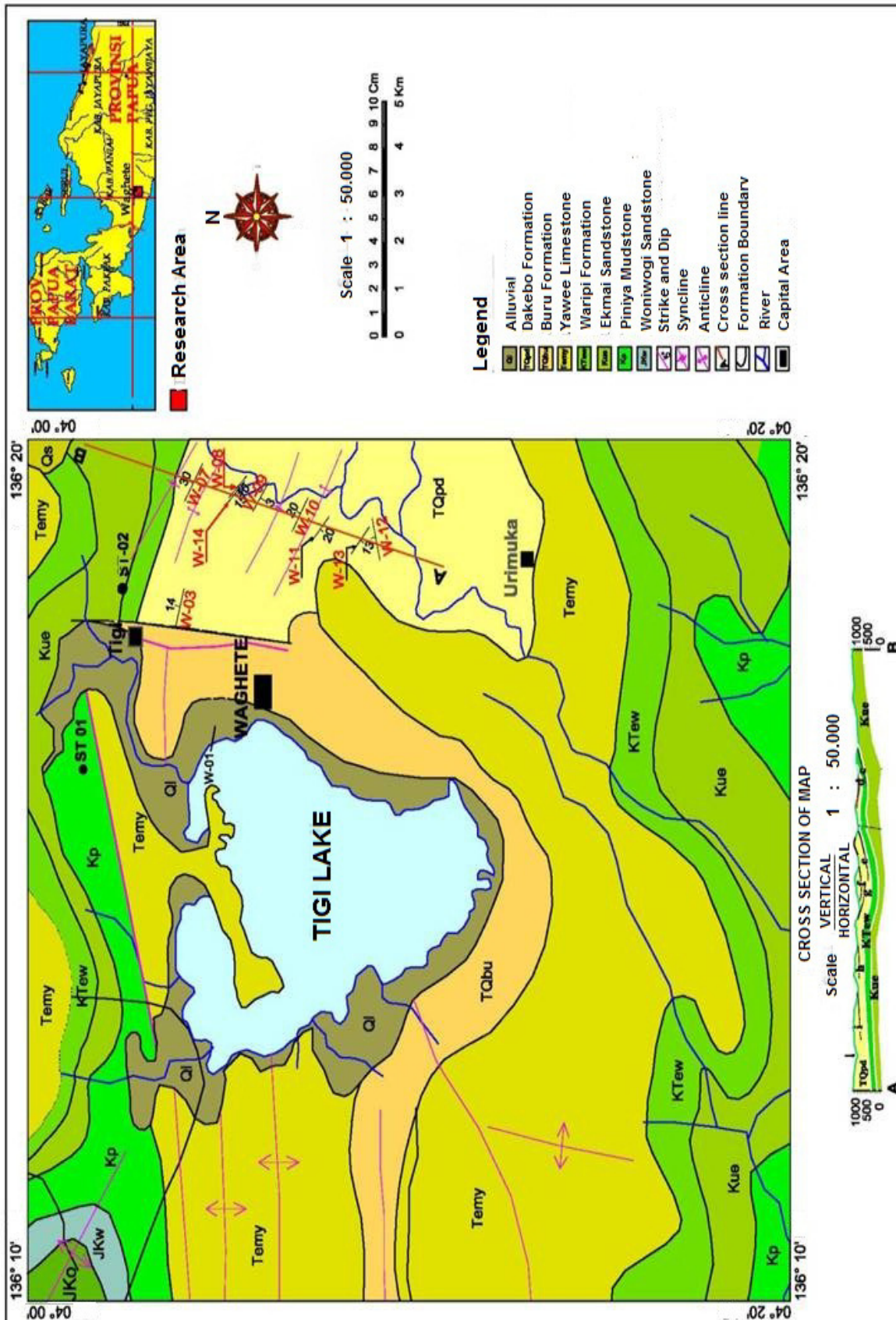


Figure 1. Geological map at Waghete and around areas (modified from Panggabean and Pigram, 1989).

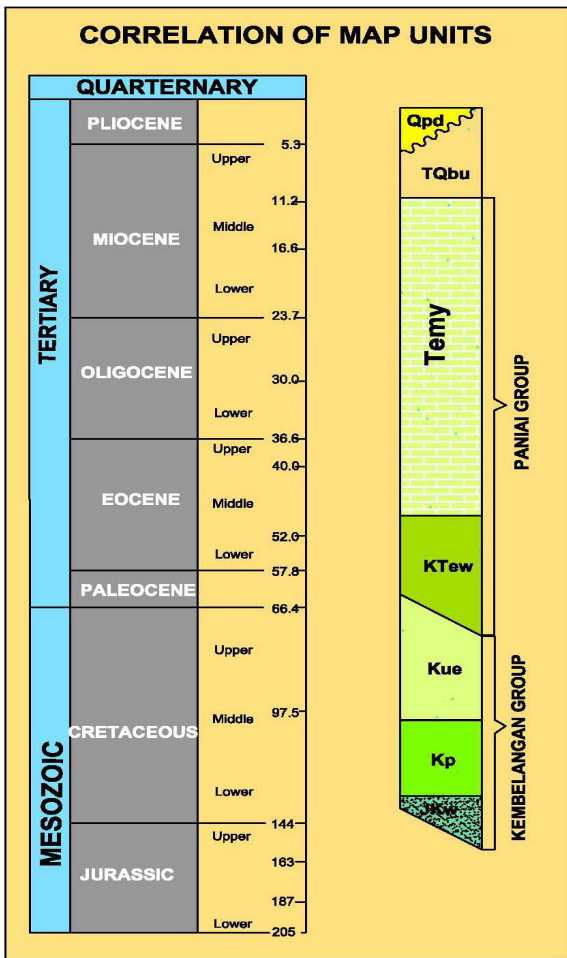


Figure 2. Stratigraphy of Waghete and surrounding area (modified from Panggabean and Pigram, 1989).

DATA ANALYSIS

The results from the geological mapping in the field have been found 14 outcrop and notated W-01, W-02, W-03, W-04, W-05, W-06, W-07, W-08, W-09, W-10, W-11, W-12, W-13 and W-14. The obtained sample of rocks is gray to black. In some places there is a thin bedding of sandstone and limestone with thickness about one until ten centimeter, also found remains of plant, which are brownish and blackish in color. Nine samples of rock were analyzed using organic petrographic and retort methods, while four samples were using organic geochemical analysis (Table 1).

Based on data from the TOC analysis (see Table 1), it is estimated that content of the organic carbon is from 3.11% to 12.62%. According to the terminology of organic maceral (Cook, 1982), microscopically, organic maceral from sample of rocks are dominated by vitrinite maceral about <0.1 % to 50% (rare to major) while liptinite and inertinite are <0.1% to 2.0% (rare to common). Mineral components consists of pyrite about <0.1% to 0.5% (rare to sparse) and iron oxide is about <0.1% to 10.0% (rare to abundant).

Tabel 1. Result of the geochemical and petrographic organic analysis and *retort* from the samples of rock at the research areas.

No.	Sample Code	TOC (%)	Retort		Organic petrographic						Organic Geochemical							
			Oil (liter/ton)	SG	Rv	V	L	I	FeS <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S1	S2	S3	Tmax (°C)	PI	PY	HI	OI
1	W-03	-	3	2.33	0.28	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1-0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
2	W-07	3.11	0	2.14	-	-	-	-	<0,1	0,1-0,5	0,08	1	7,67	431	0,07	1,08	32	247
3	W-08	-	2	2.16	-	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
4	W-09	7.59	10	2	0,31	10,0-50,0	0,1-0,5	-	0,1-0,5	2,0-10,0	1,32	10,68	9,9	401	0,11	12	141	130
5	W-10	12.62	10	1.77	0,31	10,0-50,0	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5	2,0-10,0	1	16,52	29,16	406	0,06	17,52	131	231
6	W-11	-	20	2	0,31	2,0-10,0	0,5-2,0	0,5-2,0	<0,1	0,5-2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
7	W-12	-	0	1.54	-	-	-	-	<0,1	0,5-2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
8	W-13	-	20	2.16	0,33	10,0-50,0	-	0,1-0,5	<0,1	0,5-2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
9	W-14	3.75	10	2	-	<0,1	0,1-0,5	-	-	0,1-0,5	0,24	1,65	9,15	425	0,13	1,89	44	244

Keterangan:

TOC	:Total organic carbon	I	:Inertinite	SG	:Specific gravity	PY	:Potensial Yield
Rv	:Reflexance vitrinite	FeS <sub>2</sub>	:Pyrite	Tmax	:Maximum temperature	HI	:Hydrogen Index
V	:Vitrinite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	:Oksida Besi	PI	:Production Index	OI	:Oksigen Index
L	:Liptinite						



Using of the TOC and PY (S1 + S2) parameter in the form a cross plot between PY vs TOC at the diagram (Figure 3) shows that abundance and potential from organic material to produce hydrocarbon are included in the criteria for fair to very good as a source rock.

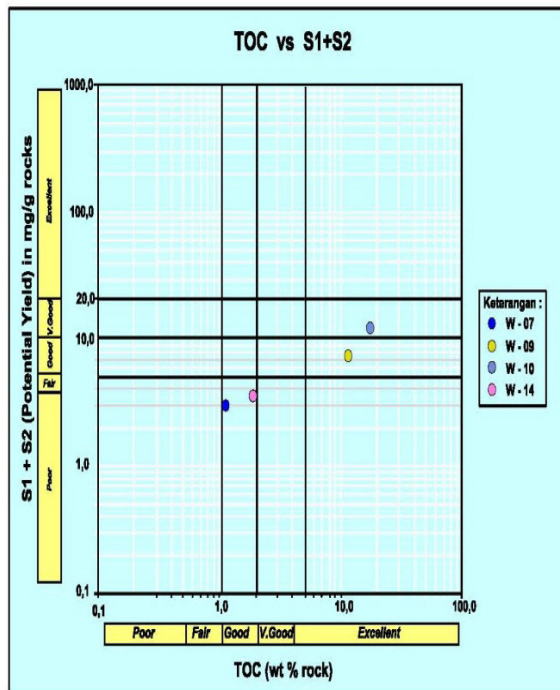


Figure 3. Cross plot between TOC vs PY.

Type of organic material is determined based on the data from maceral analysis, that is HI (hydrogen index) and OI (oxygen index). Type of organic materials is a reflection of maceral component in sedimentary rocks. Cross plot between HI vs OI on the van Krevelen diagram (Figure 4) shows that organic material in the samples of rock indicates type III kerogen.

Based on result from the maceral analysis, sample of rocks are dominated by vitrinite and liptinite.

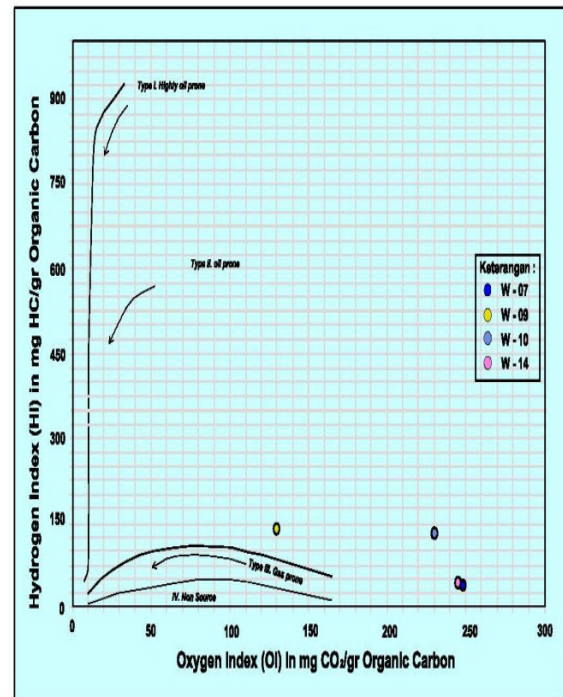


Figure 4. Cross plot between HI vs OI.

Maturity of the organic material in samples of rock is determined based on the  $T_{max}$  (maximum temperature) and  $R_v$  (vitrinite reflectance) value.

Based on the result from pyrolysis analysis,  $T_{max}$  value is about 401°C to 431°C. This value indicates that organic material is immature. Cross plot between  $T_{max}$  vs HI on diagram shows that samples of rock are at the stage of immature (Figure 5).

$R_v$  measurements were performed on sample of rocks about 0.28% to 0.33% (Table 1), this indicates that the organic material is categorized as immature.

From the retort analysis (Table 1), it shows that seven samples of rock will produce oil about 2 to 20 liters of oil/ton of rocks and two samples (W-07 and W-12) will not produce oil. The average amount of oil content can be generated from nine samples of rock is 10.7 liters of oil/ton.

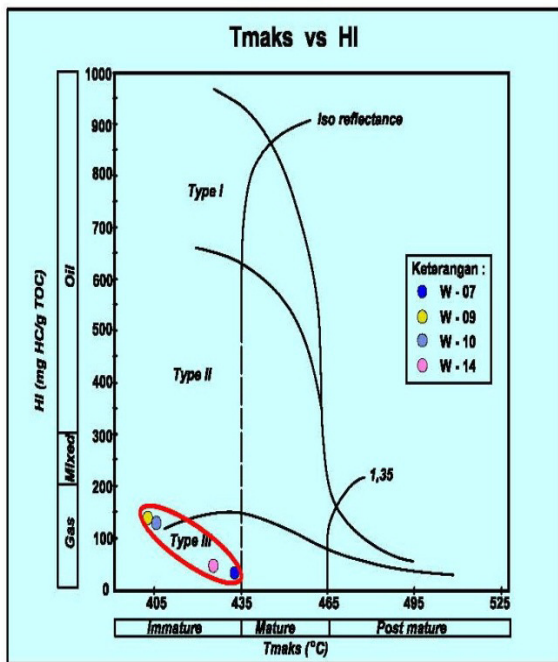


Figure 5. Cross Plot between  $T_{max}$  vs HI.

**DISCUSSION**

Dakebo Formation is in Akimeugah Basin that deposited in alluvial fan environment at the bottom and flood plain at the top. This formation is Plio-Pleistocene in age, composed of conglomerate, sandstone, sandy shale, mudstone and lignite (Panggabean and Pigram, 1989).

Megascopically, shale rock at the study area is blackish gray. In the shale bed, locally, there are thin sandstone and limestone layers as well as remains of plant in brownish and blackish color.

Based on the data of the TOC analysis, it is known that abundance of organic material from the sample of rock is in the range of 3.11% to 12.62%. According to Peters and Cassa (1994), sedimentary rock that contains the TOC about 1.0% to 4.0% is classified as likely good to very good potential as hydrocarbon source rock and greater than 4.0% is potential as a source rock.

The result of organic petrographic analysis (Table 1) from rock samples contains the organic material which is dominated by vitrinite and liptinite. Maceral vitrinite is an organic material derived from

higher plants that is a type III kerogen which have a tendency to produce gas, while maceral liptinite derive from plant fats that is type II kerogen which have a tendency to produce oil (Waples, 1985).

According to Peters and Cassa (1994), the value of HI smaller than 50% mg HC/g TOC it is a type IV kerogen and at the peak of maturity will not produce hydrocarbons (none), otherwise, the HI values ranging from 50 mg to 200 mg HC/g TOC is kerogen type III and at the peak of maturity has a tendency to produce gas.

Based on the pyrolysis analysis, the obtained values of  $T_{max}$  from the samples are about 401°C to 431°C and categorized as immature. The early and peak phase maturity of the organic material is greater than 435°C to 445°C (Peters and Cassa, 1994).

From analysis of the vitrinite reflectance, the obtained  $R_v$  values are about 0.28% to 0.33%, these values also indicate organic material considered immature. The early phase mature of organic materials based on the value of  $R_v$  is equal to 0.6% and peak maturity is 1.35% (Peters and Cassa, 1994).

In some sample of rocks with notation W-07, W-08, W-12 and W-14 (Table 1), the value of  $R_v$  can not measured by microscope because there is no finding of the incision vitrinite maceral in the polish sample of rocks. According to Subroto (2004), vitrinite reflectance analysis has weakness in determining the level of maturity of source rocks caused maceral vitrinite that found in shales were smooth and generally it has been re-arranged or other materials (not vitrinite) which has been compacted.

Based on the results of retort analysis, obtained average oil content is as much as 10.7 liter oil /ton. The amount of oil that obtained is not proportional to amount of TOC value in the sample of rocks. This case indicates that the organic material is more dominated by kerogen type III which has a tendency to produce gas and a little oil.

## CONCLUSION

In the study area, Dakebo Formation is thought to be carriers of gas shale that accumulated in shale and sandstone rocks. Maceral content from samples of rocks is dominated by vitrinite (rare to major), a little liptinite and inertinite (rare to common) maceral. Values of the TOC are about 3.11% to 12.62% and  $T_{max}$  range from 401°C to 431°C indicate that the organic material constitute type II and Type III kerogen with immature category. Rock samples in the study area were estimated to have a tendency to produce gas (gas prone) and a little oil.

## ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to thank the head of Center for Geological Resources and also to Asep Suryana and Agus Subarnas who have given support and input to complete this paper.

## REFERENCES

- Anonymous, (2011): Preliminary Investigation on Gas Shale in Waghete and Surrounding Area, Deiyai Regency, Papua Province, Unpublished report of Center for Geological Resources, Bandung (In Indonesian).
- Bocora, Jan, (2012), *Global prospects for the development on unconventional gas*, International Congress on Interdisciplinary Business and Social Science, Sydney.
- Cook, A.C. (1982), *The origin and petrology of organic matter in coal, oil shales and petroleum source rocks*, University of Wollongong, Australia.
- Etminan, S., Reza, Javadpour, F., Maini, Brij, B., Chen, Zhangxin, (2014), *Measurement of gas storage processes in shale and of the molecular diffusion coefficient in kerogen*, International Journal of Coal Geology, vol. 43
- Harahap, Bhakti, H., Syaiful B., Baharuddin, Suwarna N., Panggabean H., Simanjuntak T.O. (2003), *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*, (Special Publication No. 29), Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Hutton, A.C. (2006): Organic petrography and classification of oil shales: *Oil shales workshop*, University of Wollongong, Australia.
- Panggabean, H. and Pigram, C.J., (1989): Geologic Map of Waghete Quadrangle, Irian Jaya, , Geological Research and Development Center, Bandung, Indonesia
- Peters, K.E., and Cassa, M.R. (1994): Applied source rock geochemistry: *The petroleum system from source rock to trap*, AAPG Memoirs # 60.
- Subroto, E.A. (2004) Introduction to Petroleum Gechemistry, Departemen Teknik Geologi, ITB, Bandung (in Indonesian).
- Taylor, G.H., Teichmuller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P. (1998): *Organic petrology: A new handbook incorporating some revised parts of Stach's textbook of coal petrology*, Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- Tissot, B.P.,and Welte, D.H. (1984): *Petroleum formation and occurrence*, Springer Verlag, Berlin.
- Waples, D.W. (1985): *Geochemistry in petroleum exploration*, International Human Resources Development Corporation, Boston.
- Yen, T.F., and Chilingarian, G.V. (1976): *Oil shale*, Elsevier, Amsterdam.





## PROSPEK PEMANFAATAN LEMPUNG FORMASI MUARAENIM DAN TUF FORMASI RANAU SEBAGAI BAHAN BAKU KERAMIK DI KABUPATEN OGAN KOMERING ULU SELATAN, PROVINSI SUMATERA SELATAN

*THE PROSPECT OF CLAY DEPOSIT FROM MUARAENIM FORMATION AND TUFF  
FROM RANAU FORMATION AS CERAMIC RAW MATERIAL IN OGAN KOMERING ULU  
SELATAN REGENCY, SOUTH SUMATERA PROVINCE*

**Bayu Sayekti dan Penny Oktaviani**

Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno-Hatta No. 444, Bandung

Email : sayekti\_bayu@yahoo.co.id; penny.oktaviani@gmail.com

Diterima : 2 Maret 2015

Direvisi : 27 April 2015

Disetujui : 13 Mei 2015

### ABSTRAK

Endapan lempung Formasi Muaraenim di daerah Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan terdapat sebagai *overburden* di bagian atas lapisan batubara, dan sebagai *interburden* di antara dua lapisan batubara. Formasi Ranau terdiri dari tuf riolitan, tuf batuapung, tuf padu dengan sisipan batulempung berkarbon.

Berdasarkan evaluasi hasil pengujian awal melalui pembakaran pada suhu tinggi 1.400°C menunjukkan bahwa lempung dari Formasi Muaraenim di daerah penyelidikan dapat digunakan sebagai bahan baku keramik bodi *stoneware*, sedangkan felspar diagenetik (tuf feldspatik) dapat dimanfaatkan untuk bahan pelebur (*flux*) dalam bodi keramik pada proses pembakaran.

Percobaan prototip ubin, dengan rasio komposisi campuran lempung dan felspar diagenetik (tuf feldspatik) 1 : 1 menunjukkan hasil dapat dibuat ubin keramik berglasir kelas II berbasis bodi "*stone ware*" dengan suhu pembakaran 1.150°C. Sumberdaya lempung dan felspar yang cukup berlimpah ini dapat dimanfaatkan dan prospek untuk dikembangkan sebagai bahan baku alternatif siap pakai untuk industri keramik.

**Kata kunci:** lempung, felspar, bahan keramik.

### ABSTRACT

*Clay deposit of Muaraenim Formation in Ogan Komering Ulu Selatan Regency is found as overburden on top of coal seam, and as interburden among two coal seams. Ranau Formation consists of rhyolitic tuff, pumice tuff, and tuff intercalation with carbonize claystone.*

*Early result through high temperature combustion at 1,400°C shows that clay from Muaraenim Formation in study area can be utilized as stoneware ceramic body, while diagenetic feldspar (feldspatic tuff) can be utilized as fusion material (flux) for ceramic body in the combustion process.*

*Tile prototype analysis with composition ratio of clay and diagenetic feldspar (feldspatic tuff) 1 : 1 shows that within combustion temperature 1,150°C, it can produce grade II of glazing ceramic tile based on stoneware body. This abundant clay and felsdpar resources can be utilized and developed for ready-made alternative raw material in ceramic industry.*

**Keywords:** clay, feldspar, ceramic material.

### PENDAHULUAN

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu faktor penting untuk kelangsungan hidup industri keramik. Pada tahun 2014, industri keramik Indonesia memiliki kapasitas 1,8 juta m<sup>2</sup>/hari dan produksi 1,6 juta m<sup>2</sup>/hari. Hasil

produksi sebanyak 87% diserap pasar lokal dan 13% lainnya diekspor, dengan nilai penjualan industri keramik mencapai Rp 30 triliun dan diproyeksikan pada tahun 2015 mencapai Rp 36 triliun atau meningkat 20% (<http://www.kemenperin.go.id/artikel/8999/Kapasitas-Industri-Keramik-Terus-Diperluas>).

Penduduk Indonesia yang mencapai 250 juta jiwa dinilai menjadi peluang pasar yang besar bagi industri keramik nasional. Hal itu seiring dengan pertumbuhan pasar dalam negeri yang terus meningkat, terutama untuk jenis *floor tile* atau ubin, karena didukung oleh pertumbuhan pembangunan properti maupun perumahan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui prospek pemanfaatan felspar pada satuan tuf Formasi Ranau dan lempung sedimen yang dijumpai sebagai *overburden* dan *interburden* lapisan batubara dari Formasi Muaraenim. Tuf Formasi Ranau ditemukan di daerah Simpang Sender Utara, Kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah, daerah Sukarami dan Mehinggim serta Pelangki, Kecamatan Muaradua. Lempung sedimen dijumpai di daerah Simpang Sender Utara, Kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah, daerah Campang dan Sipin, Kecamatan Muaradua, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1).

## GEOLOGI DAN BAHAN BAKU KERAMIK

Daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Baturaja, Sumatera, skala 1 : 250.000 (Gafoer, dkk, 1993). Batuan yang terdapat di daerah ini sangat beragam dari batuan vulkanik, batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan dari berbagai umur. Formasi-formasi batuan yang terdapat di daerah penyelidikan yang cukup potensial sebagai bahan baku keramik terdapat pada Formasi Muaraenim, Formasi Ranau, Satuan Batuan Gunung Api dan Satuan Breksi.

**Formasi Muaraenim (Tm<sub>pm</sub>)**, formasi ini terdiri dari batulempung yang berwarna coklat sampai hitam, keras, dengan sisipan batubara, diperkirakan berumur Miosen Akhir-Pliosen Awal. Formasi batuan ini tersebar di bagian tengah wilayah penyelidikan memanjang berarah utara – selatan, dijumpai di daerah perbatasan Plangki dan Serakat (Kecamatan Muaradua), Ruos, Pelawi

(Kecamatan Buay Rawan) dan Simpang Sender Utara (Kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah), membentuk perbukitan bergelombang. Lempung di daerah ini sama sekali belum dimanfaatkan.

**Formasi Ranau (Q<sub>Tr</sub>)**, terdiri dari tuf riolitan, tuf batuapung, tuf padu dengan sisipan batulempung berkarbon, diperkirakan berumur Plio-Plistosen. Formasi ini diendapkan tak selaras di atas formasi-formasi yang lebih tua, menjemari sebagian dengan Formasi Kasai.

**Satuan Batuan Gunungapi (Q<sub>v</sub>)**, terdiri dari lava, tuf dan breksi gunungapi bersusunan andesit-basal, diperkirakan berumur Plistosen Akhir. Berdasarkan pengamatan satuan ini tersebar di bagian barat dan baratdaya dari daerah penyelidikan, tersebar berarah barat laut-tenggara, satuan ini terdiri dari *boulder-boulder* andesit-basal serta breksi gunungapi. Lapukan breksi ini berupa lempung berwarna abu-abu kemerahan, liat dan lengket jika kena air, tersingkap di daerah perbukitan termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Buay Pemaca.

**Satuan Breksi (Q<sub>hv</sub>)**, terdiri dari breksi gunungapi, lava dan tuf bersusunan andesit-basal, diperkirakan berumur Plistosen-Holosen. Berdasarkan pengamatan di lapangan satuan ini berkomposisi hampir sama dengan Satuan Batuan Gunungapi, yang susunannya berupa bongkah-bongkah andesit-basal serta breksi gunungapi. Pelapukannya berupa lempung berwarna merah, liat dan lengket jika kena air. Satuan batuan ini tertutup tuf yang diperkirakan berasal dari Formasi Ranau, dijumpai di daerah Kisam Ilir, tersebar di bagian barat laut dan tenggara lokasi penelitian berarah barat-timur.

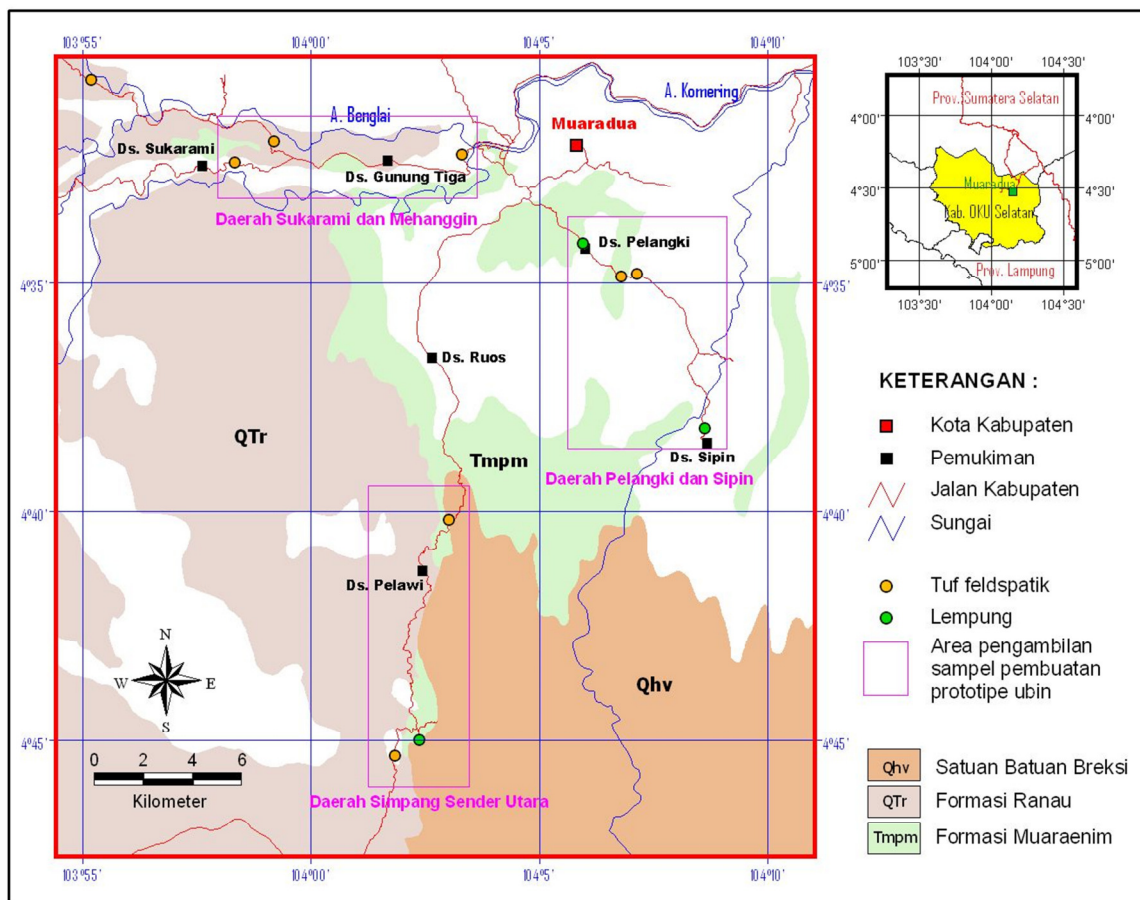
Keramik adalah berbagai produk seni, sains dan teknologi yang dibuat dari campuran bahan tambang/galian anorganik non logam seperti lempung, felspar, kaolin dan pasirkuarsa yang dalam prosesnya mengalami pembakaran suhu tinggi, mempunyai struktur kristalin, *non* kristalin atau campuran dari keduanya. Sifat keramik sangat ditentukan oleh struktur kristal, komposisi kimia dan

mineral bawaannya. Oleh karena itu sifat keramik juga tergantung pada lingkungan geologi tempat bahan diperoleh. Bahan baku keramik yang umum dipakai adalah lempung, felspar, *ball clay*, kuarsa dan kaolin (Praptopo Sumitro, 1984 dalam Agus Mulyadi Utomo, 2007).

Felspar merupakan mineral alumina silikat yang kaya akan kalium dan natrium, merupakan turunan dari kelompok mineral plagioklas yang berkomposisi asam. Batuan granit, genes dan pegmatit merupakan sumber dari felspar, selain itu dapat dijumpai dalam granodiorit dan tufa riolitik. Felspar merupakan salah satu komoditi mineral bukan logam yang penting guna memenuhi kebutuhan di bidang industri keramik. Mutu felspar ditentukan oleh kandungan  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  yang relatif tinggi (>6%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{TiO}_2$

(Sukandarrumidi, 1999). Pada umumnya felspar diolah dengan menghilangkan unsur pengotor seperti besi, biotit, turmalin, mika dan kuarsa. Apabila unsur  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  terlalu tinggi akan mengakibatkan perubahan warna pada proses pembuatan badan keramik ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  maksimum 0,30%).

Jenis felspar yang digunakan dalam industri keramik adalah ortoklas/mikroclin dan albit/plagioklas asam (natrium felspar), sedangkan yang basa dengan kadar kalium tinggi jarang dipakai. Persyaratan mutu felspar untuk pembuatan *body* keramik dan glasir dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pengujian sifat fisik perlu dilakukan dengan metoda uji bakar keramik pada suhu  $1.400^\circ\text{C}$ , setelah pembakaran kemudian diamati kepadatan, warna dan homogenitas leburan.



Gambar 1. Peta lokasi pemercontaan dan sebaran formasi pembawa bahan baku keramik

Tabel 1. Syarat mutu felspar untuk pembuatan badan keramik halus (SNI 15-0926-1996)

Komposisi Kimia	Felspar Sebagai Bahan Baku		
	Porselin (%)	Gerabah padat (%)	Gerabah keras (%)
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	10-16,9	6-10	4-6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , maks	0,5	1	1
Ti <sub>2</sub> O, maks	0,3	-	-

Tabel 2. Syarat mutu felspar untuk glasir (SII No. 1275 – 1985)

Kelas	Kadar Na <sub>2</sub> O (%)	Kadar Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
1	2,00 – 2,99	Maksimum 0,3
2	3,00 – 3,99	untuk semua kelas
3	4,00 – 4,99	
4	5,00 – 5,99	
5	6,00 – 6,99	

Lempung dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu (Sukandarrumidi, 1999) :

- 1) Lempung residu, terbentuk karena proses pelapukan batuan beku, sedimen maupun malihan dan ditemukan di sekitar batuan induknya.
- 2) Lempung sedimen, sering disebut tanah liat ini didasarkan atas sifatnya yang liat bila terkena air, merupakan hasil desintegrasi, pelapukan kimia terutama pengaruh H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> dibantu mikroorganisme terhadap batuan induk.

Mutu lempung residu umumnya lebih baik dari lempung sedimen, dengan komposisi didominasi oleh mineral illit dan umumnya digunakan untuk pembuatan batubata, genteng dan gerabah.

Bahan mentah keramik menurut fungsinya dalam bodi digolongkan menjadi 4 (empat), yaitu sebagai:

- 1) Bahan Pengikat, seperti kaolin, *ball clay*, *fire clay*, *red clay*
- 2) Bahan Pelebur, seperti felspar, kapur
- 3) Bahan Pengisi, seperti silika, grog (samot)
- 4) Bahan Tambahan, seperti *water glass*, talk, pirofilit

## METODE PENELITIAN

Metoda penelitian yang digunakan meliputi penelitian lapangan, analisis laboratorium serta pengolahan data. Penelitian lapangan berupa pengamatan singkapan dan hubungannya dengan formasi pembawa bahan galian keramik,

serta pengambilan perconton lempung dan felspar diagenetik. Endapan lempung diambil dari sumur uji, berupa lapisan *overburden* dari batubara, sedangkan endapan felspar diagenetik diambil dengan metode *chip sampling*.

Analisis laboratorium meliputi analisis kimia unsur utama (*major element*) dan analisis keramik meliputi: analisis bakar pendahuluan atau yang dikenal dengan PS 14, analisis bakar teknologi dan pembuatan *prototype*. Analisis kimia unsur utama dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur utama dari conto lempung dan felspar diagenetik, hal ini penting khususnya untuk menentukan kualitas dari lempung dan felspar diagenetik. Analisis bakar pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat keramik dari lempung dan felspar diagenetik. Analisis ini dilakukan dengan cara membakar conto lempung dan felspar diagenetik dengan suhu mencapai 1.400°C, yang diamati adalah kepadatan hasil bakar, massa gelas, homogenitas leburan dan warna. Analisis bakar teknologi dilakukan dengan cara membakar prototipe ubin pada suhu 1.050°C dan 1.150°C, yang diamati adalah susut kering, susut bakar, susut jumlah, peresapan air dan kuat lentur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Formasi Ranau tersebar sangat luas di bagian tengah dari daerah penyelidikan, tersebar berarah baratlaut-tenggara, dijumpai di daerah Kecamatan

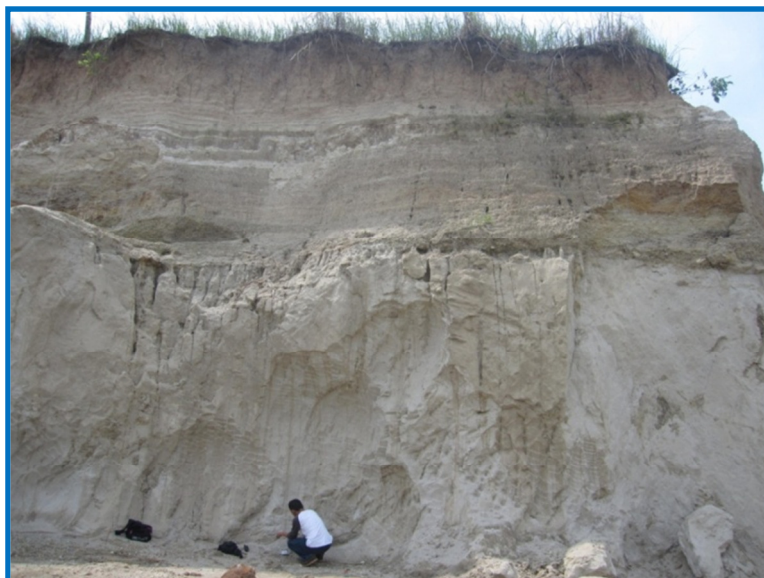


Buay Sandang Aji, Kecamatan Runjung Agung, Kecamatan Buay Rawan, Kecamatan BPR Ranau Tengah, dan Kecamatan Pulau Beringin. Tuf dari formasi ini berwarna putih keabu-abuan, rapuh-keras, banyak dijumpai mika, umumnya menempati daerah pematang tinggi jalan dan daerah perbukitan yang masih ditumbuhi semak belukar dan tanaman keras. Berdasarkan analisis petrografi, mempunyai komposisi kuarsa 10%, plagioklas 3%, opal/oksida besi 5%, biotit 10%, gelas 30% dan mineral lempung 42%. Lapukan lanjut dari batuan tuf yang berupa lempung sudah diusahakan oleh masyarakat di daerah Talang Sawah, Desa Pelangki, Kecamatan Muaradua sebagai bahan baku pembuatan batubata dengan harga Rp 500-550/bata di tempat. Sumberdaya hipotetik felspar diagenetik (tuf felspatik dari Formasi Ranau) sebesar 13.776.000 ton (Sayekti, dkk., 2012).

Beberapa conto tuf felspar diambil untuk dianalisis kimia dan keramik. Adapun lokasi pengambilan conto adalah: di Desa Negeri Agung, Kecamatan Buay Sandang Aji, di Desa Simpang Pedagan, Kecamatan Muaradua (Gambar 2), di Talang Nangka, Desa Simpang Sender Utara, Kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah, di Desa Mehangingin, Kecamatan Muaradua, di Desa Pulau

Beringin, Kecamatan Pulau Beringin, di Desa Campang, Kecamatan Kisam Ilir, di Desa Tanjung Iman, Kecamatan Buay Sandang Aji, di Desa Kenali, Kecamatan Buay Sandang Aji, di Desa Sukarami, Kecamatan Buay Sandang Aji), di Desa Serakat Jaya, Kecamatan Buay Pemaca, dan di Desa Pelangki, Kecamatan Muaradua. Hasil analisis kimia terhadap conto tuf felspatik di daerah tersebut menunjukkan kandungan  $\text{SiO}_2$  68,36% s.d. 73,39%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10,86% s.d. 13,96%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1,80% s.d. 5,30%;  $\text{Na}_2\text{O}$  1,85% s.d. 3,92%; dan  $\text{K}_2\text{O}$  2,59% s.d. 4,43%.



Berdasarkan hasil analisis kimia dan bakar/keramik felspar dari tuf Formasi Ranau dapat digunakan sebagai glasir kelas 1 ( $\text{Na}_2\text{O}$  2,96%) dan glasir kelas 2 ( $\text{Na}_2\text{O}$  3,11% s.d. 3,86%) (Tabel 2) dan sebagai bahan baku gerabah kasar/*earthenware*, gerabah padat/*stoneware* dan pelebur (Tabel 3). Tuf felspatik tersebut, sebelum digunakan sebaiknya perlu dilakukan proses pengolahan (*benefisiasi*) guna menghilangkan mika dan kuarsa serta menurunkan kadar oksida pengotornya ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sampai dengan persyaratan yang ditentukan sebagai bahan baku pembuatan badan keramik serta pelebur. Oksida pengotor ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang berada di dalam tuf felspatik tersebut relatif cukup tinggi berkisar dari 1% s.d. 5%.



Gambar 2. Singkapan felspar diagenetik dari tuf Ranau di Desa Simpang Pedagan, Kecamatan Muaradua



Tabel 3. Hasil uji bakar (sifat-sifat keramik) dari tuf feldspatik pada suhu 1.400°C

Daerah		Keterangan
PT MBH Mineral Resources, Desa Pelawi		Hasil evaluasi : bodi sudah padat, tidak porous, massa gelas sudah melebur sempurna, warna bakar hitam kecoklatan bintik oranye, permukaan halus dan mengkilat, cocok untuk bodi <i>earthenware</i> dengan suhu bakar < 1.000°C.
Talang Nangka, Desa Simpang Sender Utara		Hasil evaluasi : bodi sudah padat, warna bakar coklat keabu-abuan bintik hitam dan oranye, massa gelas melebur sempurna, kemungkinan cocok untuk bodi <i>earthenware</i> dengan suhu bakar < 1.000°C.
Desa Mehanggin		Hasil evaluasi : bodi sudah melebur sempurna, warna bakar coklat keabu-abuan, homogenitas leburan merata, massa gelas banyak, kemungkinan cocok untuk bodi <i>earthenware</i> dengan suhu bakar < 1.000°C.
Desa Sukarami		Hasil evaluasi : bodi sudah melebur sempurna, warna bakar abu-abu kecoklatan, kemungkinan cocok untuk bahan pelebur.


Endapan lempung sebagai bahan baku keramik dijumpai di bagian tengah daerah penelitian, di daerah IUP Eksplorasi PT. Anugrah Energi, Desa Simpang Sender Utara, Kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah, dari lubang sumur uji, dijumpai endapan lempung sebagai *overburden* dan *interburden* pada lapisan batubara dari Formasi Muaraenim (Gambar 3). Sumberdaya hipotetik lempung di daerah ini sebesar 8.441.000 m<sup>3</sup> atau setara dengan 14.771.750 ton (Sayekti, dkk., 2012).

Hasil analisis kimia terhadap conto lempung di daerah ini menunjukkan kandungan SiO<sub>2</sub> 63,34%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 18,40%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,45% dan MgO 0,42%, sedangkan hasil analisis bakar (Tabel 4) menunjukkan bahwa lempung di daerah ini mempunyai pori cukup banyak, massa gelas belum terbentuk, belum lebur, warna bakar coklat kemerah-merahan, kemungkinan cocok untuk bahan baku keramik bodi *stoneware* dengan suhu bakar 1.100°C s.d. 1.250°C.



Gambar 3. Singkapan lempung sedimen Formasi Muaraenim, di daerah sekitar IUP Eksplorasi batubara PT. Anugrah Energi diambil dari lubang sumur uji

Tabel 4. Uji coba bakaran sifat keramik dari lempung

Daerah		Keterangan
PT. Anugrah Energi, Desa Simpang Sender Utara		Hasil evaluasi : pori cukup banyak, massa gelas belum terbentuk, belum lebur, warna bakar coklat tua, kemungkinan cocok untuk bodi <i>stoneware</i> dengan suhu bakar 1.100°C s.d. 1.250°C.

Lempung sebagai bahan baku keramik di daerah ini, selain dijumpai sebagai lempung sedimen, terdapat pula lempung residual hasil pelapukan dari Satuan Batuan Gunungapi, dapat dijumpai di Desa Sipin, Kecamatan Buay Pemaca. Hasil analisis kimia terhadap conto lempung di daerah ini menunjukkan kandungan  $\text{SiO}_2$  49,84%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  21,08% dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  12,16%, sedangkan hasil analisis bakar menunjukkan bahwa lempung di daerah ini mempunyai bodi sangat porous, warna bakar merah tua kecoklatan, permukaan retak-retak, bersifat tahan api rendah, kemungkinan cocok untuk barang tahan api suhu rendah.

Setelah dilakukan uji bakaran sifat-sifat keramik dan diketahui hasil evaluasinya, maka dilakukan uji coba untuk pembuatan prototipe berupa ubin (10 cm x 10 cm) yang merupakan

pencampuran conto lempung dan tuf felspatik dengan perbandingan 1 : 1 (50% lempung dan 50% felspar). Sebagai bahan baku pembuatan ubin keramik felspar berfungsi untuk menghasilkan ubin lebih tahan terhadap retakan (*cracking*) dan mengurangi susut. Sedangkan lempung karena sifat keplastisannya memudahkan pembentukan rangka/*body* ubin tersebut. Prototipe ubin ini dibakar dengan suhu 1.050°C dan 1.150°C.

Sifat-sifat keramik diamati setelah proses pembakaran pada suhu 1.050°C dan 1.150°C selesai. Sifat-sifat keramik yang diamati adalah kepadatan, warna bakar dan kehalusan permukaan. Setelah diamati, ternyata bahwa kepadatan, kehalusan permukaan dan warna bakar pada masing-masing suhu bakar (1.050°C dan 1.150°C) tidak sama. Pada masing-masing suhu bakar, warna cukup bervariasi (krem-coklat kemerahan). Pada

kehalusan permukaan, dalam hal ini jika permukaannya agak kasar hingga kasar tidak dikehendaki dalam pembuatan ubin (Bukit, dkk, 1994). Oleh karena itu komposisi lempung dan felspar dari Desa Mehingginn (prototipe 2) tidak memenuhi syarat dalam pembuatan ubin, dikarenakan permukaan hasil pembakaran agak kasar.

Penyerapan air adalah banyaknya air yang meresap dalam benda percobaan dalam keadaan kering dan dinyatakan dalam % dari berat air terhadap berat benda percobaan (SNI 03-2096-1991). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia nomor 03-4062-1996 penyerapan air untuk ubin keramik jenis "stone ware" berglasir kelas I bernilai 3% s.d. 6%, untuk kelas II bernilai 6% s.d. 10%, sedangkan penyerapan air untuk jenis "earthenware" > 10% (Tabel 5).

Kuat lentur adalah hasil bagi dari momen lentur yang terbesar dan momen perlawanan yang terjadi pada gaya lentur maksimum (gaya pada patahnya benda percobaan) (SNI 03-2096-1991). Persyaratan kuat lentur ubin keramik jenis "stone ware" kelas I bernilai 220 kg/cm<sup>2</sup>,

untuk kelas II bernilai 180 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan kuat lentur ubin jenis "earthenware" bernilai 120 kg/cm<sup>2</sup> (SNI No 03-4062-1996) (Tabel 5).

Berdasarkan persyaratan dalam SNI No 03-4062-1996 tersebut, semua prototipe ubin pada pembakaran suhu 1.050°C memenuhi syarat untuk ubin jenis "earthenware", sedangkan semua prototipe ubin pada pembakaran suhu 1.150°C memenuhi syarat untuk ubin jenis "stone ware" berglasir kelas II (Tabel 6).

Berdasarkan persyaratan di dalam SNI No 03-4062-1996, dari hasil pengujian kuat lentur prototipe ubin pada suhu pembakaran 1.050°C, prototipe 1 (150,84 kg/cm<sup>2</sup>) (Gambar 4), prototipe 2 (137,25 kg/cm<sup>2</sup>) (Gambar 5) dan prototipe 4 (136,73 kg/cm<sup>2</sup>) (Gambar 7) memenuhi syarat untuk ubin jenis "earthenware", terkecuali untuk prototipe ubin (prototipe 3, kuat lentur 191 kg/cm<sup>2</sup>) dengan komposisi lempung dari Desa Campang, Kecamatan Kisam Ilir dan tuf felspatik dari Desa Sukarami, Kecamatan Buay Sandang Aji memenuhi syarat untuk ubin jenis "stone ware" berglasir kelas II (Gambar 6) (Tabel 6).

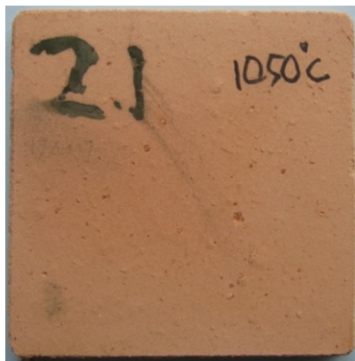
Tabel 5. Syarat mutu industri ubin lantai keramik berglasir (SNI No. 03-4062-1996)

	Porselin	Stoneware		Earthenware
		I	II	
Penyerapan air (%)	<3	3 s.d. 6	6 s.d. 10	>10
Kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	270	220	180	120



Hasil suhu pembakaran 1.050°C  
 Hasil suhu pembakaran 1.150°C  
 Lempung desa Simpang Sender Utara (50%) + Tuf Feldspatik desa Simpang Sender Utara (50%)  
 (Prototipe 1)

Gambar 4. Hasil bakar prototipe ubin Desa Simpang Sender Utara



Hasil suhu pembakaran 1.050°C

Lempung desa Mehanggin (50%) + Tuf Feldspatik desa Mehanggin (50%)  
(Prototipe 2)



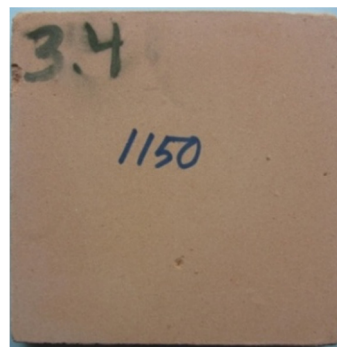
Hasil suhu pembakaran 1.150°C

Gambar 5. Hasil bakar prototipe ubin Desa Mehanggin



Hasil suhu pembakaran 1.050°C

Lempung desa Campang (50%) + Tuf Feldspatik desa Sukarami (50%)  
(Prototipe 3)



Hasil suhu pembakaran 1.150°C

Gambar 6. Hasil bakar prototipe ubin komposisi lempung Desa Campang dan felspar Desa Sukarami



Hasil suhu pembakaran 1.050°C

Lempung desa Sipin (50%) + Tuf Feldspatik desa Pelangki (50%)  
(Prototipe 4)



Hasil suhu pembakaran 1.150°C

Gambar 7. Hasil bakar prototipe ubin komposisi lempung Desa Sipin dan felspar Desa Pelangki

Hasil pengujian kuat lentur prototipe ubin pada suhu pembakaran 1.150°C, prototipe ubin dari Desa Simpang Sender Utara (prototipe 1, kuat lentur 189,01 kg/cm<sup>2</sup>) dan desa Mehanggin (prototipe 2, kuat lentur 200,41

kg/cm<sup>2</sup>) memenuhi syarat untuk ubin jenis "stone ware" berglasir kelas II, terkecuali untuk prototipe ubin (prototipe 3, kuat lentur 240,87 kg/cm<sup>2</sup>) dengan komposisi lempung dari Desa Campang, Kecamatan Kisam Ilir dan tuf feldspatik dari Desa



Sukarami, Kecamatan Buay Sandang Aji memenuhi syarat untuk ubin jenis “stoneware” berglasir kelas I, sedangkan prototipe ubin (prototipe 4, kuat lentur 156,39 kg/cm<sup>2</sup>) dengan komposisi lempung dari Desa Sipin, Kecamatan Buay Pemaca dan tuf feldspatik dari Desa Pelangki, Kecamatan Muara Dua, hanya memenuhi syarat untuk ubin jenis “earthenware” (Tabel 6).

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan evaluasi dari data hasil penyelidikan lapangan, hasil analisis laboratorium baik analisis unsur utama maupun analisis uji prototipe benda keramik serta hasil kajian dari berbagai sumber pustaka dapat disimpulkan bahwa lempung dari Formasi Muaraenim dapat digunakan sebagai bahan baku keramik bodi stoneware dengan suhu bakar 1.100°C - 1.250°C. Tuf feldspatik dapat dimanfaatkan sebagai bahan pelebur dalam proses pembuatan keramik serta untuk bodi earthenware dengan suhu bakar <1.000°C. Dari hasil uji teknologi pada beberapa prototipe ubin yang dibakar pada suhu 1.050°C, memenuhi syarat untuk pembuatan ubin jenis

“earthenware” (prototipe 1, prototipe 3, dan prototipe 4). Adapun bahan baku ubin yang dibakar pada suhu 1.150°C, memenuhi syarat untuk pembuatan ubin jenis “stoneware” berglasir kelas II (prototipe 1 dan prototipe 4), terkecuali untuk ubin prototipe 3 memenuhi syarat untuk ubin jenis “stoneware” berglasir kelas I. Bahan baku ubin prototipe 2 tidak memenuhi syarat dalam pembuatan ubin, dikarenakan permukaan prototipe ubin hasil pembakaran agak kasar. Semakin tinggi suhu pembakaran maka susut bakar dan kuat lentur semakin besar, tetapi penyerapan air semakin kecil. Suhu pembakaran yang ideal untuk bahan baku keramik di daerah penelitian adalah 1.150°C.

Melihat luasnya sebaran Formasi Muaraenim dan Formasi Ranau di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, disarankan dilakukan kegiatan yang sama pada Formasi Muaraenim dan Formasi Ranau di daerah lainnya yang kedua formasi tersebut dapat dijumpai. Hal ini sangat disarankan mengingat prospek pemanfaatan lempung dari Formasi Muaraenim dan tuf feldspatik dari Formasi Ranau sebagai bahan baku keramik yang cukup baik.

Tabel 6. Data uji fisik (sifat teknologis) benda coba untuk pembuatan ubin keramik

Bahan Prototipe	Suhu pembakaran	Jenis Uji				Kuat Lentur (Kg/cm <sup>2</sup> )	Hasil bakar prototipe ubin
		SK (%)	SB (%)	SJ (%)	PA (%)		
Lempung Simpang Sender Utara	1.050°C		2,40	1,35	13,13	150,84	kurang padat
+ Tuf feldspatik Simpang Sender Utara (Prototipe 1)	1.150°C	-1,08	5,58	4,55	8,50	189,01	cukup padat
Lempung Mehangingin	1.050°C		1,71	1,00	14,08	137,25	cukup padat
+ Tuf feldspatik Mehangingin (Prototipe 2)	1.150°C	-0,72	4,60	3,88	9,23	200,41	sudah padat
Lempung Campang	1.050°C		5,31	5,22	13,59	191,00	cukup padat
+ Tuf feldspatik Sukarami (Prototipe 3)	1.150°C	-0,08	10,65	10,59	6,01	240,87	sudah padat
Lempung Sipin	1.050°C		4,47	3,93	12,47	136,73	kurang padat
+ Tuf feldspatik Pelangki (Prototipe 4)	1.150°C	0,52	6,77	6,31	7,82	156,39	sudah padat

\* Nilai susut negative (-) artinya sampel mengembang (tidak menyusut)  
SK : susut kering; SB : susut bakar; SJ : susut jumlah; PA : peresapan air

Dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam seperti lempung dan felspar yang tersebar di daerah penelitian, diharapkan dapat memberikan kontribusi pada kemajuan industri keramik, baik di daerah Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan maupun daerah lainnya, sehingga di masa depan industri ini terus tumbuh baik dalam kapasitas maupun tipe dan desain produk yang semakin berdaya saing tinggi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Geologi dan kepada tim editor yang telah memberikan saran dan koreksinya sehingga makalah ini dapat diterbitkan

### DAFTAR PUSTAKA

- Bukit, A., Sembiring, H. dan Sudrajat, 1994. *Pemanfaatan Feldspar Dan Lempung Di Daerah Padang Ratu Dan Sekitarnya*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geoteknologi LIPI, Bandung.
- Utomo, A. M., 2007. *Wawasan dan Tindakan Seni Keramik*. ISI Denpasar, Bali
- Aristianto M.M.B., 1982. *Proses Pembuatan Keramik*. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Industri Keramik, Badan Penelitian Dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian.
- Anonim, 2009. *Roadmap Industri Keramik*. Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia, Departemen Perindustrian, Jakarta
- Barry. C.C., Grant. N. M., 2007. *Ceramic Materials : Science and Engineering*. Springer, Berlin
- Caruta. B. M., 2006. *Ceramics And Composite Materials : New Research*. Nova Science Publisher, New York
- Gafoer, S., Amin, T.C. dan Pardede, R., 1993. *Peta Geologi Lembar Baturaja, Sumatera skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- <http://www.kemenperin.go.id/artikel/8999/Kapasitas-Industri-Keramik-Terus-Diperluas> diunduh pada tanggal 5 Juni 2015.
- <http://www.bbk.go.id/index.php/berita/view/55/Industri-Keramik-Menjadi-Unggulan-Indonesia> diunduh pada tanggal 7 Juni 2015.
- Purnomo, H., et al, 1993. *Percontohan Pemanfaatan Lempung Overburden Batubara A1 Asal PTBA untuk Bahan Bangunan, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Proyek Pengembangan Teknologi Pengolahan Bahan Galian, Puslitbang Tekmira, Bandung.
- Bormans, P., 2004. *Ceramics Are More Than Clay Alone: Raw Materials, Products, Applications*. Cambridge International Science Publishing, Cambridge CB1 6AZ, United Kingdom.
- Saefudin, R., et al., 2003. *Nilai Manfaat Investasi Pengolahan Bahan Galian Felspar Di Lampung Tengah, Lampung*. Puslitbang Tekmira, Bandung.
- Sukandarrumidi, 1999. *Bahan Galian Industri*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sayekti, B., Kusdarto, Parningotan, M. R., Labaik, G., 2012. *Prospeksi Mineral Non Logam di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan*. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Wikarta, S., 1984. *Penyelidikan Pendahuluan Endapan Batugamping Serta Inventarisasi Bahan Galian Tras Di Daerah Sipatuhu Dan Sekitarnya, Kecamatan Banding Agung, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Provinsi Sumatera Selatan*. Kantor Wilayah Provinsi Sumatera Selatan, Departemen Pertambangan Dan Energi, Palembang.
- Zulfikar, Sayekti. B., Kusdarto, Muksin, I., Edwin, F., 2011. *Kajian Potensi Bahan Keramik Sumatera Bagian Selatan*. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung.





## **SIMULASI NUMERIK SISTEM PANAS BUMI GUNUNG TALANG - KILLI KABUPATEN SOLOK, PROVINSI SUMATERA BARAT** *NUMERICAL SIMULATION OF GUNUNG TALANG-KILLI GEOTHERMAL SYSTEM IN SOLOK REGENCY, WEST SUMATERA PROVINCE*

**Dikdik Risdianto, Moch. Nurhadi, Muhammad Kholid dan Yuano Rezky**

Pusat Sumber Daya Geologi  
Jalan Soekarno-Hatta No. 444, Bandung  
Email : dikrisdi@yahoo.com

Diterima : 2 Maret 2015

Direvisi : 27 April 2015

Disetujui : 28 Mei 2015

### **ABSTRAK**

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

Penyebaran litologi secara lateral dan vertikal disusun berdasarkan grid blok menjadi beberapa lapisan yang mendekati konfigurasi litologi dalam model konseptual. Kondisi inisial dan batas kondisi diberikan berdasarkan data yang tersedia.

Hasil simulasi yang didapatkan setelah dilakukan proses kalkulasi beberapa kali (*trial and error*) dengan merubah beberapa parameter simulasi dan hasil yang paling baik dikalibrasi dengan hasil pengukuran temperatur sumur pengeboran landaian suhu TLG-1.

Mengingat keterbatasan data yang dimiliki, hasil simulasi ini merupakan proses inisial (permulaan) simulasi untuk sistem panas bumi Gunung Talang - Killi dan masih harus dilakukan *update* berdasarkan data lanjutan.

**Kata Kunci** : Panas Bumi, Simulasi Numerik, kondisi inisial, *natural state*, Gunung Talang – Killi, *up flow*, *out flow*.

### **ABSTRACT**

*Numerical simulations in Gunung Talang - Killi geothermal area were done by using TOUGH2 simulator program with Equation of State 1 (EOS-1), single phase, and based on a conceptual model of geological, geochemical, geophysical surveys (3 - G) result and also the gradient thermal drilling well TLG-1. The parameters that involved in calculation are permeability, porosity, thermal conductivity and specific heat capacity.*

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

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

**Keywords** : *Geothermal, numeric simulation, initial Condition, natural state, Gunung Talang – Killi, up flow, out flow.*

### **PENDAHULUAN**

Secara administratif daerah penyelidikan panas bumi G. Talang - Killi termasuk dalam wilayah administratif Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat, pada koordinat antara 100° 36' 8 " -

100° 44' 8 " BT dan 0° 48' 55 " - 0° 59' 4 " LS, dengan luas sekitar 15 km x 15 km, terletak di sebelah timurlaut kota Padang, ibukota Provinsi Sumatera Barat, berjarak sekitar 54 km. Lokasi penyelidikan dapat dicapai menggunakan pesawat terbang sampai ke Kota Padang, yaitu Bandar

Udara Minangkabau, dilanjutkan dengan kendaraan roda empat sampai ke G. Talang dan Bukit Killi.

Tujuan dari simulasi numerik sistem panas bumi adalah menguji kemungkinan keberadaan suatu sistem panas bumi yang terbentuk dalam suatu model konseptual. Hal ini sangat penting dilakukan terutama pada suatu daerah panas bumi yang masih belum dieksplorasi (*natural state*) dan masih belum banyak memiliki data bawah permukaan yang lengkap (pengeboran eksplorasi).

Stratigrafi/litologi daerah panas bumi G. Talang - Killi tersusun oleh batuan vulkanik Kuartar. Morfologi terdiri dari satuan morfologi Kerucut Gunung Talang yang merupakan Puncak Gunungapi Talang, Tubuh Gunung Talang, Perbukitan Vulkanik Tua yang berada di bagian barat dan timur Gunung Talang memanjang kearah utara, Perbukitan Terisolir Bukit Kili serta Pedataran yang merupakan depresi Solok (Gambar 1). Dari tua hingga yang termuda daerah ini tersusun oleh satuan metamorf hingga vulkanik produk Gunung Talang (Anonim, 2004). Adapun urutan stratigrafi dari yang tua hingga ke muda adalah :

**a. Formasi Tuhur (Trts)**, tersusun atas batuan malihan/metamorfosa derajat rendah berjenis filit berwarna abu-abu gelap-hitam dan sebagaian lapuk berwarna coklat-kemerahan, berukuran butir lempung-lanau, memperlihatkan foliasi yang jelas, banyak dijumpai kekar-kekar. Batuan malihan ini ditafsirkan sebagai batuan dasar (basement) yang berumur Pra-Tersier.

**b. Satuan Vulkanik Tua (QTau)**, merupakan batuan vulkanik tak terpisahkan yang tersusun atas lava dan piroklastika, mengindikasikan telah terkena struktur sesar, permeabilitas cukup baik. Satuan ini diperkirakan berumur Kuartar Bawah sampai Tersier Atas (Plistosen – Pliosen).

**c. Batuan Vulkanik Bukit Kili (QKLv)**, disusun oleh batuan beku berwarna abu-abu kemerahan, masif, bertekstur porfiritik kasar, sedangkan batuan penyusun di Bukit Kili Kecil berupa

batuan beku berwarna abu-abu terang-sedang, masif, bertekstur porfiritik sedang-kasar. Interpretasi geologi sementara terhadap Bukit Kili tersebut adalah tubuh batuan beku intrusif atau sisa tubuh kubah vulkanik.

**d. Produk Vulkanik Bukit Bakar (QBKv)**, dapat dibagi menjadi lima satuan batuan yang terdiri dari dua satuan lava dan tiga satuan aliran piroklastika. Secara lebih rinci produk Bukit Bakar ini dari tua ke muda adalah: Satuan Batuan Aliran Piroklastika 1 Bukit Bakar, Satuan Batuan Lava 1 Bukit Bakar, Satuan Aliran Piroklastika 2 Bukit Bakar, Satuan Aliran Piroklastika 3 Bukit Bakar, dan Satuan Lava 2 Bukit Bakar.

**e. Produk Vulkanik Danau Talang (QDTv)**, Danau Talang yang ada sekarang ini diduga merupakan danau kawah (*crater lake*) sebagai sisa pusat erupsi gunungapi Talang Purba. Di sekitar danau ditemukan adanya batuan-batuan vulkanik yang mendukung bahwa Danau Talang tersebut sebagai pusat erupsi, serta dijumpai danau yang berukuran lebih kecil di tenggara Danau Talang berjarak sekitar 500 meter, yang diperkirakan sebagai danau kawah hasil letusan freatik. Pemunculan pusat erupsi ini ditafsirkan dipicu oleh struktur sesar normal Danau Talang yang berarah Barat Laut-Tenggara.

**f. Produk Vulkanik Batino**, diperkirakan sebagai bagian dari Gunungapi Talang tua dengan titik tertinggi sekitar 2450 meter di atas permukaan laut. Tersusun oleh perselingan antara piroklastika dan lava. Dalam sejarah letusannya satuan batuan ini dapat dipisahkan menjadi Satuan Lava 1 Batino (QBI<sub>1</sub>), Satuan Aliran Piroklastika (QBa) dan Satuan Lava 2 Batino (QBI<sub>2</sub>).

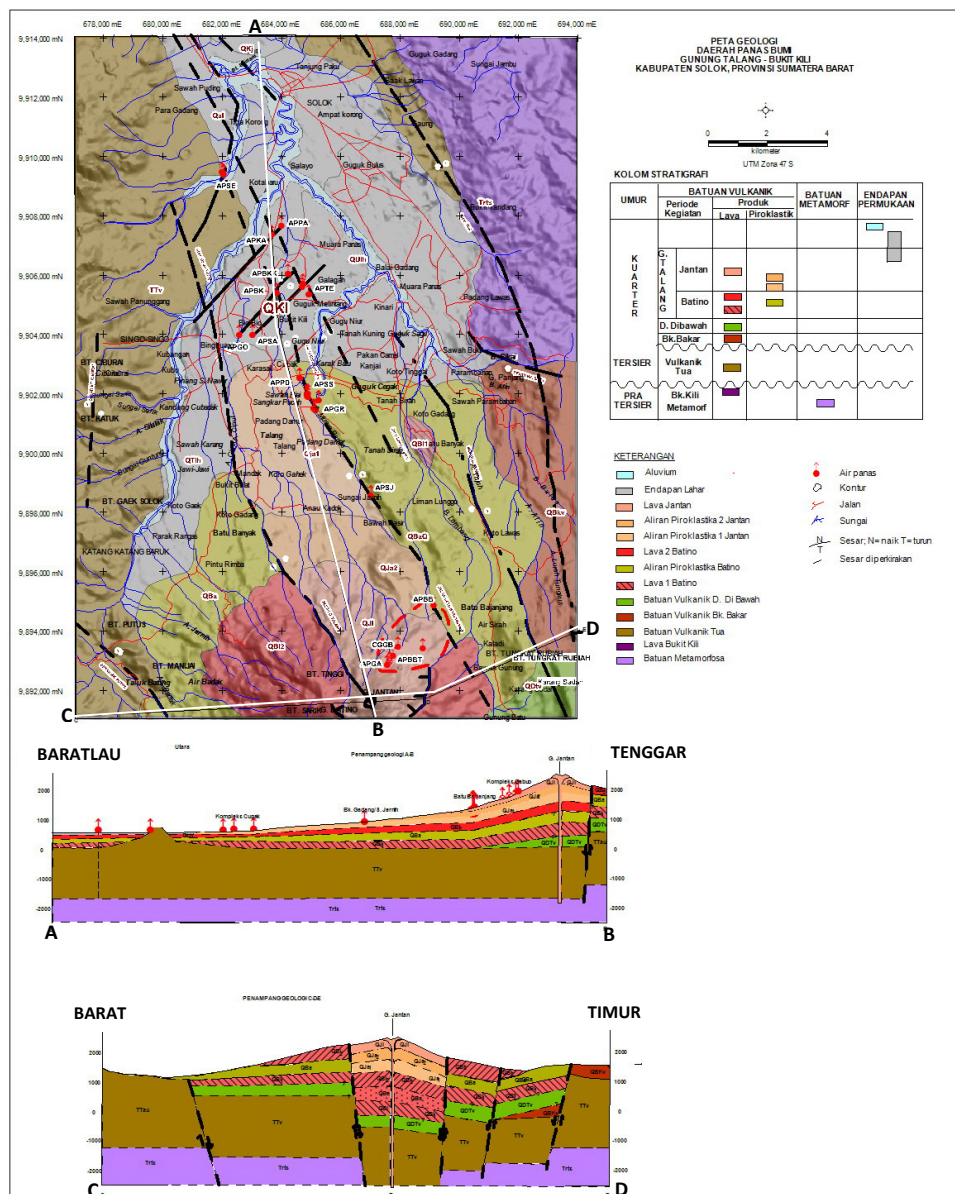
**g. Produk Vulkanik Jantan**, merupakan kerucut termuda dari Gunungapi Talang, yang mempunyai ketinggian sekitar 2600 meter di atas permukaan laut. Penyebaran batuan vulkanik produk Gunung Jantan ini dikontrol oleh keberadaan struktur baik sesar maupun sisa dinding kawah Batino. Struktur sesar Danau Talang dan sesar Batu Berjangkat sangat berperan dalam

mengontrol penyebaran satuan batuan produk Gunung Jantan di bagian Utara, serta salah satu sesar tersebut (sesar Batu Beranjang) merupakan media keluarnya mata air panas di daerah Gunung Talang tersebut.

**h. Endapan Permukaan (QLh),** satuan endapan permukaan atau sekunder ini tersusun oleh material-material vulkanik tua yang terombakan yang bersifat laharik.

**i. Pola-pola struktur geologi dan kelurusan-kelurusan yang pada umumnya**

berarah baratlaut-tenggara dan juga dijumpai struktur-struktur vulkanik berupa kawah bekas letusan gunungapi. Struktur yang berkembang di daerah Gunung Talang - Bukit Kili terdiri dari struktur sesar/ patahan dan struktur vulkanik berupa kawah bekas hasil letusan gunungapi. Struktur sesar tersebut berjenis sesar normal yang umumnya berarah baratlaut-tenggara dan sebagian berarah utara-selatan serta baratdaya-timurlaut (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Geologi daerah panas bumi G. Talang - Killi, Kab. Solok, Sumatera Barat (Anonim, 2003; Anonim, 2004)

Beberapa manifestasi berupa mata air panas dijumpai di lokasi ini, Manifestasi panas bumi utama berupa mata air panas yang tersebar dari kaki Gunung Talang hingga Bukit Killi di sebelah utara. Temperatur air panas berkisar antara 40 hingga 53°C dengan pH netral. Fumarol dan batuan ubahan sangat intensif ditemukan di Gabuo Bawah dan Gabuo Atas, temperatur fumarol antara 80°C hingga 96°C, setempat terdapat endapan belerang.

Hasil perhitungan dengan menggunakan geothermometer gas (CO<sub>2</sub>/Ar) dari fumarol di Gabuo Atas menunjukkan bahwa temperatur reservoir sebesar **227°C**, atau termasuk dalam sistem panas bumi entalpi tinggi (Anonim, 2003). Estimasi penyebaran dan dimensi reservoir diperoleh dari data hasil pengukuran Magnetotelurik (MT) dimana puncak reservoir berada pada kedalaman mencapai 2500 m (Anonim, 2012).

### Model Konseptual

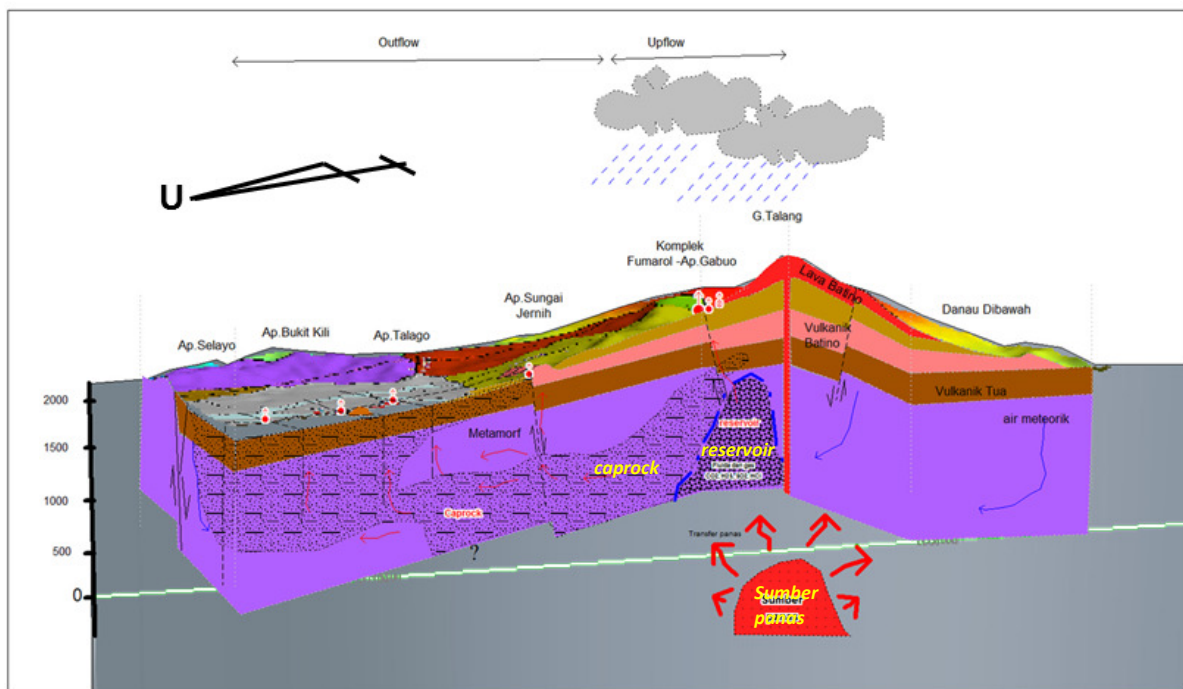
Model konseptual adalah suatu gambaran model berdasarkan dari data-data geosain yang dihasilkan dari survei geologi, geokimia dan geofisika serta pengeboran. Gambar 2 adalah model

konseptual untuk sistem panas bumi G. Talang – Killi (Anonim, 2003). Secara umum sistem panas bumi G. Talang - Killi berasosiasi dengan produk kompleks gunung api G. Talang yang berumur Kuartar, zona *upflow* berada di lereng gunung kompleks G. Talang, aliran fluida secara lateral dikontrol oleh struktur utama yang berarah relatif barat-laut-tenggara hingga keluar sebagai kelompok manifestasi permukaan di daerah Bukit Killi.

Lapisan resistivitas rendah diinterpretasikan sebagai lapisan *cap rock* berdasarkan hasil survei magnetotellirik, puncak *reservoir* diperkirakan berada di kedalaman mencapai 2500 m, sedangkan sumber panas atau *heat sources* diperkirakan berasal dari aktivitas G. Talang (Anonim, 2012).

### Simulasi Numerik

Sebagaimana dikemukakan di atas, tujuan simulasi numerik adalah menguji suatu konseptual model yang dihasilkan dari berbagai survei geosains (geologi, geokimia dan geofisik). Umumnya simulasi numerik atau simulasi *reservoir* dilakukan pada lapangan-



Gambar 2. Model konseptual Sistem Panas Bumi G. Talang – Killi (Anonim, 2004)



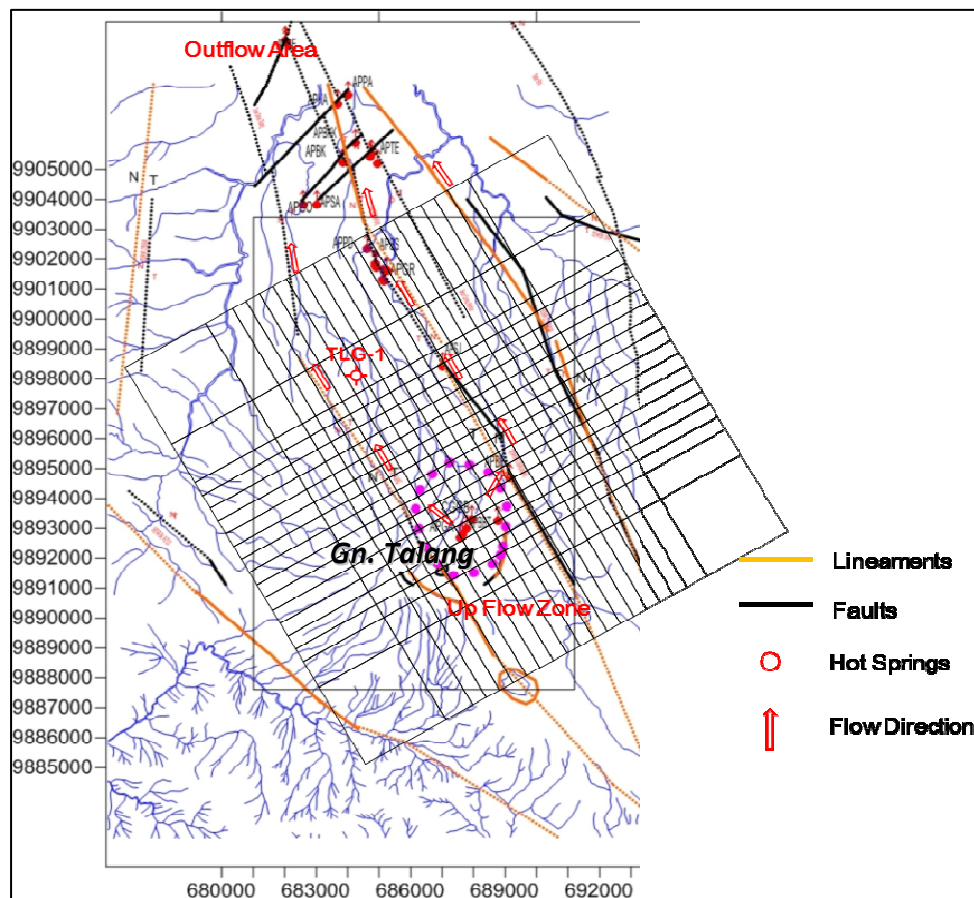
lapangan panas bumi yang siap dikembangkan, pada lapangan-lapangan ini tujuan simulasi ini lebih diarahkan pada prediksi besaran produksi dari sumur-sumur produksi, sehingga hasil simulasi ini bisa menunjang skenario pengembangan lapangan panas bumi.

Mengingat keterbatasan data yang ada, pada kasus simulasi numerik Daerah Gunung Talang - Killi ini, tujuan simulasi hanya menguji model konseptual hasil survei geosain. Temperatur hasil simulasi numerik dikalibrasi dengan kurva temperature hasil pengukuran dari sumur landaian suhu TLG-01. Meskipun validitas hasil simulasi ini belum maksimal, tetapi dapat memberikan gambaran awal dari suatu sistem panas bumi Gunung Talang – Killi. Model konseptual 3-D disusun berdasarkan parameter-parameter sifat litologi yang dipandu oleh penyebaran litologi secara lateral dan vertikal dari model konseptual. Parameter numerik 3-D

disesuaikan berulang kali (*trial and error*) hingga didapatkan kondisi *reservoir natural state* yang sesuai dengan profil temperatur sumur landaian suhu TLG-1.

**Sistem Kisi-Kisi (Grid) Dan Perlapisan**

Pada prinsipnya, metode simulasi numerik adalah membuat parameter-parameter geosain ke dalam sistem blok kisi-kisi. Simulasi ini dibuat dengan dimensi kisi-kisi 15 km (arah barat-timur) dan 15,5 km (arah utara-selatan). Elevasi puncak blok kisi-kisi berada pada 500 m di atas permukaan laut (Gambar 3). Tebal perlapisan blok-blok dengan kisi-kisi bervariasi antara 250 hingga 500 m. Penentuan dimensi grid dibuat berdasarkan kondisi geosain dari konseptual model, umumnya di zona-zona struktur dan manifestasi serta titik pengeboran dimensi grid bisa dipersempit hingga mencapai ukuran 500 m x 500 m.



Gambar 3. Peta blok kisi-kisi simulasi numerik sistem panas bumi G. Talang – Killi (UTM 48 S)

Proses simulasi numerik dilakukan dengan program simulasi TOUGH2 v.2, dilengkapi oleh *Equation of State 1* (EOS 1), dengan asumsi sistem terdiri dari satu fasa (cair). Sebelum melakukan proses kalkulasi dengan simulator TOUGH2 terlebih dahulu dilakukan pemrosesan dengan program *Pre-Post Processor* yang merupakan program *Macro Spread Sheet Microsoft Excel*.

**Parameter Litologi**

Parameter-parameter petrofisika yang digunakan dalam proses simulasi terdiri dari densitas, permeabilitas, konduktivitas termal, porositas dan kandungan panas. Satuan parameter-parameter ini semua dinyatakan dalam satuan SI (*Sistem Internasional*). Parameter-parameter ini menyebar secara lateral dan vertikal berdasarkan model konseptual yang digunakan. Lapisan *reservoir* atau zona-zona struktur sesar memiliki sifat permeabilitas relatif lebih tinggi dibandingkan lainnya, sebaliknya untuk lapisan penudung (*cap rock*) memiliki nilai permeabilitas jauh lebih rendah, sehingga fluida tidak bisa melewati lapisan ini. Parameter permeabilitas yang digunakan dalam simulasi ini berkisar antara  $0,01 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  hingga  $100 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  ( $1 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = 1 \text{ milli Darcy}$ ).

Parameter lainnya seperti porositas yang diasumsikan bersifat homogen yaitu sekitar 10%, densitas batuan juga dianggap homogen yaitu  $2500 \text{ kg/m}^3$  yang mewakili litologi vulkanik dan sedimen, termal konduktivitas dan

kapasitas panas batuan juga diestimasi homogen yaitu masing-masing  $2,2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  dan  $830 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ . Tabel 1 memperlihatkan parameter litologi yang digunakan dalam simulasi.

**Kondisi Inisial Dan Kondisi Batas**

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

Kondisi inisial adalah kondisi awal sebelum terbentuk sistem panas bumi. Kondisi batas yang diterapkan dalam simulasi ini adalah tekanan yang di asumsikan bergradasi mulai dari sisi utara dan membesar nilainya ke arah sisi selatan, mulai dari 1 bar hingga 20 bar. Penentuan nilai tekanan ini didasarkan pada tekanan hidrostatik (Noorollahi dkk., 2011). Dengan adanya perbedaan tekanan ini fluida akan mengalir dari tenggara yaitu dari tubuh Gunung Talang ke arah barat laut menuju ke daerah Bukit Killi. Sedangkan untuk temperatur kondisi inisial di puncak blok kisi-kisi diasumsikan homogen yaitu sebesar  $26^\circ\text{C}$ .

Selain itu di bagian sekeliling blok kisi-kisi, yang terletak di luar sistem panas bumi G. Talang - Killi penyebaran temperatur secara vertikal mengikuti gradien temperatur normal yaitu sekitar  $4^\circ\text{C}/100 \text{ m}$  dan besarnya tekanan mengikuti tekanan hidrostatik yang merupakan fungsi dari kedalaman dan densitas air.

Tabel 1. Parameter Litologi Yang Digunakan Dalam Proses Simulasi

Material	Densitas (kg/m3)	Porositas	Permeabilitas			Kond. Panas (W/m°C)	Kap. Panas (J/kg°C)
			X	Y	Z		
Sesar/ <i>fracture</i>	2500	0,10	100	100	50	2,20	830
Sedimen	2500	0,10	5	5	2,5	2,20	830
Caprock	2500	0,10	0,01	0,01	0,005	2,20	830
Malihan	2500	0,10	2	2	1	2,20	830
Produk Talang	2500	0,10	10	10	5	2,20	830

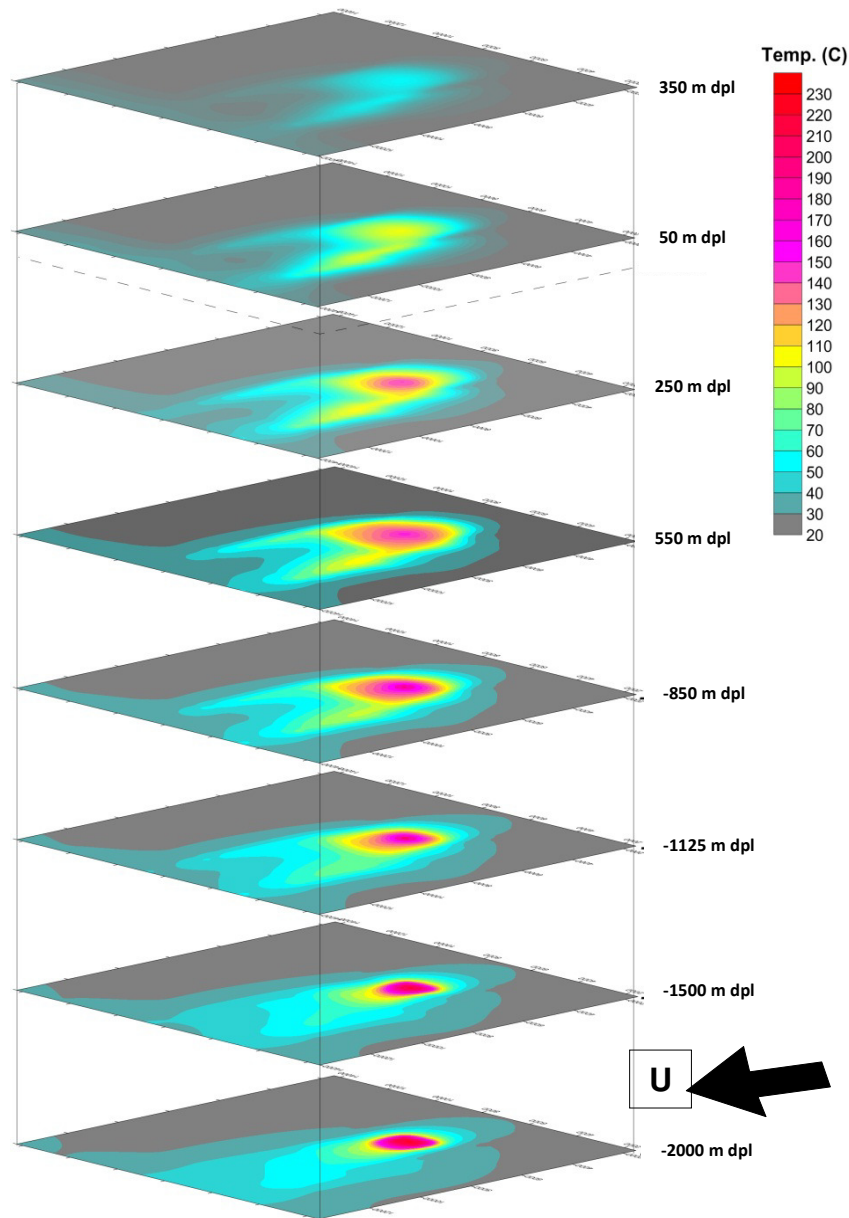
Sumber panas (*heat sink*) ditempatkan tepat di bawah zona *reservoir* dengan temperatur 230 °C (geotermometer gas).

**PEMBAHASAN HASIL SIMULASI**

Hasil simulasi merupakan hasil terbaik hasil coba-coba secara beberapa kali, dengan cara memodifikasi nilai-nilai parameter serta geometri dari blok kisi-kisi yang dibuat. Hasil ini dikalibrasi oleh hasil pengukuran temperatur sumur pengeboran landaian suhu TLG-1 dan manifestasi yang terbentuk di permukaan

hasil yang paling sesuai (*matching*) dengan hasil pengukuran yang dianggap mendekati sistem yang disimulasikan.

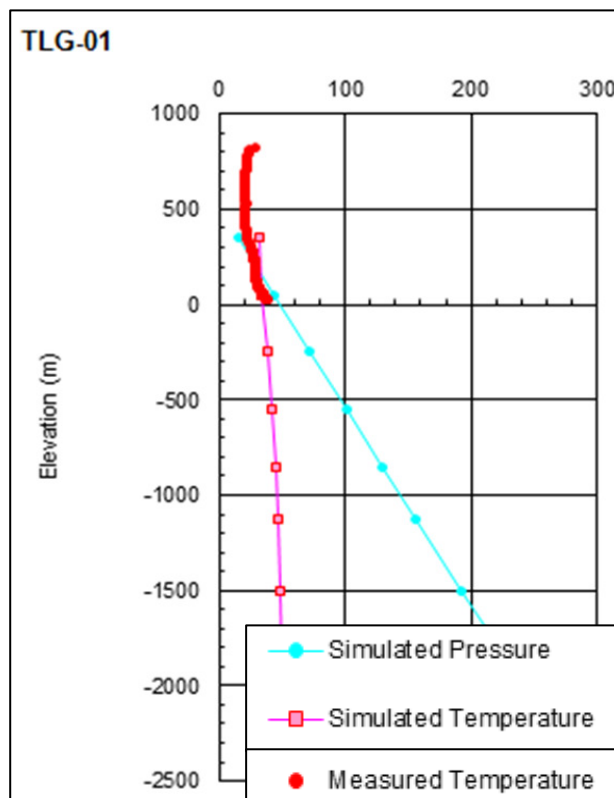
Gambar 4 memperlihatkan sebaran temperatur hasil simulasi untuk tiap elevasi blok kisi-kisi. Terlihat bahwa secara umum sistem panas bumi G. Talang - Killi berada di tubuh Gunung Talang. Dengan adanya struktur yang berarah hampir baratlaut – tenggara, maka fluida akan mengalir ke arah baratlaut ke daerah Bukit Killi dan keluar ke permukaan sebagai kompleks manifestasi mata air panas.



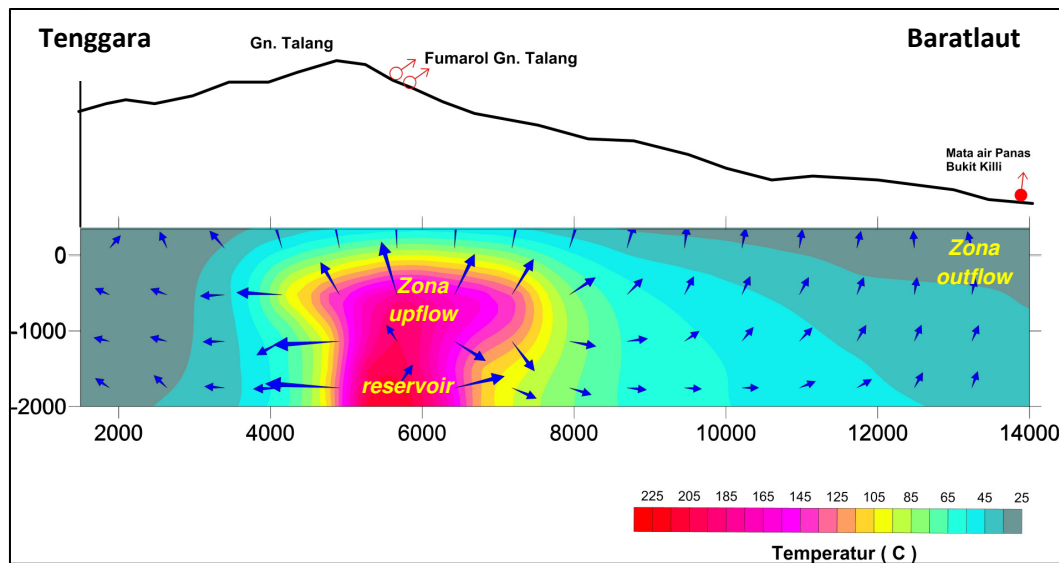
Gambar 4. Distribusi temperatur pada elevasi 350 m hingga -2000 m

Gambar 5 adalah komparasi dari distribusi temperatur secara vertikal antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran temperatur di sumur landaian suhu TLG-1, yang memperlihatkan adanya kesesuaian antara hasil pengukuran dan simulasi dimulai dari permukaan (800 m dpl) hingga dasar sumur (0 m dpl), sedangkan hasil simulasi dimulai dari elevasi 350 m dpl, tetapi keduanya memiliki kecenderungan yang sama. Profil temperatur sumur TLG-01 menunjukkan bahwa landaian suhu tidak menunjukkan anomali, hal ini ditunjukkan dengan landainya profil temperatur terhadap kedalaman dan menunjukkan bahwa sumur TLG-01 berada di zona *outflow*.

Gambar 6 memperlihatkan penampang yang melewati sistem panas bumi G. Talang – Killi, arah aliran fluida panas bumi secara umum bergerak secara vertikal di daerah *upflow* dan bergerak secara lateral menuju kearah barat laut dan tenggara (*outflow*). Zona *upflow* berada di bawah kompleks Gunung Talang yaitu di daerah Gabuo atas ditandai dengan adanya zona yang bersifat permeabel sedangkan zona *outflow* berada di lereng barat laut kompleks Gunung Talang yang ditandai dengan terbentuknya kompleks mata air panas dan hangat.



Gambar 5. Komparasi Hasil Simulasi Dengan Hasil Pengukuran *Downhole* Temperatur Sumur Landaian Suhu TLG-01



Gambar 6. Penampang model simulasi dan arah aliran fluida (simbol anak panah)

**KESIMPULAN**

Simulasi numerik sistem panas bumi G. Talang - Killi merupakan bentuk dari proses tranformasi suatu model konseptual ke dalam bentuk data numerik, hasil kesesuaian (*matching*) hasil simulasi dengan data pengukuran yang paling sesuai (*matching*) adalah merupakan hasil yang mendekati sistem yang disimulasikan.

Dalam simulasi sistem panas bumi G. Talang - Killi data-data pengukuran bawah permukaan masih sangat terbatas sehingga hasil yang didapat masih perlu dilengkapi (*update*) dengan data-data pengukuran sumur pengeboran eksplorasi. Meskipun demikian, hasil ini diharapkan akan menjadi inisiasi dari simulasi numerik tahap lebih lanjut.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa daerah *upflow* sistem panas bumi Gunung Talang-Killi berada di tubuh Gunung Talang dan fluida mengalir secara lateral kearah baratlaut dan tenggara (*outflow*).

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung proses penulisan tulisan ini, terutama kepada para tim survei geosain yang telah

menghasilkan data-data sebagai bahan untuk simulasi, juga kepada Dr. Hiroyuki Tokita dan Dr. Koichiro Fukuoka yang telah berbagi pengetahuan tentang simulasi numerik dalam program kerja sama antara Badan Geologi dalam hal ini Pusat Sumber Daya Geologi dengan JICA.

**DAFTAR PUSTAKA**

Anonim. 2003. Survei Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi G. Talang, Kab. Solok, Sumatera Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi. (tidak dipublikasikan)

Anonim. 2004. Survei Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Bukit Killi, Kab. Solok, Sumatera Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi. (tidak dipublikasikan)

Anonim. 2012. Survei Pengeboran Landaian Suhu Daerah Panas Bumi Gunung Talang – Killi, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi. (tidak dipublikasikan)

Anonim. 2012. Survei Magnetotellurik (MT) Daerah Panas Bumi G. Talang - Killi, Kab. Solok, Sumatera Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi. (tidak dipublikasikan)

Nakatani, A., Itoi, R., Gotoh, H. and Tanaka, T., 2007, *Development of Numerical Model of Takigami Geothermal Reservoir, Kyushu, Japan, Using iTOUGH2 Simulator*, Proceedings, 29<sup>th</sup> NZ Geothermal Workshop.



- Nicholson, K., 1993, *Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Technique*, Springer Verlag, inc., Berlin.
- Noorollahi, Y., Itoi, R., 2011. *Numerical simulation of Northwest Sabalan geothermal reservoir, Iran. World Renewable Congress 2011, Sweden.*
- Pruess, K., Oldenburg, C., Moridis, G., 1999, *TOUGH2 User's Guide, Version 2.0*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Report LBNL 43134, Berkeley, CA, USA.
- Risdianto, D., Hermawan, D., Kusnadi, D., 2013. Simulasi Numerik Sistem Panas Bumi Bittuang, Kabupaten Tanatoraja, Sulawesi Selatan. *Bulletin Sumber Daya Geologi*, Volume 8, No.3 Nov. 2013.
- Wisnandary, C. M., and Alamsyah, O., 2012. *Zero Generation of Muara Laboh Numerical Model: Role of Heat Loss and Shallow Wells Data on Preliminary Natural State Modeling*, GRC Transactions, Vol. 36.

## KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK TANAH MENGANDUNG MINERAL TIMAH DI DAERAH LAUT PAYAKUNDUR, PROVINSI KEPULAUAN RIAU *THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOILS CONTAINING TIN MINERALS OFF PAYAKUNDUR SEA, KEPULAUAN RIAU PROVINCE*

Nur Khoirullah<sup>1)</sup>, Irvan Sophian<sup>2)</sup>, Zufaldi Zakaria<sup>2)</sup>, Dicky Muslim<sup>2)</sup>, Yadvi Arma<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Pascasarjana, FTG-UNPAD,

<sup>2)</sup>Laboratorium Geologi Teknik, FTG-UNPAD,  
Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor

<sup>3)</sup>PT Timah. Tbk

Email : nurkhoirullah@yahoo.co.id

Diterima : 17 Februari 2015

Direvisi : 30 Maret 2015

Disetujui : 30 April 2015

### ABSTRAK

Sifat fisik dan mekanik material (batuan ataupun tanah) merupakan sifat penting dalam memahami kekuatan dan karakteristik material. Daerah penelitian terletak pada Laut Payakundur dikenal sebagai *Tin Belt of Sumatera* yang kaya akan kandungan timah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah yang dapat menunjang data pemboran geologi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian lapangan melalui uji penetrasi standar dan sampel yang terambil diuji di laboratorium guna mendapatkan nilai sifat fisiknya.

Karakteristik tanah yang ditemukan diklasifikasikan ke dalam USCS menjadi tanah CL, CH, SC, dan SW. Nilai kadar air berkisar dari 13-80%. Nilai berat jenis berkisar dari 2,53-2,74. Nilai berat isi berkisar dari 14,7 sampai 21,5 KN/m<sup>3</sup>. Nilai N-SPT lapangan dikoreksi menjadi 70 % energi standar. Karakteristik sifat fisik tanah lokasi penelitian banyak dipengaruhi oleh air, sehingga menyebabkan nilai kadar air yang cukup tinggi terutama pada tanah lempung. Pada satuan SW terdapat mineral *cassiterite* dan didominasi oleh bentuk butiran yang subangular yang diinterpretasikan tertransportasi dekat dari sumbernya. Korelasi dari nilai N-SPT dapat mengetahui nilai mekanika tanahnya namun uji laboratorium untuk mekanika tanah tetap diperlukan

**Kata kunci :** Timah, SPT, Tanah, Sifat Fisik dan Mekanik

### ABSTRACT

*The physical and mechanical characteristics of material (rocks and soils) are important to understand their natural strength. Study area is located off Payakundur Sea, known as part of the Tin Belt of Sumatera rich in containing tin minerals. This study aims to reveal the physical and mechanical characteristics of soils to support data acquisition by geologic bore. Methods in study consist of Standard Penetration Test (SPT) and sampling in the field and laboratory works to obtain physical characteristics of soil.*

*Based on the USCS classification, soil units in the study area consist of CL, CH, SC and SW. Water content ranges from 13-80%. Specific gravity ranges from 2.53-2.74. Volume unit weight ranges from 14.7-21.5 KN/M<sup>3</sup>. Values of N-SPT from the field measurement are corrected to be 70% of standard energy. This characteristic of soil is influenced by high values of water content, especially for the clayey soils. In the SW unit, cassiterite minerals are dominated by subangular grain shape, which can be interpreted as transported near to the source. The values of corrected N-SPT can be used to predict the mechanical properties of soils, however laboratory analysis is necessary to obtain these properties.*

**Keywords :** Tin, SPT, Soils, Physical and Mechanical Properties.

### PENDAHULUAN

Sifat fisik dan mekanik material (batuan ataupun tanah) merupakan sifat penting dalam memahami kekuatan dan

karakteristik material. Pada tanah khususnya tanah residual akan memiliki sifat yang berbeda-beda di tiap jenis yang berbeda-beda. Daerah penelitian terletak pada Laut Payakundur yang secara

geologi merupakan jalur sabuk timur (*eastern province*) granit Asia Tenggara yang berumur Karbon, Perm, dan Trias. Jalur ini dikenal sebagai *Tin Belt of Sumatera* yang kaya akan kandungan timah putih (Cobbing, 1992).

Menurut Kim *et. al.*, (2011), perhitungan parameter sifat tanah merupakan bagian penting yang berkaitan dengan gaya-gaya yang bekerja dalam penggalian material. Estimasi dari parameter tanah ini digunakan dalam rumus perhitungan untuk simulasi penggalian. Reece (1964) memaparkan rumus perhitungan pemindahan material bumi (*Fundamental Earthmoving Equation*; FEE) yang didalamnya terdapat parameter sifat tanah. Patel *et. al.*, (2012) menjelaskan bahwa parameter sifat tanah akan berperan penting dalam rumus FEE tersebut. Variasi nilai parameter tanah tersebut, diambil dari pengujian di laboratorium. Selain data pemboran geologi, data geologi teknik juga diperlukan dalam usaha penambangan lepas pantai dalam menemukan potensi sumberdaya alam, yaitu terkait dengan kekuatan alat yang sesuai dengan karakteristik keteknikan material tanah yang akan digali.

Tanah yang mengandung mineral timah pada lokasi penelitian berada pada kondisi di bawah permukaan laut. Penggalian tanah tersebut menggunakan peralatan ekskavator yang memerlukan parameter tanah yang didapatkan dari hasil SPT maupun dari sampel yang terambil untuk di uji sifat keteknikannya di laboratorium. Jenis tanah yang berbeda akan menghasilkan sifat keteknikan yang berbeda pula. Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat fisik dan mekanik tanah yang mengandung mineral timah pada Laut Payakundur, dalam upaya mendukung kegiatan pemboran geologi sehingga akan membantu

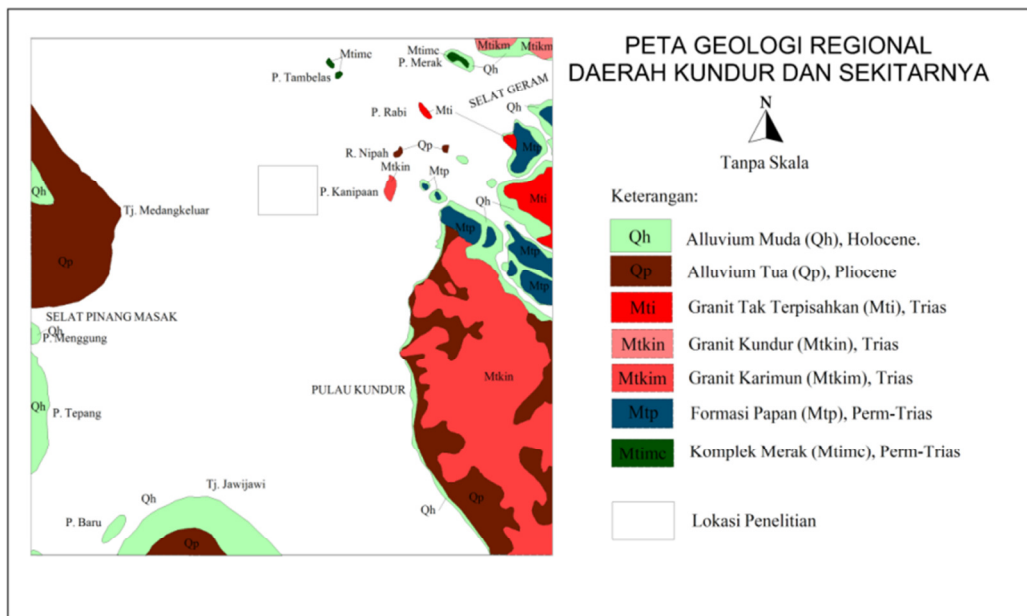
perencanaan produksi mineral timah untuk tercapai target produksi yang telah ditetapkan.

## KAJIAN PUSTAKA

### Geologi Lokal

Secara geologi, daerah Karimun – Kundur termasuk dalam jalur timur (*eastern province*) granit Asia Tenggara yang berumur Karbon, Perm dan Trias yang kaya dengan kandungan timah. Granit ini terbentuk pada saat orogenesis Trias yang mengangkat batuan granit ke permukaan sebagai satu rangkaian pulau-pulau timah yang membujur dari daratan Thailand – Malaysia hingga Bangka – Belitung, jalur timah ini dikenal sebagai *Tin Belt of Sumatera* yang kemudian dikenal sebagai jalur granit Asia Tenggara (Cobbing, 1992). Pola penyebaran endapan timah di perairan Karimun – Kundur, secara lateral sampai saat ini diidentifikasi sebagai endapan aluvial fluvial dengan pola penyebaran secara lateral (Sari, 2010).

Setyanto, dkk (2008) memaparkan mineral timah di daerah Kepulauan Riau berasal dari batuan granit yang mengalami deformasi dan pelapukan. Salah satu batuan granit yang dilakukan penelitian di daerah P. Batam dan P. Bintan, berwarna abu-abu kemerahan hingga kehijauan, berbutir kasar dengan komposisi mineral feldspar, kuarsa, hornblende dan biotit. Mineral utama umumnya adalah bertekstur primer dan membentuk suatu pluton batholit bertipe asam yang tersingkap dengan baik di daratan P. Batam dan P. Bintan. Hasil penelitian Setyanto, dkk (2008) menunjukan kandungan timah (Sn) antara 10-150 ppm dan kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) umumnya dengan kandungan di atas 74,54%. Nilai ini tergolong tinggi di atas 66% yang pernah dilakukan oleh Cobbing (1992).



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Kundur (tanpa skala), modifikasi dari Cameron (1992)

**Standard Penetration Test (SPT)**

Standard Penetration Test atau Uji Penetrasi Standar, banyak digunakan untuk mengetahui kekuatan material tanah. Oyediran dan Famakinwa (2015) menjelaskan bahwa SPT merupakan salah satu metode *insitu* untuk mendapatkan data geoteknik, yaitu dengan mengetahui ketahanan dari setiap penetrasi untuk tanah. Rogers (2006) menjelaskan bahwa SPT sudah menjadi standar dalam prosedur penyelidikan geoteknik pada setiap industri. Tujuan dari SPT adalah membantu mendapatkan data bawah permukaan yang dapat digunakan untuk melakukan korelasi dengan sifat keteknikannya.

Walaupun SPT tidak dianggap sebagai metode yang sempurna dan dapat diandalkan untuk investigasi, nilai  $N_{cor}$  memberikan informasi yang berguna berkaitan dengan konsistensi tanah kohesif dan densitas relatif dari tanah non kohesif. Korelasi antara nilai  $N_{cor}$  dan densitas relatif dari tanah berbutir yang direkomendasikan oleh Peck, *et.al.* (1974, dalam Murthy, 2007) ditunjukkan dengan Tabel 1. Sebelum menggunakan tabel tersebut, nilai N terukur harus dikoreksi terhadap energi standar dan tegangan

overburden. Korelasi yang diberikan pada Tabel 2 hanya sebagai panduan dan dapat bervariasi tergantung kehalusan dari pasir tersebut.

Meyerhoff (1956, dalam Murthy, 2007) menyarankan persamaan perkiraan berikut untuk menghitung sudut geser dalam  $\Phi$  dari nilai yang diketahui  $D_r$ ,

Untuk tanah berbutir dengan pasir halus dan lanau lebih dari 5 persen,

$$\Phi^{\circ} = 25 + 0,15D_r$$

Untuk tanah berbutir dengan pasir halus dan lanau kurang dari 5 persen,

$$\Phi^{\circ} = 30 + 0,15D_r$$

Dimana  $D_r$  ditunjukkan dalam persen.

Peck *et al.*, (1974, dalam Murthy, 2007) telah memberikan contoh untuk tanah kohesif jenuh, korelasi antara  $N_{cor}$  dengan konsistensi. Korelasi ini cukup berguna tetapi harus digunakan sesuai dengan kondisi tanah yang ditemui di lapangan. Tabel 2 memberikan korelasi nilai  $N_{cor}$ .

Nilai  $N_{cor}$  yang digunakan pada tabel adalah jumlah pukulan yang dikoreksi terhadap rasio energi standar  $R_{es}$ . Praktek ini adalah untuk menghubungkan  $q_u$  dengan  $N_{cor}$  sebagai berikut,

$$q_u = k N_{cor} \text{ kPa}$$

Tabel 1. Korelasi  $N_{cor}$  dan  $\Phi$  dengan densitas relatif

$N_{cor}$	Kepadatan	Densitas Relatif, $D_r$ (%)	$\Phi$ (°)
0-4	<i>Very loose</i>	0-15	<28
4-10	<i>Loose</i>	15-35	28-30
10-30	<i>Medium</i>	35-65	30-36
30-50	<i>Dense</i>	65-85	36-41
>50	<i>Very Dense</i>	>85	<41

Tabel 2. Korelasi antara  $N_{cor}$  dan  $q_u$

Konsistensi	$N_{cor}$	$q_u$ , (kPa)
<i>Very Soft</i>	0-2	<25
<i>Soft</i>	2-4	25-50
<i>Medium</i>	4-8	50-100
<i>Stiff</i>	8-15	100-200
<i>Very Stiff</i>	15-30	200-400
<i>Hard</i>	<30	>400

Dimana  $q_u$  adalah *unconfined compressive strength*  
 Atau  $k = q_u/N_{cor}$  kPa Dimana,  $k$  adalah faktor proporsional.  
 Sebuah nilai dari  $k$  telah direkomendasikan oleh Bowles (1996).

Menurut Teng (1992), kuat geser pada tanah kohesif (dengan kondisi sudut geser dalam  $\Phi = 0$ ) adalah  $s = c = 0.5 q_u$ . Sehingga dapat ditarik kesimpulan, untuk korelasi nilai kohesi pada hasil  $N_{cor}$  SPT merupakan setengah dari nilai  $q_u$ .

**METODOLOGI PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu metode pengujian langsung pada lapangan, dengan menggunakan uji penetrasi standar (SPT) sesuai dengan Anon (2008) dan Rogers (2006). Pada kegiatan lapangan dilakukan juga pengambilan sampel yang terambil dalam uji SPT ini. Sampel ini kemudian dipakai dalam pengujian laboratorium guna mengetahui karakteristik sifat fisiknya. Sedangkan karakteristik sifat mekanik tanahnya, diambil dari hasil korelasi jumlah pukulan SPT di lapangan yang telah terkoreksi.

Tiga koreksi terhadap nilai SPT lapangan agar dapat dijadikan panduan dalam mendapatkan sifat mekanik tanah menurut Murthy (2007) meliputi:

1. Koreksi terhadap efisiensi palu
2. Panjang batang, sampler dan koreksi terhadap lubang bor

3. Koreksi terhadap tegangan *overburden* pada tanah berbutir ( $C_N$ )

$C_N$  tersebut menurut Liao dan Whitman (1986, dalam Murthy, 2007) adalah:

$$C_N = \left[ \frac{95,76}{\rho'_0} \right]^{1/2} \dots \dots \dots \text{Rumus 1}$$

Dimana  $\rho'_0$  = tegangan vertikal efektif dalam satuan  $\text{kN/m}^2$  (kPa)

Dengan  $N_{cor}$  ditunjukkan sebagai

$$N_{cor} = C_N \times N \times E_n \times C_d \times C_s \times C_b \dots \text{Rumus 2}$$

$N_{cor}$  ini terkait dengan rasio energi standar yang digunakan oleh perencana tambang.  $N_{cor}$  dapat ditunjukkan sebagai  $N_{70}$  atau  $N_{60}$  tergantung pilihan dari ahli geoteknik. Dalam rumus  $N_{cor}$  di atas,  $C_N$  adalah koreksi nilai dari tegangan vertikal saja. Namun  $C_N$  hanya berlaku untuk tanah berbutir saja, dimana  $C_N = 1$  untuk tanah kohesif pada seluruh kedalaman.

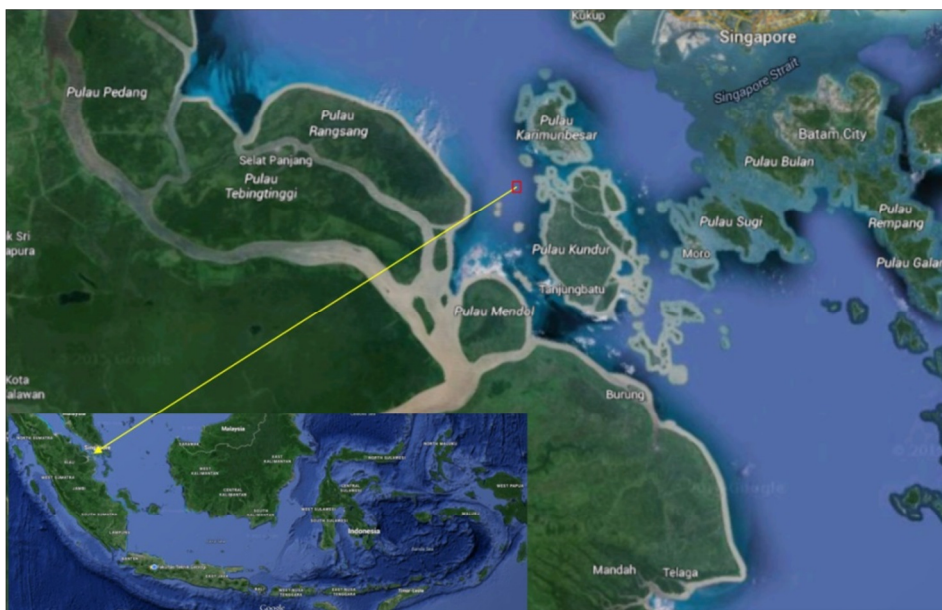
Sedangkan tanah adalah agregat dari sekumpulan partikel mineral, termasuk void yang terisi udara dan atau air di dalamnya. Tanah adalah produk dari pelapukan batuan. Dan setiap jenis tanah itu berbeda-beda tergantung daripada



batuan asalnya (Das, 2003). Bowles (1989) menambahkan bahwa Tanah merupakan produk sampingan deposit akibat pelapulan batuan pada kerak bumi dan/atau batuan yang tersingkap dalam matriks tanah. Karena bahan tanah yang belum terkonsolidasi ini merupakan bagian terbesar dari permukaan bumi, baik di darat, maupun di laut, danau, dan daerah-daerah lain yang ditutupi air. Tanah yang menjadi objek penelitian sebagian besar merupakan tanah hasil transportasi, dicirikan dengan perbedaan litologi yang cukup signifikan.

**HASIL PENELITIAN**

Kondisi litologi daerah penelitian berupa endapan sedimen berumur Kuartar yang diperkirakan hasil transportasi dari material sekitar Laut Payakundur. Terdapat dua jenis material yang dominan, yaitu klastika halus berupa lempung dan klastika kasar berupa pasir-kerikil. Pasir yang ditemui didominasi oleh mineral-mineral antara lain kuarsa, plagioklas, feldspar, mika, dan timah. Material pasir ini diperkirakan berasal dari lapukan batuan satuan Granit Kundur yang terdapat dekat dari lokasi penelitian.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian



(a)



(b)

Gambar 3. Sampel hasil SPT yang dimasukkan dalam uji laboratorium (a) Lempung Plastis dan Kaku; (b) Pasir lempungan padat

Hasil penelitian menunjukkan adanya kesamaan dari karakteristik tanah yang ditemukan di lokasi penelitian. Tanah ini kemudian dibagi menjadi tanah kohesif dan tanah non-kohesif. Tanah kohesif dicirikan dengan sifat plastis dan ukuran butiran tanah yang didominasi ukuran lempung. Tanah non-kohesif dicirikan dengan butiran yang bersifat lepas, dengan ukuran bervariasi dari pasir berukuran pasir halus sampai kerikil. Kesamaan karakteristik ini kemudian dikelompokkan berdasarkan sifat keteknikannya yaitu mengacu kepada

*unified soil classification system* (USCS) dalam Bowles (1989).

Dari hasil SPT ini dapat dilakukan korelasi dengan sifat geoteknik tanah untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam ( $f$ ) pada tanah non-kohesif berdasarkan Meyerhof (1956, dalam Murthy, 2007) dan nilai kohesi ( $c$ ) berdasarkan Peck (1974, dalam Murthy, 2007) dan Teng (1992) pada tanah kohesif, yang terlebih dahulu dikoreksi berdasarkan beberapa faktor menjadi 70 persen dari energi standar menurut Bowles (1994).

Tabel 3. Hasil SPT lapangan dan jenis tanah berdasarkan USCS

Titik Pemboran	Kedalaman (m)	N SPT	Kode USCS	Kadar Air (%)	Berat Jenis	Berat Isi $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
1	13,4	1	CH	80,53	2,54	14,7
	25,4	1	CH	45,89	2,68	17,2
	36,9	15	SW	16,32	2,74	19,4
2	29,9	19	SC	18,12	2,76	20,1
	31,4	25	SW	21,12	2,74	16,8
	37,4	15	CH	70,40	2,53	15,2
	43,4	35	SC	21,24	2,74	17
3	21,5	21	SW	13,29	2,60	17,8
	31,5	22	SW	16,60	2,69	19,8
	36,1	50	SW	13,83	2,74	18,2
4	26	42	CL	38,36	2,69	17,7
	31,5	12	CH	43,75	2,69	17,3
	40,5	54	SC	14,50	2,74	18,1
	49	28	SC	15,69	2,74	21,5
5	28,5	42	SC	14,44	2,74	20,8
	34	11	CH	47,36	2,69	17
	41,5	65	SW	13,35	2,74	20,7
6	33,7	70	SC	26,58	2,74	19,4
	42,9	74	SW	26,31	2,73	19,5

Tabel 4. Nilai SPT terkoreksi dan korelasi terhadap sifat fisik dan mekanik tanah

Titik Bor	Depth (m)	USCS Code	N <sub>obsv</sub>	N <sub>70</sub>	Densitas Relatif			Konsistensi		
					Densitas	D <sub>r</sub> (%)	$\Phi$ (°)	Konsistensi	q <sub>u</sub> (kPa)	Kohesi (Teng, 1992)
1	13,4	CH	1	1	-	-	-	Very Soft	<25	<12,5
	25,4	CH	1	1	-	-	-	Very Soft	<25	<12,5
	36,9	SW	15	6	Loose	22	<28	-	-	-
2	29,9	SC	19	8	Loose	28	<28	-	-	-
	31,4	SW	25	13	Medium	39,5	31	-	-	-
	37,4	CH	15	12	-	-	-	Stiff	157,75	78,875
	43,4	SC	35	15	Medium	42,5	31	-	-	-

Titik Bor	Depth (m)	USCS Code	N <sub>obsv</sub>	N <sub>70</sub>	Densitas Relatif			Konsistensi		
					Densitas	D <sub>r</sub> (%)	Φ (°)	Konsistensi	q <sub>u</sub> , (kPa)	Kohesi (Teng, 1992)
3	21,5	SW	21	13	Medium	39,5	31	-	-	-
	31,5	SW	22	10	Medium	35	30	-	-	-
	36,1	SW	50	22	Medium	53	34	-	-	-
4	26	CL	42	34	-	-	-	Hard	>400	>200
	31,5	CH	12	10	-	-	-	Stiff	131,25	65,625
	40,5	SC	54	23	Medium	54,5	34	-	-	-
	49	SC	28	9	Loose	31	<28	-	-	-
5	28,5	SC	42	19	Medium	48,5	33	-	-	-
	34	CH	11	9	-	-	-	Stiff	118,75	59,375
	41,5	SW	65	24	Medium	55	34	-	-	-
6	33,7	SC	70	30	Medium	65	36	-	-	-
	42,9	SW	74	28	Medium	62	36	-	-	-

Secara keseluruhan, kelompok tanah pada lokasi penelitian dikelompokkan menjadi,

1. Satuan CL (*Clay Low Plasticity*)

Satuan ini merupakan satuan lempung plastisitas rendah yaitu dominasi oleh lempung pasir, dengan nilai N<sub>70</sub> 34, dengan konsistensi keras, dengan kadar air 38,36 %, berat jenis 2,69, berat isi 17,7 KN/m<sup>3</sup>, dan nilai kohesi >200 Kpa.

2. Satuan CH (*Clay High Plasticity*)

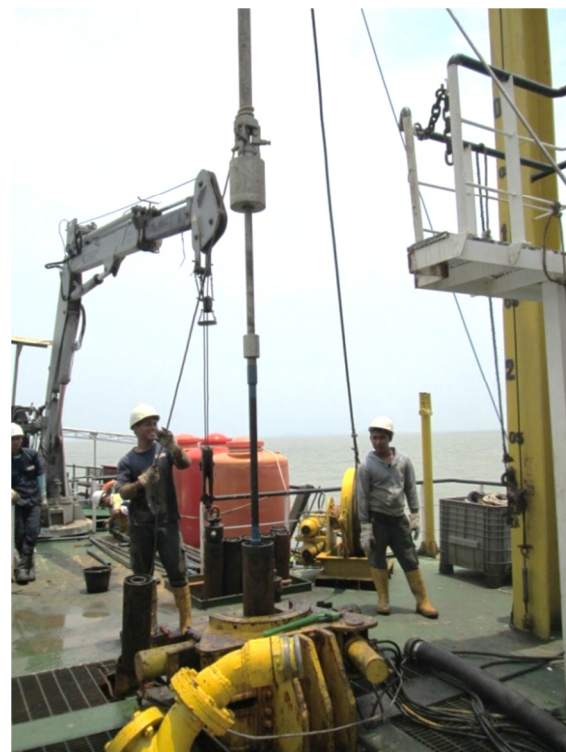
Satuan ini merupakan satuan lempung dengan plastisitas tinggi, dengan nilai N<sub>70</sub> 1-12, konsistensi sangat lunak sampai kaku, kadar air 43,75% sampai 80,53%, berat jenis 2,53-2,69, berat isi 14,7-17,3 KN/m<sup>3</sup>, dan nilai kohesi kurang dari 12,5 sampai 78,8 Kpa.

3. Satuan SC (*Clayey Sand*)

Satuan ini merupakan pasir lempungan, dengan densitas relatif lepas sampai medium, N<sub>70</sub> 8-30, kadar air 14,44% sampai 26,58%, berat jenis 2,74-2,76, dan berat isi 17-21,5 KN/m<sup>3</sup>, dan nilai sudut geser dalam kurang dari 28° sampai 36°.

4. Satuan SW (*Well graded Sand*)

Satuan ini merupakan pasir bergradasi baik dengan fraksi kerikilan dan terkadang ada material lempung, dengan densitas relatif lepas sampai medium, N<sub>70</sub> 6-28, kadar air 13,35% sampai 26,31%, berat jenis 2,60-2,74, dan berat isi 16,8-20,7 KN/m<sup>3</sup>, dan nilai sudut geser dalam kurang dari 28° sampai 36°.



Gambar 4. Pengujian SPT di laut lepas

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan dominasi CH dalam lokasi penelitian, namun dibedakan dengan CH bernilai N-SPT kecil dengan CH bernilai N-SPT sedang. CH yang bernilai N-SPT kecil ini terdapat dalam lapisan atas pada titik bor 1. Satuan CH ini memiliki nilai kadar air yang cukup besar, sesuai dengan sifat lempung yaitu menahan air yang cukup tinggi. Satuan CL dengan nilai N<sub>70</sub> 34 ini



patut diteliti lebih lanjut dikarenakan pada kondisi lapangan dijumpai pasir lempungan, namun dalam uji lab justru ditemukan dominasi lempung. Hal ini dapat disebabkan jumlah sampel yang kurang sehingga praktis yang diuji merupakan dominan lempungnya, bukan pasirnya. Nilai N-SPT yang cukup besar ini jika dikorelasikan akan menyebabkan nilai kohesi yang besar juga. Sedangkan CL sendiri merupakan lempung plastisitas rendah dan akan menjadi tak lazim apabila nilai kohesinya sangat besar, sehingga patut diteliti lebih lanjut.

Pada tanah non-kohesif, didominasi oleh satuan SW, yaitu satuan pasir bergradasi baik, dengan adanya material kerikil yang menyebabkan nilai N-SPT cukup tinggi. Satuan ini terletak lebih dalam dibanding satuan SC. Satuan ini terdapat mineral kuarsa, feldspar dengan bentuk butir relatif menyudut tanggung, yang diinterpretasikan tertransportasi dekat dari sumber batuan utamanya. Pada satuan SW ini mineral timah (kasiterit) ditemukan dengan warna merah berkilap lemak. Satuan SC merupakan pasir lempungan, dengan ukuran pasir relatif lebih kecil dibanding pasir yang terdapat disatuan SW. Mineral kuarsa dan feldspar yang terdapat pada satuan ini berukuran butir relatif membulat tanggung yang diinterpretasikan tertransportasi jauh dari sumbernya atau dapat diinterpretasikan keadaan arus yang membawanya tenang dan jauh. Pada satuan SC ini ditemukan mineral kasiterit walau dalam jumlah yang relatif sedikit.

Berdasarkan hasil lapangan, didapati Lapisan SW yang mengandung mineral kasiterit memiliki ketebalan rata-rata sebesar 8 meter. Luas area dari enam titik bor mencapai 1.777.350 m<sup>2</sup>. Berat jenis dari tanah SW ini mencapai 2,74 Ton/m<sup>3</sup>. Sehingga diperkirakan potensi cadangan lapisan SW pembawa mineral casiterite ini mencapai 38.959.512 Ton berdasarkan sumber daya mineral hipotetik. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai persentase kandungan mineral kasiterit pada lapisan SW ini sehingga akan didapatkan potensi cadangannya.

Berdasarkan hasil korelasi nilai mekanika tanah, didapati nilai sudut geser dalam pada lapisan pasirnya berkisar kurang dari 28° hingga mencapai 36°. Hal ini perlu diperhatikan mengingat sudut lereng maksimal apabila akan dilakukan penggalian ataupun pengerukan pada lapisan SW ini disarankan mendekati nilai sudut geser dalamnya. Hal ini bertujuan mencegah longsoran bawah laut yang dapat mengganggu aktivitas penambangan.

## KESIMPULAN

Tanah pada lokasi penelitian dapat diklasifikasikan kedalam USCS sesuai dengan karakteristik sifat fisiknya. Karakteristik tanah yang belum terkonsolidasi dan bersifat lepas, menyebabkan setiap tanah hanya dapat dikorelasikan sesuai dengan referensi yang ada, yaitu pada tanah kohesif nilai sudut geser dalam dianggap nol dan pada tanah non-kohesif kohesi dari material dianggap nol. Sudut lereng bawah laut diharapkan mempertimbangkan nilai sudut geser dalam material tanahnya. Data mekanika tanah dapat diperoleh dengan mengkorelasikan nilai N-SPT. Namun uji mekanika tanah tetap diperlukan guna mengetahui hubungan nilai uji laboratorium sebanding atau tidaknya dengan nilai korelasi N-SPT.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Manager Eksplorasi PT Timah, Tbk. yang telah mengizinkan pengambilan data serta membantu pendanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. SNI 4153: *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT*. BSN: Jakarta
- Bowles, J.E. 1994. *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill Intl. Book Co.: Singapore, 3rd edition, p. 8, p130-143
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi 2. Penerbit Erlangga: Jakarta, 561 hal.

- Cameron, N.R., S.A.Ghazali dan S.J. Thompson. 1982. *Peta Geologi Lembar Siak Indrapura dan Tj. Pinang, Sumatra*. PPPG: Bandung
- Cobbing, E.J. 1992. *The Granites of the South-East Asian Tin Belt (BGS Overseas Memoirs)*. British Geological Survey: UK
- Das, Braja M. 2003. *Advanced Soil Mechanics*. New York : Hemisphere Publishing Corporation and McGraw-Hill.
- Kim, Y. B., Kang, H., Ha, J. H., Kim, M. S., Kim, P. Y., Baek, S. J., Park, J.,. 2011. *A Study On The Virtual Digging Simulation Of A Hydraulic Excavator*. Proceedings of the 28th ISARC, Seoul, Korea. Pages 95-100
- Murthy, V.N.S. 2007. *Advanced Foundation Engineering*. CBS Publishers & Distributors: New Delhi
- Oyediran, Ibrahim Adewuyi and Famakinwa, Julius Omotayo. 2015. *Geotechnical Basis for Building Instability and Failure: Case Study from Lagos, Nigeria*. Springer: International Journal of Engineering Geology for Society and Territory Vol 5. p 365-370
- Patel, B. P., and Prajapati, J. M., 2012. *Evaluation of Resistive Force using Principle of Soil Mechanics for Mini Hydraulic Backhoe Excavator*. International Journal of Machine Learning and Computing, Vol. 2, No. 4, August 2012. p 386-391
- Reece, A. R., 1964. "The Fundamental Equation of Earth-Moving Machines," proceeding of *Instn. Mechanical Engineers*. vol. 179, Pt. 3F, 1964, pp. 16 – 22.
- Rogers, David J. 2006. *Subsurface exploration using the standard penetration test and the cone penetrometer test*. Department of Geological Sciences & Engineering. 125 McNutt Hall
- Sari, Dyna Dwi Ratna. 2010. *Laporan Geotin 1: Survey Perairan Kundur*. PT TIMAH: tidak diterbitkan.
- Setyanto, A., Usman, E., Setiady, D. 2008. *Potensi Mineral Kuarsa dan Endapan Timah Letakan Dalam Kaitannya dengan Batuan Granit LP-1017 Batam, Kepulauan Riau*. Buletin Sumber Daya Geologi, Vol 3. No.1, Hal..... Badan Geologi: Bandung.
- Teng, Wayne C. 1992. *Foundation Design*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. USA
- Kim, Y. B., Kang, H., Ha, J. H., Kim, M. S., Kim, P. Y., Baek, S. J., Park, J.,. 2011. *A Study On The Virtual Digging Simulation Of A Hydraulic Excavator*. Proceedings of the 28th ISARC, Seoul, Korea. Pages 95-100.





## TIPE CEBAKAN MINERAL BERDASARKAN DATA GEOKIMIA TANAH DI GUNUNG RAWAN PERBATASAN SARAWAK - KABUPATEN SANGGAU, PROVINSI KALIMANTAN BARAT

*MINERAL DEPOSIT TYPE BASED ON SOIL GEOCHEMICAL DATA IN GUNUNG RAWAN  
AREA OF SARAWAK BORDER, SANGGAU REGENCY, WEST KALIMANTAN PROVINCE*

**Kisman dan Bambang Pardiarto**

Pusat Sumber Daya Geologi

Jl. Soekarno-Hatta No. 444, Bandung 40254

Email : kismanst@yahoo.com dan b.pardiarto@yahoo.com

Diterima : 9 Februari 2015

Direvisi : 26 Maret 2015

Disetujui : 30 April 2015

### ABSTRAK

Gunung Rawan merupakan salah satu titik tapal batas daerah perbatasan antara Malaysia dan Indonesia di Pulau Kalimantan (Borneo). Sebagian daripada gunung tersebut yaitu daerah Kedup-Sarawak sudah diketahui mengandung cebakan emas primer. Zona pemineralan ini diperkirakan menerus ke wilayah Kabupaten Sanggau. Dalam kerangka kerjasama penyelidikan dengan JMG-Malaysia, Pusat Sumber Daya Geologi melakukan penyelidikan di daerah Gunung Rawan untuk mengetahui penyebaran zona pemineralan tersebut. Litologi di daerah penyelidikan berupa breksi tufa yang umumnya sudah mengalami ubahan silisifikasi, propilitisasi dan argilitisasi dengan jenis mineral ubahan kaolinit, halloysit dan muskovit, mengandung pirit dan kalkopirit. Analisis koefisien korelasi terhadap unsur-unsur Au, As, Sb dan Hg dari geokimia tanah menunjukkan kekerabatan positif yang mencerminkan genesa dalam satu sistim. Terdapat empat kluster anomali unsur yaitu Cu-Hg, Au-Sb-As, Hg-Sb dan Cu-Au-As-Ag yang tersebar dominan dalam satuan batuan gunung api. Kluster anomali unsur Cu-Hg dengan pemineralan kalkopirit dan Au-Sb-As dengan pemineralan pirit terkonsentrasi di sekitar puncak Gunung Rawan yang diduga masih berhubungan dengan proses pemineralan yang terjadi di wilayah Kedup, Sarawak. Pemineralan tersebut diduga merupakan tipe *epithermal volcanic - hosted*.

**Kata kunci:** Koefisien korelasi, kluster anomali, *epithermal volcanic-hosted*.

### ABSTRACT

*Gunung Rawan is one of the boundary points along the border of Indonesia-Malaysia in Kalimantan Island (Borneo). Part of the mountain include Kedup area of Sarawak, which had been known to contain primary gold deposits. This mineralization zone is thought to be extended to the Gunung Rawan of Sanggau Regency side. In the framework of the cooperation with JMG-Malaysia, Centre for Geological Resources conducted research at Gunung Rawan in order to know the extension of mineralization zone. Lithology in the study area is generally occupied by tuff breccia that has been altered to silicification, propilitization and argillisation with mineral type of kaolinite, halloysite and muscovite containing pyrite and chalcopyrite. Correlation coefficient analysis of Au, As, Sb and Hg elements from soil geochemical data shows positive relationship that reflecting one genesis system. Four anomaly clusters are Cu-Hg, Au-Sb-As, Hg-Sb and Cu-Au-As-Ag widely occurred dominantly in the volcanic rock unit. Cluster anomaly of Cu-Hg with chalcopyrite mineralization and Au-Sb-As with pyrite mineralization are concentrated around the peak of Gunung Rawan. This mineralization is predicted to have relationship to the mineralization process occur in Kedup area. The mineralization is thought to be epithermal volcanic-hosted type.*

**Keywords :** *Correlation coefficient, anomaly cluster, epithermal volcanic-hosted.*

### PENDAHULUAN

Gunung Rawan merupakan bagian dari rangkaian pegunungan di Pulau Kalimantan (Borneo) yang menjadi bagian

dari tapal batas internasional antara Indonesia dan Malaysia. Bagian selatan berada di Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat, sedangkan bagian utara berada di daerah Kedup, Sarawak.

Penyelidikan ini dilakukan berkaitan dengan kerja sama teknik bidang mineral dan energi antara Badan Geologi dengan *Jabatan Mineral and Geoscience* (JMG) Malaysia. Data dari pihak JMG - Sarawak menunjukkan bahwa Gunung Rawan termasuk salah satu rangkaian gunung yang memanjang ke arah timur di wilayah Kedup-Sarawak dimana terdapat indikasi pemineralan logam mulia (emas) dengan zona mengarah timur-barat (Joseph dan Ahai, 2010). Zona pemineralan ini diperkirakan juga menerus ke bagian selatan Gunung Rawan di Kabupaten Sanggau.

Cebakan emas primer terdapat di daerah Gunung Rawan, Kecamatan Sekayam pada batuan yang mengalami ubahan silisifikasi dan barik-barik urat kwarsa. Selain itu juga terdapat disekitar Sungai Entikong, Sungai Senyang dan Sungai Kayan, Kecamatan Entikong. Pertambangan emas sekunder telah dilakukan oleh PT. Mega Malindo di Sungai Entikong, Sungai Senyang dan Sungai Kayan (Anonim 2001).

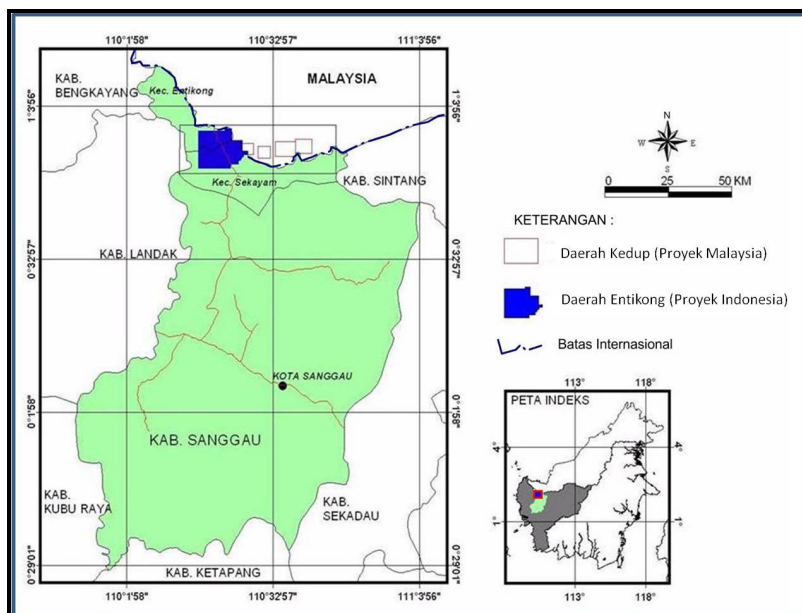
Hasil penyelidikan geokimia sebelumnya dari contoh sedimen sungai aktif pada aliran sungai bagian selatan Gunung Rawan menunjukkan anomali unsur Mn (388 ppm) dan Ag (3 ppm).

Bongkah urat kwarsa banyak dijumpai di Sungai Penyu namun tidak dijumpai singkapannya. Intrusi andesit yang ditemukan di Sungai Rawan telah terpropilitkan yang dipotong oleh urat kwarsa-epidot (Anonim, 2010).

Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2014 melakukan penyelidikan mineral logam mulia di daerah ini untuk mengetahui tipe cebakan dan korelasinya dengan zona pemineralan yang ditemukan di wilayah Kedup, Sarawak. Lokasi penelitian berada di daerah Gunung Rawan yang termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Entikong dan Kecamatan Sekayam, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat (Gambar 1).

## METODOLOGI

Metoda yang digunakan meliputi pengamatan dan pemetaan geologi, pengambilan conto tanah dan batuan termineralisasi, analisis laboratorium dan pengolahan data. Pengamatan geologi dilakukan sepanjang lintasan baik pada punggung maupun sungai yang disertai pengambilan conto batuan. Beberapa conto batuan tersebut dianalisis menggunakan peralatan *Portable Infrared Mineral Analyzer* (PIMA).



Gambar 1. Peta lokasi penyelidikan mineral logam di daerah perbatasan Malaysia-Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat

Metoda pengambilan conto tanah dengan sistim *ridge and spur* dilakukan pada horison B dengan cara membuat lubang dan digali menggunakan alat sederhana seperti batang kayu yang diperuncing. Jarak antar titik pemercontaan sekitar 250 meter. Conto tanah berjumlah 146 dan dianalisis kimia dengan metoda *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) di laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi untuk unsur-unsur Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Li, Fe, Hg, Mn dan unsur As dan Sb dengan metoda kolometri.

Pengolahan data hasil analisis kimia conto tanah dilakukan dengan statistik deskriptif sederhana.

## GEOLOGI DAN MINERALISASI

Menurut Supriatna, dkk., (1993) stratigrafi regional daerah penelitian adalah sebagai berikut (Gambar 2) :

Batuan paling tua di Sanggau meliputi Kelompok Balaisebut (**CTRb**), terdiri atas batupasir, batulanau dan batulumpur di antaranya termalihkan lokal dan menyabak seperti serpih, sabak, filit, sekis, kuarsit, pualam dan rijang yang diperkirakan berumur Karbon Akhir. Diatas Kelompok Balai Sebut secara tidak selaras diendapkan batupasir terkersikan dan karbonan serta serpih dari Formasi Sadong (**Trus**) yang berumur Trias dimana bagian atas formasi menjemari dengan batuan Gunung Api Serian. Batuan Gunung Api Serian (**TRuse**) terdiri atas andesit dan basal, umumnya sebagai aliran tetapi beberapa aglomerat, breksi dan tufa umumnya mengalami ubahan kuat. Kemudian diatas batuan Gunung Api Serian diendapkan secara tidak selaras batuan Formasi Pedawan (**Kp**) berumur Kapur yang dicirikan oleh urutan yang tebal dari batupasir, serpih gampingan dan karbonan. Formasi ini tersebar luas diwilayah Sanggau dan melampar ke barat dan utara kearah Sarawak.

Kelompok dan formasi batuan diatas diterobos oleh Terobosan Sintang (**Toms**) yang terdiri atas diorit porfiritik, andesit piroksen atau granodiorit dengan beberapa dasit. Batuan umumnya membentuk tubuh terobosan kecil. sumbat-sumbat gunungapi. Berdasarkan pentarihan K-Ar terobosan ini berumur 28 juta tahun atau Oligosen Akhir hingga Miosen Awal.

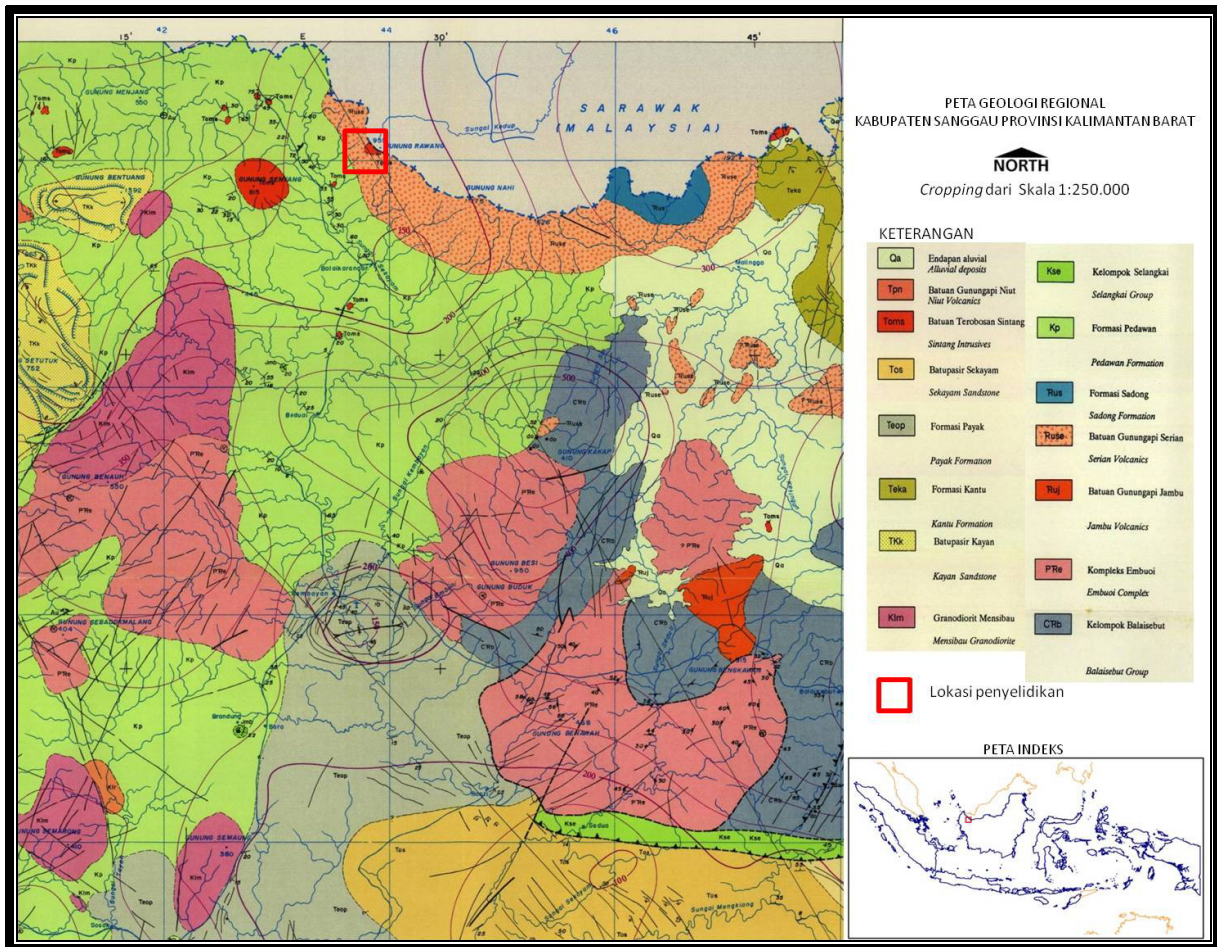
Endapan aluvial (**Qa**) berkembang sepanjang sungai utama yang terdiri atas lumpur, pasir, kerikil dan bahan tumbuhan di Lembar Sanggau dan meluas ke daerah rawa-rawa dari pinggiran dalam delta sungai.

Stratigrafi lokal daerah penelitian tersusun oleh satuan batuan dari umur tua ke muda dengan susunan sebagai berikut (Gambar 3) :

Satuan batuan malihan yang merupakan batuan dasar berupa batutanduk (*hornfels*) berwarna abu-abu tua. Penyebaran satuan batuan ini adalah di bagian timur daerah penyelidikan yang termasuk dalam wilayah Dusun Bungkang, Desa Bungkang Kecamatan Sekayam. Satuan batuan ini menempati daerah perbukitan tinggi dan terjal dengan puncak tertingginya adalah Bukit Sumut. Satuan batuan malihan ini dibandingkan sebagai bagian dari Kelompok Balai Sebut yang berumur Perm (Supriatna, dkk., 1993).

Satuan batuan gunungapi terdiri dari batuan andesit dan breksi tufa yang telah mengalami propilitisasi dengan mineral sulfida berupa pirit halus tersebar. Singkapan batuan andesit dijumpai di Bukit Sumut di wilayah Dusun Bungkang dan Bantan, Kecamatan Sekayam dan batuan breksi tufa di Sungai Etama. Batuan andesit dan breksi tufa yang dijumpai di daerah penelitian diduga sebagai bagian dari Batuan Gunungapi Serian yang berumur Trias (Supriatna, dkk., 1993). Hubungan antara batuan Gunungapi Serian dengan Kelompok Balai Sebut kemungkinan tidak selaras.





Gambar 2. Peta geologi regional daerah penelitian (Supriatna, dkk, 1993)

Satuan batuan sedimen yang terdiri atas serpih, serpih sabakan, batulumpur karbonan, batupasir dan setempat batugamping. Umumnya batuan ini telah mengalami patahan dan perlipatan. Satuan ini merupakan bagian dari Formasi Pedawan yang berumur Kapur yang mempunyai hubungan menjemari dengan batuan Gunung Api Serian (Supriatna, dkk., 1993). Sebaran satuan batuan ini mendominasi hampir separuh daerah penelitian terutama pada bagian barat dan selatan.

Satuan diorit dan andesit penyebarannya lebih terkonsentrasi di sekitar daerah Gunung Rawan yang merupakan intrusi seperti yang dijumpai di Sungai Pedunun. Di daerah sekitar Gunung Rawan diorit menerobos satuan batuan gunungapi yaitu breksi tufa yang mengakibatkan ubahan argilik (Gambar 4). Satuan diorit dan andesit ini merupakan bagian dari Batuan Terobosan Sintang

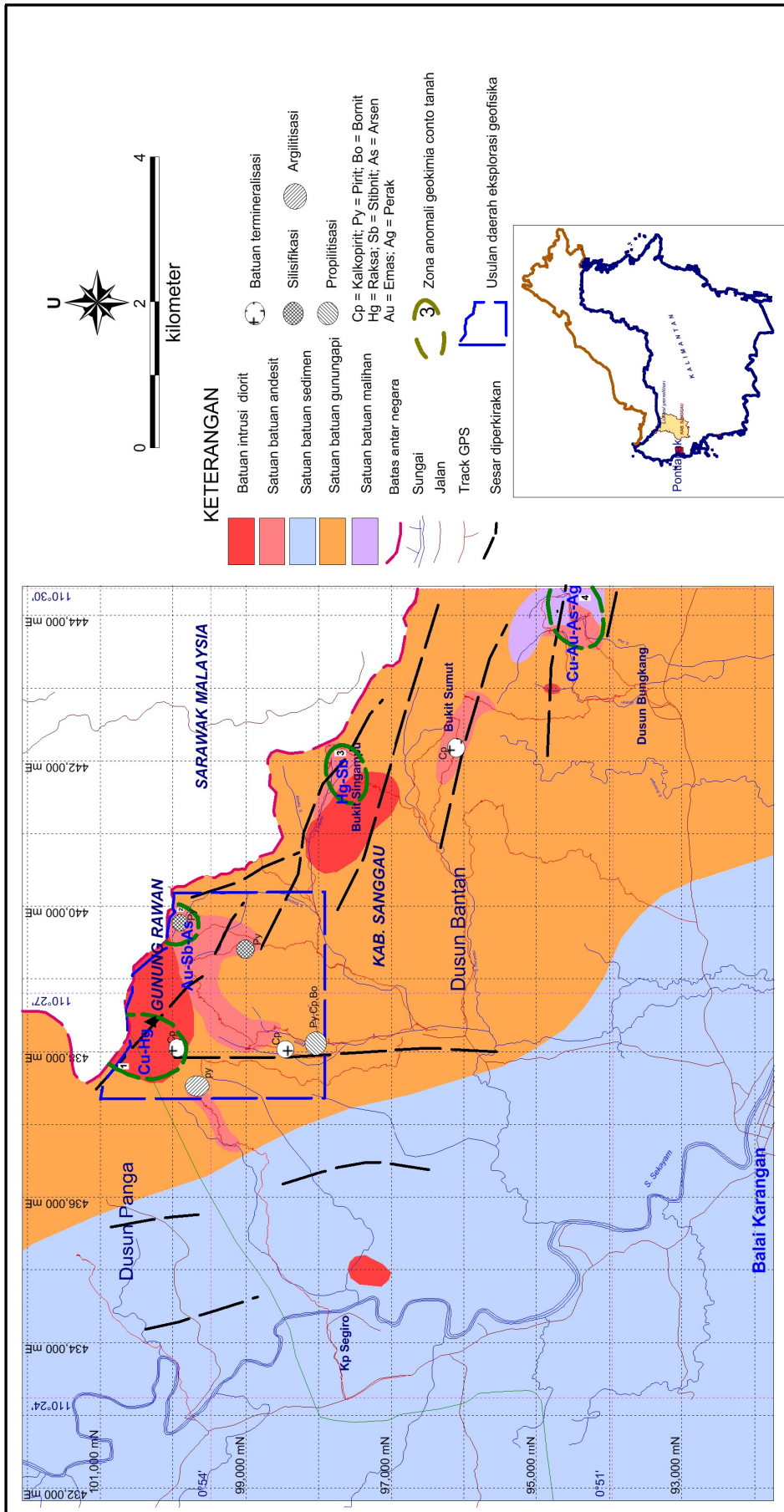
yang berumur Oligo-Miosen (Supriatna, dkk., 1993).



Gambar 4. Singkapan ubahan argilik pada breksi tufa, lokasi RH14-42R (Anonim, 2014).

Struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian berupa kelurusan yang diperkirakan berupa sesar umumnya berarah barat-laut-tenggara dan utara-selatan.





Gambar 3. Peta geologi dan zona prospek mineralisasi daerah Gunung Rawan dan sekitarnya Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat (Anonim, 2014)

Akibat terobosan diorit terhadap satuan batuan gunungapi ubahan yang dijumpai berupa silisifikasi, propilitisasi dan argilitisasi. Pemineralan sulfida yang teramati adalah berupa pirit dan kalkopirit pada batuan breksi tufa terpropilitkan yang dijumpai sebagai *float* (RK14-19F) di Sungai Entama (Gambar 5).



Gambar 5. *Float* breksi tufa terpropilitkan (RK14-19F) dengan pemineralan pirit dan kalkopirit (Anonim, 2014)

Pada anak Sungai Entenuh dijumpai batuan *float* (RK 14-36F) urat kuarsa berwarna putih susu, berongga hitam, bersifat manganis dan mengandung mineral sulfida berupa pirit yang mengisi bidang retakan. Dari hasil pengamatan mineragrafi mineral pirit telah berubah menjadi *hydrous iron oxide*.

## HASIL ANALISIS

Berdasarkan pemeriksaan petrografi terhadap conto batuan andesit terubah (RH14-37R) menunjukkan plagioklas sebagian terubah ke serisit, klorit dan karbonat. Batuan ini menunjukkan tekstur porfiritik, berukuran hingga 2,5 mm, bentuk anhedral-subhedral, disusun oleh fenokris plagioklas (40%), relik mineral mafik dan mineral opak di dalam masa dasar mikrolit plagioklas, butiran halus mineral opak serta mineral sekunder klorit (Gambar 6).

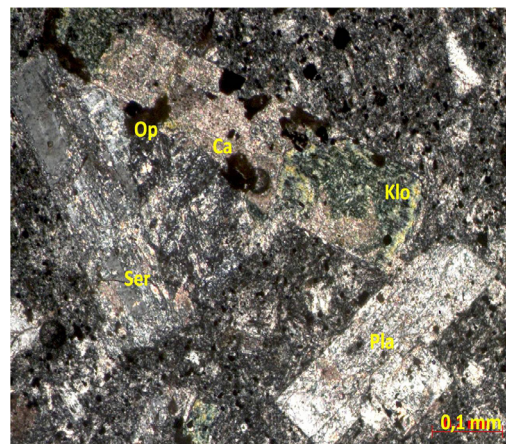
Klorit (10%), berwarna hijau pucat, berbutir halus berupa agregat-agregat berserabut, terutama mengisi celah-celah diantara masa dasar.

Serisit (30%) , tak berwarna, berbutir halus berupa agregat-agregat berserabut, tersebar sebagai masa dasar, sebagian

diduga merupakan hasil ubahan dari feldspar.

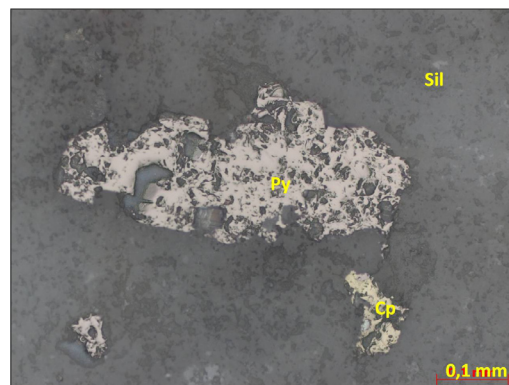
Karbonat (15%), tak berwarna-abu kecoklatan, berbutir halus hingga berukuran 0,2 mm, bentuk anhedral, menunjukkan relief agak tinggi, umumnya menempati dalam masa dasar dan sebagian diduga merupakan hasil ubahan dari felspar

Mineral opak (5%), berwarna hitam, kedap cahaya, berbutir halus, bentuk anhedral, tersebar merata bersama masa dasar.

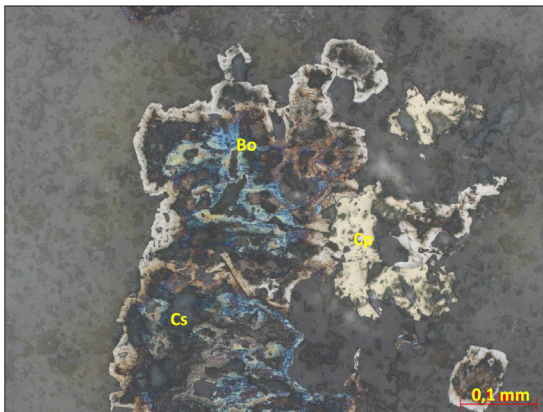


Gambar 6. Fotomikrograf andesit terubah (RH14-37R) dengan plagioklas (Pla) terubah serisit (Ser), karbonat (Cb) dan klorit (klo), mineral opak (Op) (Anonim, 2014)

Pemeriksaan mineragrafi terhadap conto batuan breksi tufa terpropilitkan (RK 14-19F) menunjukkan pemineralan sulfida berupa pirit, kalkopirit, bornit dan kalkosit (Gambar 7a dan 7b).



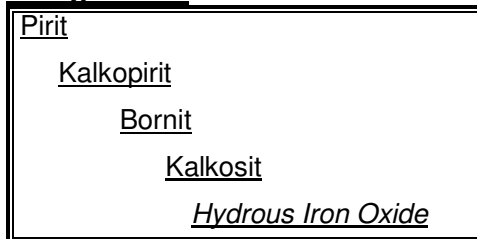
Gambar 7a. Fotomikrograf sayatan poles breksi tufa terpropilitkan pirit (Py) dan kalkopirit (Cb) yang nampak tersebar dalam massa silika (Sil) Conto RK14-19-F (Anonim, 2014)



Gambar 7b. Fotomikrograf sayatan poles breksi terpropilitkan kalkopirit (Cp) yang nampak berubah menjadi bornit (Bo) dan kalkosit (Cs) dalam massa silika (Sil), contoh RK14-19-F (Anonim, 2014)

Paragenesa mineral tersebut dimulai dari pembentukan pirit, kalkopirit, bornit, kalkosit dan terakhir *hydrous iron oxide* (Gambar 8).

**Paragenesa :**



Gambar 8. Paragenesa mineral daerah penelitian.

Hasil analisis metoda spektra *infrared* yang menggunakan peralatan PIMA terhadap conto batuan yang berubah (RH14-42R dan RH14-61R) menunjukkan jenis mineral ubahan berupa kaolinit, halloysit dan muskovit (Tabel 1).

Hasil analisis kimia unsur logam terhadap 146 conto tanah meliputi unsur Cu, Pb, Zn, Mn, Ag, Li, Fe, Au, As, Sb dan Ag tidak disertakan dalam makalah ini, akan tetapi dapat diperoleh melalui penulis. Rangkuman stastistik hasil analisis kimia horison B ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan analisis statistik maka karakteristik tiap unsur dapat diuraikan sebagai berikut : Unsur Au kadarnya

berkisar antara 0 s.d 36 ppb dengan nilai *mean* 5,90 ppb. Kadar paling tinggi terdapat pada conto nomor RH14-34S. Lokasi tersebut menempati satuan batuan andesit Gunung Rawan sebelah selatan. Kadar Au dengan total delapan conto menunjukkan anomali berkisar antara 18,91 s.d. 36 ppb.

Kluster anomali Au yang berarti terdapat pada punggung yang dekat dengan Sungai Entinuh dan Sungai Eintran sebanyak dua conto dengan kadar berkisar antara 33 ppb s.d. 36 ppb. Sedangkan empat conto lainnya di punggung dekat Sungai Eintran dan Bukit Sumut memperlihatkan nilai Au berkisar antara 23 ppb s.d. 30 ppb serta dua conto lainnya yang berada pada punggung Sungai Eintran dan Sungai Entinuh memperlihatkan nilai Au berkisar antara 19 ppb s.d. 23 ppb (Gambar 9).

Unsur As kadarnya berkisar antara 0 s.d. 26 ppm dengan nilai *mean* 1,76 ppm. Kadar paling tinggi terdapat pada conto tanah dengan nomor RK14-37S (Gambar 10). Lokasi tersebut menempati satuan batuan andesit di lereng Gunung Rawan sebelah tenggara.

Unsur Sb kadarnya berkisar antara 0 s.d. 10 ppm dengan nilai *mean* 1,09 ppm. Kadar paling tinggi terdapat pada conto tanah nomor RH14-28S (Gambar 11). Lokasi tersebut menempati satuan batuan andesit di lereng Gunung Rawan sebelah tenggara.

Unsur Hg kadarnya berkisar antara 33 s.d. 387 ppb dengan nilai *mean* 123,78 ppb. Kadar paling tinggi terdapat pada conto tanah nomor RH14-28S (Gambar 12). Lokasi tersebut menempati satuan batuan gunungapi di Dusun Bungkok sebelah utara. Kadar Hg hampir rata di setiap conto nilainya di atas 30 ppb.

Dari sebaran anomali umumnya anomali Au memperlihatkan pola yang sama dengan pola anomali unsur As dan Sb. Anomali unsur Sb dan unsur As berada dalam satu formasi batuan dengan lokasi yang sama, namun nilai unsur As lebih tinggi.

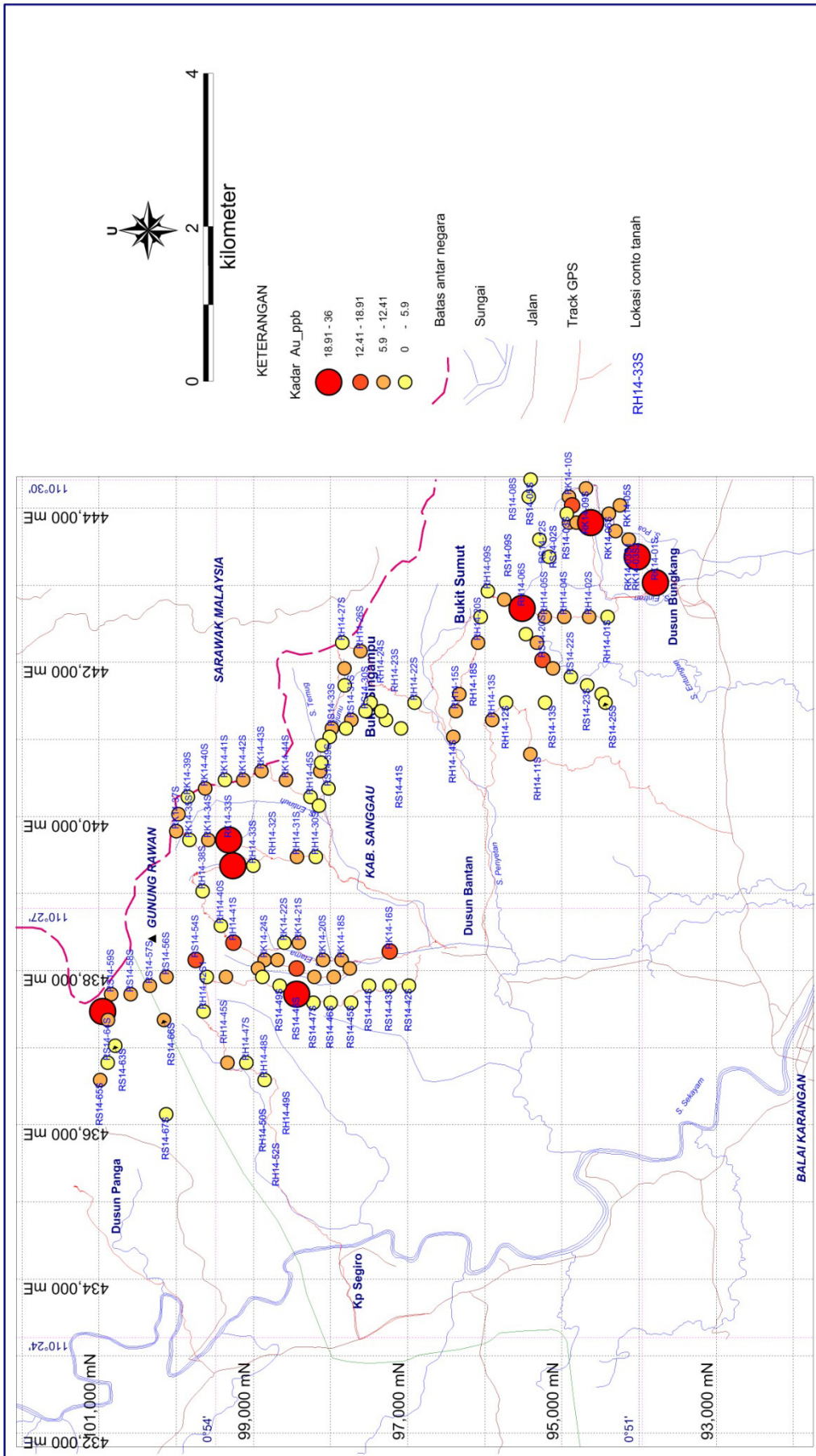


Tabel 1. Hasil pengujian batuan dengan PIMA terhadap conto batuan dari G. Rawan (Anonim, 2014)

Samples	TSA_A_Mineral1	TSA_A_Weight1	TSA_A_Mineral2	TSA_A_Weight2	TSA_A_Error
RH14_42R_a	Kaolinite	0.692	Muscovite	0.308	35.988
RH14_42R_b	Kaolinite	0.672	Muscovite	0.328	44.646
RH14_42R_c	Kaolinite	0.684	Muscovite	0.316	48.729
RH14_42R_d	Kaolinite	0.614	Muscovite	0.386	30.723
RS14_61R_a	Halloysite	1	NULL	NULL	55.107
RS14_61R_b	Halloysite	1	NULL	NULL	55.988
RS14_61R_c	Halloysite	1	NULL	NULL	59.714
RS14_61R_d	Halloysite	1	NULL	NULL	66.354

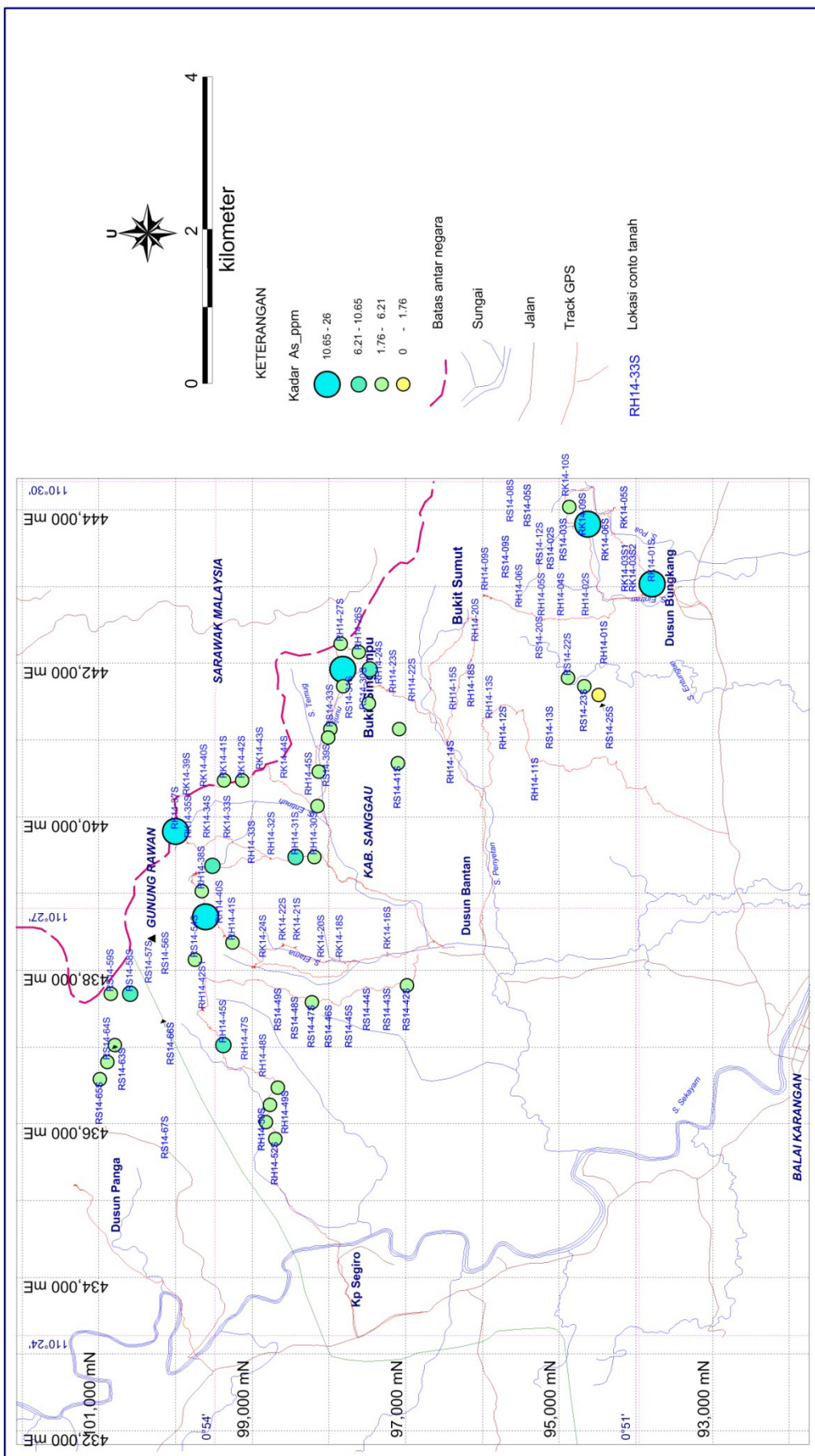
Tabel 2. Rangkuman statistik deskripsi sederhana hasil analisis kimia conto tanah horizon B daerah penelitian (Anonim, 2014)

Description	Cu_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Mn_ppm	Ag_ppm	Li_ppm	Fe_%	Au_ppb	As_ppm	Sb_ppm	Hg_ppb
Mean	10.49	48.57	95.94	280.77	1.99	9.49	5.69	5.90	1.76	1.09	123.78
Standard Error	0.677	1.508	3.341	31.797	0.033	0.305	0.246	0.538	0.368	0.187	4.127
Median	8	47	94.5	118.5	2	9	4.835	5	0	0	113.5
Modus	6	47	111	90	2	6	3.61	0	0	0	92
Standard Deviation	8.18	18.22	40.37	384.20	0.40	3.68	2.97	6.51	4.45	2.26	49.86
Sample Variance	66.969	331.806	1.629.948	147.609.583	0.159	13.576	8.803	42.327	19.770	5.089	2.486.379
Kurtosis	13.451	43.080	13.266	7.884	72.580	3.533	2.899	5.868	17.101	7.388	5.681
Kemencengan	3.333	5.052	2.448	2.656	6.586	1.457	1.538	2.107	3.934	2.775	1.760
Range	54	193	333	2173	5	22	16.09	36	26	10	354
Minimum	3	18	31	27	1	4	1.53	0	0	0	33
Maximum	57	211	364	2200	6	26	17.62	36	26	10	387
Sum	1531	7091	14007	40993	291	1386	830.89	861	257	159	18072
Count	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Confidence Level (95.0%)	1.338.590	2.979.568	6.603.868	62.844.717	0.065137	0.602691	0.485311	1.064.196	0.727297	0.368986	8.156.337

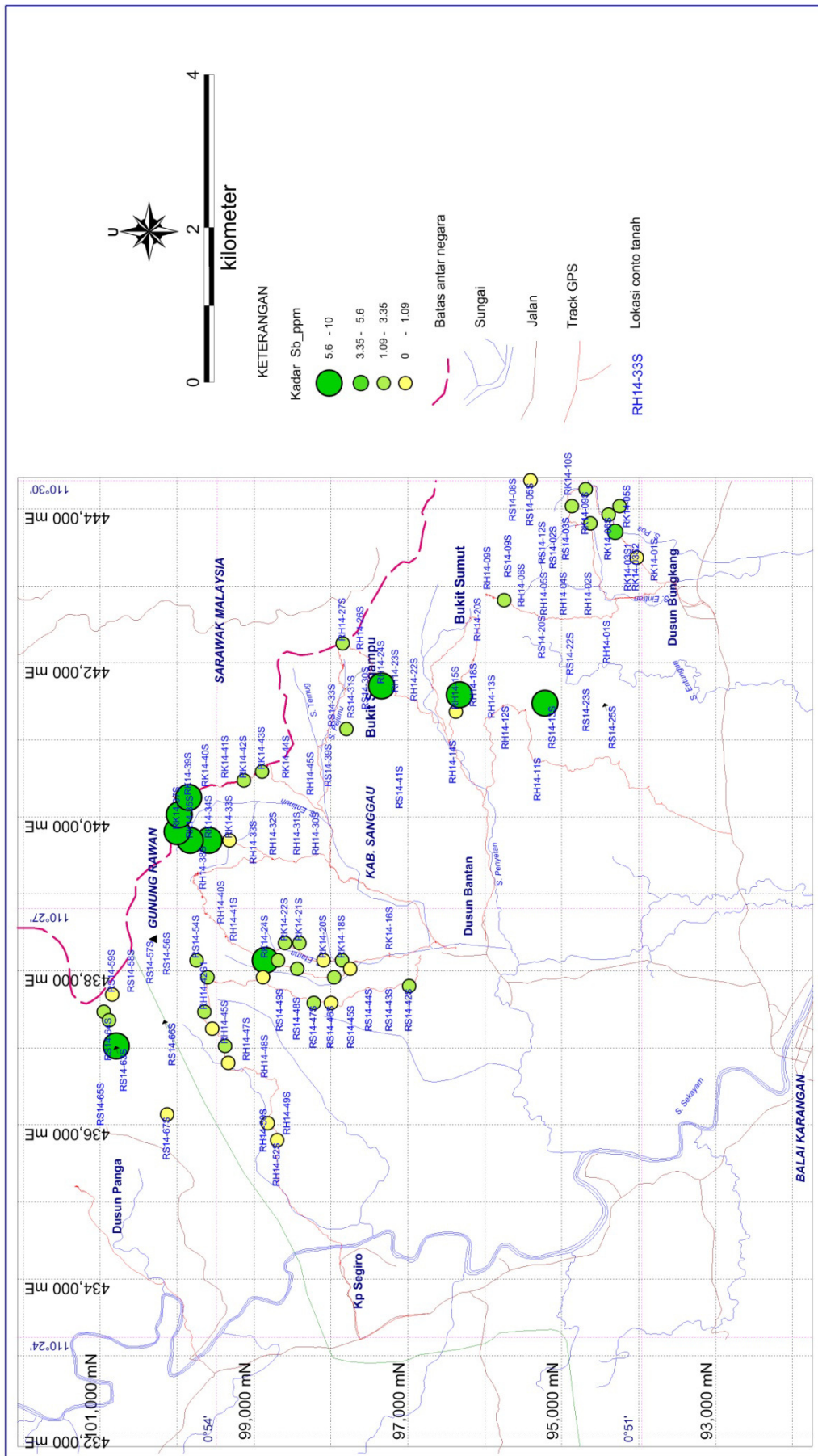


Gambar 9. Peta sebaran unsur Au conto tanah daerah Gunung Rawan dan sekitarnya Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat (Anonim, 2014)

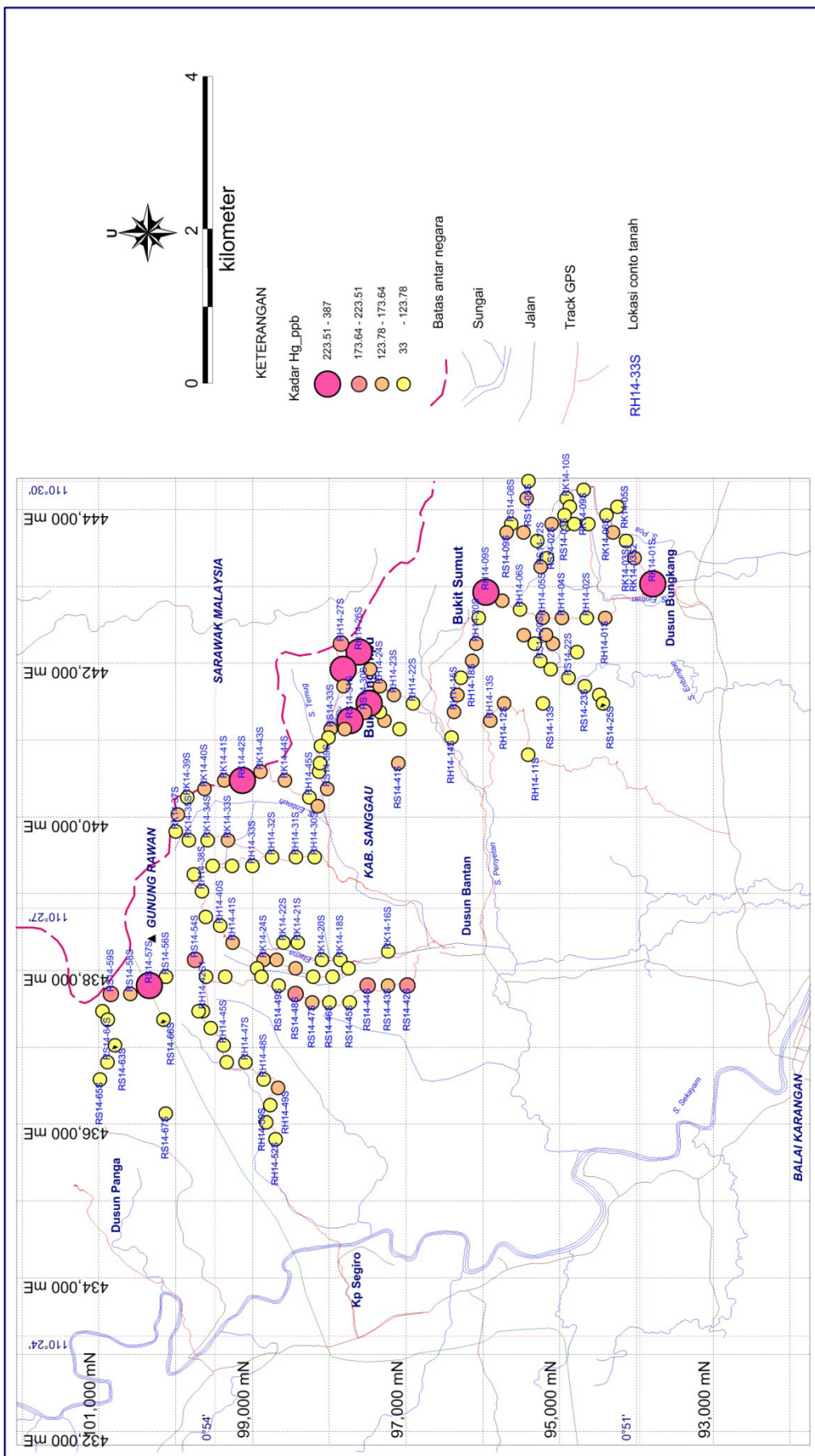




Gambar 10. Peta sebaran unsur As conto tanah daerah Gunung Rawan dan sekitarnya Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat (Anorim, 2014)



Gambar 11. Peta sebaran unsur Sb contoh tanah daerah Gunung Rawan dan sekitarnya Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat (Anonim, 2014)



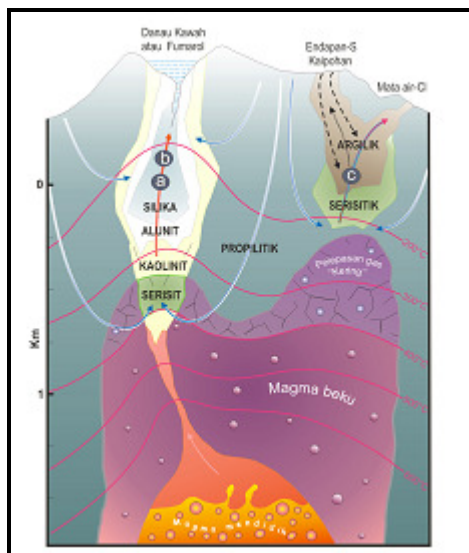
Gambar 12. Peta sebaran unsur Hg conto tanah daerah Gunung Rawan dan sekitarnya Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat (Anorim, 2014)



PEMBAHASAN

Cebakan tipe epithermal terbentuk pada kedalaman 50 s.d. 1500m dalam suatu sistem hidrothermal pada kisaran temperatur 100° s.d. 320° C. Logam ekonomis utama adalah emas (Au), logam lainnya adalah Ag, Cu, Pb, Zn, Hg, As dan Sb. Ubahan yang berkembang meliputi silisifikasi, argilitisasi lanjut, illit, monmorilonit/adularia dan propilitisasi. Beberapa cebakan berkaitan erat dengan intrusi dan beberapa lainnya tidak berhubungan dengan intrusi (White, 2009).

Hedenquist dkk., (1996) menyatakan tipe epithermal ini menempati posisi yang paling dikenal karena banyaknya cebakan yang telah ditemukan dan ekonomis ditambang. Bijih logam yang terbentuk karena kegiatan hidrothermal sangat beragam terutama kelompok sulfida logam dasar dan logam mulia. Giggenbach (1992) menggambarkan sistim hidrothermal untuk tipe epithermal berdasarkan jenis mineral ubahan dan mineral bijihnya terdapat dua sub-tipe yaitu epithermal sulfidasi rendah (*low sulphidation*) dan epithermal sulfidasi tinggi (*high sulphidation*) (Gambar 13).



Gambar 13. Model sistem hidrothermal tipe epithermal sulfida tinggi (jalur a dan b) dan sulfida rendah jalur c (Giggenbach, 1992)

Berkaitan dengan jenis batuan yang menjadi tempat kedudukan pemineralan, dalam cebakan *epithermal volcanic-hosted* memiliki pengayaan arsen (As), antimon (Sb), air raksa (Hg) dan talium (Tl) yaitu pada daerah celah utama larutan hidrothermal yang berasosiasi dengan zona ubahan lempung. Karakteristik kadar logam dasar dalam asosiasinya dengan pemineralan emas-perak umumnya rendah yang berada di bawah zona logam mulia (Bunchanan, 1981).

Dalam sistim hidrothermal unsur-unsur As, Sb, Ag dan Ba dapat digunakan sebagai unsur petunjuk (*pathfinder*) dalam penyelidikan cebakan emas epithermal (Yaylali-Abanuz dan Tuysuz, 2011). Kecenderungan As, Sb, Hg dan Tl berhubungan dengan pemineralan emas-perak dalam lingkungan cebakan epithermal model *hot-springs* dijumpai di daerah Waiotapu, New Zealand. Pemineralan emas berada di dalam dan di sekitar breksi erupsi hidrothermal dan tudung sinter purba. Sebagian besar pemineralan terdapat pada tingkat dangkal (berkisar antara 40 meter s.d. 120 meter dan temperatur purba 160°C s.d. 200°C) yang berasosiasi dengan zona silisifikasi intensif (Berger and Eimon, 1982).

Gray (1997) menyatakan bahwa cebakan mineral epithermal yang terdiri dari Hg-Sb, Au dan tubuh urat mengandung mineral sulfida diantaranya tetrahedrit dan tenantit. Menurut Foit dan Ulbricht (2001) tetrahedrit dan tenantit yang mengandung air raksa sebagai unsur minor tetapi merupakan komposisi penting dalam cebakan tipe epithermal. Sebagaimana diketahui dalam mineral tetrahedrit terdapat unsur Sb dan pada mineral tennantit terdapat unsur As, sehingga paduan ketiga unsur Hg, Sb dan As menjadi penting sebagai indikator cebakan tipe epithermal.

Di daerah penelitian unsur Au, As, Sb dan Hg hampir terdapat pada setiap conto tanah dengan kadar yang bervariasi. Penulis berasumsi bahwa unsur yang terkandung dalam conto tanah bersumber dari batuan yang terdapat di daerah penelitian. Hasil analisis statistik

unsur geokimia conto tanah secara umum diperoleh anomali unsur-unsur As, Sb, Hg dan Au yang mempunyai kesamaan pola sebarannya. Sedangkan dari analisis nilai koefisien korelasi memiliki kekerabatan yang positif diantara unsur-unsur sebagai berikut : As-Au 0.1503, Sb-Au 0.0627 dan Hg-Au 0.1646 (Tabel 3). Kekerabatan antar unsur tersebut mencerminkan bahwa genesa pemineralan berada dalam satu sistim.

Terdapat empat kluster anomali unsur yaitu Au-Sb-As, Cu-Hg, Hg-Sb dan Cu-Au-As-Ag yang tersebar dominan dalam satuan batuan gunung api. Kluster anomali tersebut merupakan paduan antara unsur Hg, Sb dan As. Pola sebaran kluster anomali secara umum berarah barat-laut-tenggara yang diduga dikontrol oleh pola struktur yang berkembang di daerah ini.

Jenis mineral ubahan dari hasil pemeriksaan petrografi berupa serisit, sedangkan dari analisis spektra *infrared* dicirikan oleh kaolinit, halloysit dan muskovit. Kehadiran jenis mineral ubahan yang terdapat didaerah penelitian merupakan pencerminan ubahan tipe argilik lanjut yang terbentuk pada temperatur rendah.

Pemineralan berupa pirit dan kalkopirit dijumpai dalam batuan breksi tufa yang terpropilitkan. Sebagian kalkopirit telah terbuah menjadi bornit dan kalkosit. Berdasarkan data tersebut pemineralan logam dasar yang berasosiasi dengan emas didaerah penelitian merupakan cebakan tipe epithermal yang terjebak dalam batuan gunung api atau diklasifikasikan sebagai tipe *epithermal volcanic-hosted*. Pembentukan cebakan mineral logam di daerah ini sangat berkaitan dengan aktifitas gunung api yang terjadi pada masa lalu.

Kluster anomali unsur Au-Sb-As dengan pemineralan pirit terkonsentrasi di sekitar puncak Gunung Rawan bagian selatan dalam wilayah Kabupaten Sanggau yang diduga masih berhubungan dengan proses pemineralan emas tipe urat yang terjadi di Gunung

Rawan bagian utara dalam wilayah Kedup, Sarawak.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Anomali geokimia dari conto tanah didaerah penelitian merupakan paduan antara unsur Hg, Sb dan As yang berkembang dalam lingkungan batuan gunung api dengan ubahan batuan mempunyai tipe argilik lanjut. Tipe cebakan mineral didaerah penelitian diklasifikasikan sebagai tipe *epithermal volcanic-hosted*.

Pemineralan emas tipe urat yang ditemukan di Gunung Rawan wilayah Kedup, Sarawak masih mempunyai hubungan dengan pemineralan di Gunung Rawan wilayah Sanggau yang dicirikan oleh anomali Au-As-Sb terkonsentrasi dekat puncak gunung.

Penyelidikan geofisika metoda Polarisasi Terimbas (IP) dan magnetik disarankan dilakukan pada wilayah kluster anomali Cu-Hg dan Au-As-Sb untuk mengetahui karakteristik pemineralan di bawah permukaan (Gambar 3).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini para penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Geologi atas pemberian izin diterbitkannya makalah ini. Pembiayaan penelitian berasal dari DIPA TA 2014. Kepada anggota tim lapangan, teknisi dan laboratorium yang membantu kelancaran kerja hingga selesai kami ucapkan terima kasih.



Tabel 3. Koefisien korelasi hasil analisis kimia conto tanah (Anonim, 2014)

	Cu_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Mn_ppm	Ag_ppm	Li_ppm	Fe_%	Au_ppb	As_ppm	Sb_ppm	Hg_ppb
Cu_ppm	1										
Pb_ppm	-0.0651	1.0000									
Zn_ppm	0.0557	0.2529	1.0000								
Mn_ppm	0.3468	0.1472	0.2399	1.0000							
Ag_ppm	0.0539	0.1622	0.1531	0.0957	1.0000						
Li_ppm	0.2690	-0.2116	-0.0199	0.2828	-0.0541	1.0000					
Fe_%	0.1449	0.3366	0.3727	0.3649	0.0940	-0.1759	1.0000				
Au_ppb	0.0449	0.0380	0.0573	0.1059	-0.1094	0.2093	0.0796	1.0000			
As_ppm	-0.0140	-0.0196	-0.0360	0.2070	-0.0555	0.1272	-0.1338	<b>0.1503</b>	1.0000		
Sb_ppm	0.0249	-0.0865	-0.0330	-0.0850	-0.1222	0.0104	-0.0453	<b>0.0627</b>	0.0840	1.0000	
Hg_ppb	-0.0768	0.1210	0.1877	0.0395	-0.1803	-0.0773	0.0601	<b>0.1646</b>	0.2205	-0.0522	1.0000

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001. Informasi Bahan Galian Tambang Kabupaten Sanggau, Dinas Pertambangan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Kabupaten Sanggau, Pemerintah Daerah Kabupaten Sanggau (tidak terbit).
- Anonim, 2012. Laporan Penyelidikan Mineral Logam di daerah Perbatasan Malaysia-Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (tidak terbit).
- Anonim, 2014. Laporan Eksplorasi Umum Mineral Logam Mulia dan Logam Dasar di Daerah Perbatasan Malaysia-Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (tidak terbit).
- Berger, B.R., and Eimon, P.I., 1982. Comparative models of epithermal silver-gold deposits: *AIME Preprint*, no. 82-13, SME-AIME Mtg., Dallas, Texas.
- Bunchanan, L.J., 1981. Precious Metal Deposits Associated with Volcanic Environments in the Southwest Arizona. *Geological Society Digest*, v. 14, p. 237-262.
- Foit, F.F., and Ulbricht, M.E., 2001. Compositional Variation In Mercurian Tetrahedrite-Tennantite From The Epithermal Deposits of The Steens And Pueblo Mountains, Harney County, Oregon, *The Canadian Mineralogist* Vol. 39, pp. 819-830 .
- Giggenbach, W.F., 1992. Isotopic Shifts in Waters from Geothermal and Volcanic Systems along Convergent Plates Boundaries and their Origin : *Earth and Planetary Science Letters*, v. 118, p. 495-510
- Gray, J.E., Gent, C.A., Snee, L.W. and Wilson, W.H., 1997. Epithermal Mercury-Antimony and Gold-Bearing Vein Lodes of Southwestern Alaska: *Economic Geology, Monograph* 9, pp. 287-305
- Hedenquist, J.W., Izawa, E., Arribas, A. and White, N.C., 1996: Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics, and Exploration, *Resource Geology Special Publication Number 1*, Society of Resource Geology, Tokyo-Japan.
- Jopseph, J.J. and Ahai, T., 2010. Geochemical Exploration in the Gunung Rawan Area, Serian, Sarawak, Ninth Malaysia Plan Regional Geochemical Survey Sarawak, Minerals and Geoscience Department Malaysia, Ministry of Natural Resources and Environment, Report No: JMG.SWK (SGR) 1/2010.
- Supriatna, S., Margono, U., Sutrisno, de Keyser, F., dan Langford, R.P., 1993. *Geologi Lembar Sanggau, Kalimantan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- White, N.C., 2009. Epithermal Gold Deposits : Characteristic, processes, products and interpretation, Handout of Gold Workshop, Yogyakarta and Semarang Indonesia, October 2009.
- Yaylalı-Abanuz, G. and Tüysüz, N., 2011. Statistical evaluation of the geochemical data from Akoluk epithermal gold area (Ulubey-Ordu), NE Turkey, *Geochemical Journal*, Vol. 45, pp. 209 – 219.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan kali ini kami ucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para editor dan mitra bestari atas revidu-revidu yang kritis terhadap makalah-makalah dalam edisi ini. Secara khusus ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Prof. Ris. Bhakti Harahap Hamonangan, M.Sc, atas revidu mengenai potensi mineral di wilayah dekat perbatasan Kalimantan-Sarawak. Kepada Prof. Dr. Bukin Daulay, M.Sc atas revidunya terhadap tulisan *gas shale* dan *mineral matter in coal*. Kepada Dr. Eng. Suryantini, ST, M.Sc atas telaah yang kritis terhadap tulisan mengenai panas bumi dan kepada Ir. Frank Edwin, MT terhadap tulisan mengenai prospek lempung sebagai bahan baku keramik. Khusus kepada Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc, kami berterima kasih tidak hanya atas revidu tentang kajian geoteknik tanah yang mengandung mineral timah, namun juga atas saran-sarannya bagi perbaikan buletin ini.



## BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 10 Nomor 1 , 2015

ISSN 1907 – 5367

## INDEKS PENULIS

Bambang Pardiarto  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : b.pardiarto@yahoo.com

Bayu Sayekti  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : sayekti\_bayu@yahoo.co.id

Dicky Muslim  
Laboratorium Geologi Teknik, Fak. Teknik  
Geologi, Universitas Padjadjaran  
Jln. Raya Bandung – Sumedang km 7,  
Jatinangor  
E-mail : dickgeo 86@ gmail.com  
dicky muslim @ unpad ac. Id

Dikdik Risdianto  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : dikrisdi @ yahoo.com

Irvan Sophian  
Laboratorium Geologi Teknik, Fak. Teknik  
Geologi, Universitas Padjadjaran  
Jln. Raya Bandung – Sumedang km 7,  
Jatinangor  
E-mail : irvan..s@unpad.ac.id

Kisman  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : kismanst@yahoo.com

Moch. Nurhadi  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : mochamadnurhadi@gmail.com

Muhammad Kholid  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : kholid\_di@yahoo.com

Nur Khoirullah  
Program Pascasarjana, Fak. Teknik  
Geologi, Universitas Padjadjaran  
Jln. Raya Bandung – Sumedang km 7,  
Jatinangor  
E-mail : nurkhoirullah@yahoo.co.id

Penny Oktaviani  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : penny.oktaviani@gmail.com

Rita Susilawati  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : winkwinkproud@gmail.com

Robert Lumban Tobing  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung  
E-mail : trebor\_dim@yahoo.co.id

Yadvi Arma  
PT. Timah. Tbk  
E-mail : yadvi.amna@pttimah.co.id

Yuano Rezky  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jln. Soekarno Hatta no. 444 Bandung

Zulfiadi Zakaria  
Laboratorium Geologi Teknik, Fak. Teknik  
Geologi, Universitas Padjadjaran  
Jln. Raya Bandung – Sumedang km 7,  
Jatinangor  
E-mail : zulfiadi.z@unpad.ac.id





## BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 10 Nomor 1 , 2015

ISSN 1907 – 5367

## INDEKS KATA KUNCI

- bahan keramik, 23, 33  
*Coal*, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,  
*coal utilization*, 1, 11, 14  
*epithermal volcanic-hosted*, 55, 67, 68  
feldspar, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33  
G. Talang – Killi, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,  
42, 43  
geokimia organik, 15  
kematangan, 15  
kondisi inisial, 35, 40  
Koefisien korelasi, 55, 68, 69  
klaster anomali, 55, 68  
Lempung, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,  
32, 33  
Mekanik, 45, 46, 48, 50, 52  
*mineral matter*, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11,  
12, 13, 14  
*natural state*, 35, 36, 39, 40, 44  
*out flow*, 35  
Panas Bumi, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42,  
43, 44  
petrografi organik, 15  
Sifat Fisik, 45, 46, 48, 50, 52,  
Simulasi Numerik, 35, 36, 38, 39, 40, 43, 44  
SPT, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52  
Tanah, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52  
Timah, 45, 46, 49, 52  
TOC, 15, 18, 19, 20, 21  
tipe kerogen, 15  
*up flow*, 35



## BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Mei 2015

ISSN 1907 – 5367

DDC: 662.66

Rita Susilawati  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## MINERAL MATTER DALAM BATUBARA

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 1 – 14

Istilah mineral matter dalam batubara didefinisikan sebagai semua komponen anorganik yang tidak mudah terbakar yang terkandung dalam batubara maupun yang berhubungan dengan batubara. Termasuk dalam definisi ini adalah partikel-partikel kristal mineral, ion-ion terlarut dan komponen anorganik yang terkandung dalam air pori atau air permukaan batubara serta senyawa inorganik yang bersatu dengan komponen organik dalam maseral batubara. Mineral dalam batubara terbentuk sepanjang sejarah pembentukan lapisan batubara. Distribusi mineral tersebut dipengaruhi oleh faktor biologi, hidrologi dan geokimia. Kuarsa dan mineral lempung adalah kristal dan mineral yang paling banyak ditemukan dalam batubara diikuti oleh felspar dan mineral karbonat dalam bentuk siderit, kalsit dan dolomit serta mineral sulfida seperti pirit. Analisis dan karakterisasi mineral dalam batubara menjadi penting terutama karena kandungan mineral berpengaruh dalam proses pemanfaatan batubara, termasuk juga untuk menghindari pengaruh negatif mineral tersebut terhadap lingkungan.

**Kata Kunci:** batubara, *mineral matter*, pemanfaatan batubara.

DDC: 547.83

Robet Lumban Tobing  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## KARAKTERISTIK SERPIH GAS DI FORMASI DAKEBO, DAERAH WAGHETE, PROVINSI PAPUA

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 15 – 22

Formasi Dakebo berada di dalam Cekungan Akimeugah. Formasi ini diperkirakan berumur Pliosen, terendapkan pada lingkungan kipas aluvial dan dataran limpah banjir, tersusun oleh batuan konglomerat, batupasir, serpih pasiran, batulumpur dan lignit. Secara megaskopis, conto batuan berwarna abu-abu kehitaman. Di antara lapisan serpih, setempat-setempat terdapat sisipan tipis batupasir dan batugamping serta sering ditemui sisa tetumbuhan berwarna coklat dan hitam. Dari hasil analisis geokimia organik dan maseral yang dilakukan pada conto batuan mengindikasikan adanya kandungan material organik dengan kategori sedang hingga sangat baik sebagai batuan sumber. Material organik tersebut terdiri dari maseral vitrinit dan liptinit. Maseral vitrinit hadir dengan jumlah rare hingga major dan liptinit hadir dalam jumlah rare hingga common. Berdasarkan data hasil analisis TOC, conto batuan memiliki kelimpahan material organik berkisar 3,11% hingga 12,62% dan merupakan kerogen Tipe II dan Tipe III. Nilai Tmaks sebesar 401°C hingga 431°C dan nilai Rv sebesar 0,28% hingga 0,31% mengindikasikan material berada pada tahap belum matang (*immature*). Kerogen Tipe II memiliki

kecenderungan menghasilkan minyak dan Tipe III memiliki kecenderungan menghasilkan gas.

**Kata kunci:** geokimia organik, petrografi organik, TOC, tipe kerogen, kematangan.

DDC: 666.3.7

Bayu Sayekti dan Penny Oktaviani  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## PROSPEK PEMANFAATAN LEMPUNG FORMASI MUARAENIM DAN TUF FORMASI RANAU SEBAGAI BAHAN BAKU KERAMIK DI KABUPATEN OGAN KOMERING ULU SELATAN, PROVINSI SUMATERA SELATAN

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 23 – 34

Endapan lempung Formasi Muaraenim di daerah Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan terdapat sebagai *overburden* di bagian atas lapisan batubara, dan sebagai *interburden* di antara dua lapisan batubara. Formasi Ranau terdiri dari tuf riolitan, tuf batuapung, tuf padu dengan sisipan batulempung berkarbon.

Berdasarkan evaluasi hasil pengujian awal melalui pembakaran pada suhu tinggi 1.400°C menunjukkan bahwa lempung dari Formasi Muaraenim di daerah penyelidikan dapat digunakan sebagai bahan baku keramik bodi *stoneware*, sedangkan felspar diagenetik (tuf feldspatik) dapat dimanfaatkan untuk bahan pelebur (*flux*) dalam bodi keramik pada proses pembakaran.

Percobaan prototip ubin, dengan rasio komposisi campuran lempung dan felspar diagenetik (tuf feldspatik) 1 : 1 menunjukkan hasil dapat dibuat ubin keramik berglasir kelas II berbasis bodi "stone ware" dengan suhu pembakaran 1.150°C. Sumberdaya lempung dan felspar yang cukup berlimpah ini dapat dimanfaatkan dan prospek untuk dikembangkan sebagai bahan baku alternatif siap pakai untuk industri keramik.

**Kata kunci:** lempung, felspar, bahan keramik.

DDC: 550.836.2

Dikdik Risdianto, Moch. Nurhadi, Muhammad Kholid dan Yuano Rezky  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## SIMULASI NUMERIK SISTEM PANAS BUMI GUNUNG TALANG - KILLI KABUPATEN SOLOK, PROVINSI SUMATERA BARAT

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 35 – 44

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

Penyebaran litologi secara lateral dan vertikal disusun berdasarkan grid blok menjadi beberapa lapisan yang mendekati konfigurasi litologi dalam model konseptual. Kondisi inisial dan batas kondisi diberikan berdasarkan data yang tersedia.

Hasil simulasi yang didapatkan setelah dilakukan proses kalkulasi beberapa kali (*trial and error*) dengan merubah beberapa parameter simulasi dan hasil yang paling baik dikalibrasi dengan hasil pengukuran temperatur sumur pengeboran landaian suhu TLG-1.

Mengingat keterbatasan data yang dimiliki, hasil simulasi ini merupakan proses inisial (permulaan) simulasi untuk sistem panas bumi Gunung Talang - Killi dan masih harus dilakukan *update* berdasarkan data lanjutan.

**Kata Kunci :** Panas Bumi, Simulasi Numerik, kondisi inisial, *natural state*, Gunung Talang – Killi, *up flow*, *out flow*.

DDC: 546.811

Nur Khoirullah, Irvan Sophian, Zufaldi Zakaria, Dicky Muslim (Universitas Padjadjaran)  
Yadvi Arma (PT Timah. Tbk)

**KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK TANAH MENGANDUNG MINERAL TIMAH DI DAERAH LAUT PAYAKUNDUR, PROVINSI KEPULAUAN RIAU**

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 45 – 54

Sifat fisik dan mekanik material (batuan ataupun tanah) merupakan sifat penting dalam memahami kekuatan dan karakteristik material. Daerah penelitian terletak pada Laut Payakundur dikenal sebagai *Tin Belt of Sumatera* yang kaya akan kandungan timah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah yang dapat menunjang data pembaroran geologi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian lapangan melalui uji penetrasi standar dan sampel yang terambil diuji di laboratorium guna mendapatkan nilai sifat fisiknya.

Karakteristik tanah yang ditemukan diklasifikasikan ke dalam USCS menjadi tanah CL, CH, SC, dan SW. Nilai kadar air berkisar dari 13-80%. Nilai berat jenis berkisar dari 2,53-2,74. Nilai berat isi berkisar dari 14,7 sampai 21,5 KN/m<sup>3</sup>. Nilai N-SPT lapangan dikoreksi menjadi 70 % energi standar. Karakteristik sifat fisik tanah lokasi penelitian banyak dipengaruhi oleh air, sehingga menyebabkan nilai kadar air yang cukup tinggi terutama pada tanah lempung. Pada satuan SW terdapat mineral

*cassiterite* dan didominasi oleh bentuk butiran yang subangular yang diinterpretasikan tertransportasi dekat dari sumbernya. Korelasi dari nilai N-SPT dapat mengetahui nilai mekanika tanahnya namun uji laboratorium untuk mekanika tanah tetap diperlukan

**Kata kunci :** Timah, SPT, Tanah, Sifat Fisik dan Mekanik

DDC: 549.133

Kisman dan Bambang Pardiarto  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

**TIPE CEBAKAN MINERAL BERDASARKAN DATA GEOKIMIA TANAH DI GUNUNG RAWAN PERBATASAN SARAWAK - KABUPATEN SANGGAU, PROVINSI KALIMANTAN BARAT**

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 55 – 70

Gunung Rawan merupakan salah satu titik tapal batas daerah perbatasan antara Malaysia dan Indonesia di Pulau Kalimantan (Borneo). Sebagian daripada gunung tersebut yaitu daerah Kedup-Sarawak sudah diketahui mengandung cebakan emas primer. Zona pemineralan ini diperkirakan menerus ke wilayah Kabupaten Sanggau. Dalam kerangka kerjasama penyelidikan dengan JMG-Malaysia, Pusat Sumber Daya Geologi melakukan penyelidikan di daerah Gunung Rawan untuk mengetahui penyebaran zona pemineralan tersebut. Litologi di daerah penyelidikan berupa breksi tufa yang umumnya sudah mengalami ubahan silisifikasi, propilitisasi dan argilitisasi dengan jenis mineral ubahan kaolinit, halloysit dan muskovit, mengandung pirit dan kalkopirit. Analisis koefisien korelasi terhadap unsur-unsur Au, As, Sb dan Hg dari geokimia tanah menunjukkan kekerabatan positif yang mencerminkan genesa dalam satu sistim. Terdapat empat kluster anomali unsur yaitu Cu-Hg, Au-Sb-As, Hg-Sb dan Cu-Au-As-Ag yang tersebar dominan dalam satuan batuan gunung api. Kluster anomali unsur Cu-Hg dengan pemineralan kalkopirit dan Au-Sb-As dengan pemineralan pirit terkonsentrasi di sekitar puncak Gunung Rawan yang diduga masih berhubungan dengan proses pemineralan yang terjadi di wilayah Kedup, Sarawak. Pemineralan tersebut diduga merupakan tipe *epithermal volcanic - hosted*.

**Kata kunci:** Koefisien korelasi, kluster anomali, *epithermal volcanic-hosted*.



## BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Mei 2015

ISSN 1907 – 5367

DDC: 662.66

Rita Susilawati  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## MINERAL MATTER IN COAL

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 1 – 14

The term "mineral matter" in coal is defined as all inorganic, non-combustible material that is in or associated with coal which include discrete crystalline mineral particles, dissolved ions and other inorganic components in the pore water or surface water of the coal, and inorganic elements combined within the organic compounds of the coal macerals. The minerals existing in coal are a result of processes that occur throughout the entire history of coal formation. Its distribution is influenced by biological, hydrological and geochemical factors. Quartz and the clay minerals are the most widespread and abundant mineral found in coal. Another common minerals are feldspars and carbonate in the form of siderite, calcite and dolomite and sulfide minerals such as pyrite. Coal mineral matter analysis and characterization are useful for various reasons, particularly to take as much as benefit from coal utilization and to avoid any negative influence of coal inorganic components to the environment.

**Keywords:** coal, mineral matter, coal utilization.

DDC: 547.83

Robet Lumban Tobing  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## CHARACTERISTICS OF GAS SHALE IN DAKEBO FORMATION, AT WAGHETE AREA - PAPUA PROVINCE

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 15 – 22

Dakebo Formation is found in Akimeugah Basin. The formation is interpreted as Pliocene in age and it is sedimented on alluvial fan and flood plain environment, composed by conglomerate, sandstone, sandy shale, mudstone and lignite. In megascopic view, samples of rock in this area are blackish gray. Among shale beds there are thin sandstones and limestones layers as well as remains of brownish to blackish plants. The organic geochemistry and maceral analyses indicate that samples of rock contain organic material with fair to very good classification as source rocks, and consist of vitrinite and liptinite macerals. The presence of vitrinite maceral is 'rare to major' and liptinite is 'rare to common'. Based on the TOC analysis, abundance of the organic material is about 3.11% to 12.62% with type II and type III kerogen.  $T_{max}$  value is about 401°C to 431°C and  $R_v$  is 0.28% to 0.31% indicated that organic material is immature. Kerogen type II has prone to produce oil and type III has prone to produce gas.

**Keywords:** organic geochemistry, organic petrography, TOC, kerogen type, maturity.

DDC: 666.3.7

Bayu Sayekti dan Penny Oktaviani  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## THE PROSPECT OF CLAY DEPOSIT FROM MUARAENIM FORMATION AND TUFF FROM RANAU FORMATION AS CERAMIC RAW MATERIAL IN OGAN KOMERING ULU SELATAN REGENCY, SOUTH SUMATERA PROVINCE

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 23 – 34

Clay deposit of Muaraenim Formation in Ogan Komering Ulu Selatan Regency is found as overburden on top of coal seam, and as interburden among two coal seams. Ranau Formation consists of rhyolitic tuff, pumice tuff, and tuff intercalation with carbonize claystone.

Early result through high temperature combustion at 1,400°C shows that clay from Muaraenim Formation in study area can be utilized as stoneware ceramic body, while diagenetic feldspar (feldspathic tuff) can be utilized as fusion material (flux) for ceramic body in the combustion process.

Tile prototype analysis with composition ratio of clay and diagenetic feldspar (feldspathic tuff) 1 : 1 shows that within combustion temperature 1,150 °C, it can produce grade II of glazing ceramic tile based on stoneware body. This abundant clay and feldspar resources can be utilized and developed for ready-made alternative raw material in ceramic industry.

**Keywords:** clay, feldspar, ceramic material.

DDC: 550.836.2

Dikdik Risdianto, Moch. Nurhadi, Muhammad Kholid dan Yuano Rezky  
(Pusat Sumber Daya Geologi)

## NUMERICAL SIMULATION OF GUNUNG TALANG-KILLI GEOTHERMAL SYSTEM IN SOLOK REGENCY, WEST SUMATERA PROVINCE

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 35 – 44

Numerical simulations in Gunung Talang - Killi geothermal area were done by using TOUGH2 simulator program with Equation of State 1 ( EOS-1 ), single phase, and based on a conceptual model of geological, geochemical, geophysical surveys ( 3 - G ) result and also the gradient thermal drilling well TLG-1. The parameters that involved in calculation are permeability, porosity, thermal conductivity and specific heat capacity.

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

Simulation results are obtained after a process of testing several times by changing some parameters of the simulation and the best results with a calibrated by measured temperature of gradient thermal drilling well TLG-1. Due to the limitation of the data especially deep

## BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Mei 2015

ISSN 1907 – 5367

drilling data, the results of simulation is needed to be updated by advanced data.

**Keywords** : Geothermal, numeric simulation, initial Condition, natural state, Gunung Talang – Killi, up flow, out flow.

**DDC: 546.811**

**Nur Khoirullah, Irvan Sophian, Zufaldi Zakaria, Dicky Muslim (Universitas Padjadjaran) Yadvi Arma (PT Timah. Tbk)**

**THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOILS CONTAINING TIN MINERALS OFF PAYAKUNDUR SEA, KEPULAUAN RIAU PROVINCE**

**Buletin Sumber Daya Geologi**

**BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 45 – 54**

The physical and mechanical characteristics of material (rocks and soils) are important to understand their natural strength. Study area is located off Payakundur Sea, known as part of the Tin Belt of Sumatera rich in containing tin minerals. This study aims to reveal the physical and mechanical characteristics of soils to support data acquisition by geologic bore. Methods in study consist of Standard Penetration Test (SPT) and sampling in the field and laboratory works to obtain physical characteristics of soil.

Based on the USCS classification, soil units in the study area consist of CL, CH, SC and SW. Water content ranges from 13-80%. Specific gravity ranges from 2.53-2.74. Volume unit weight ranges from 14.7-21.5 KN/M<sup>3</sup>. Values of N-SPT from the field measurement are corrected to be 70% of standard energy. This characteristic of soil is influenced by high values of water content, especially for the clayey soils. In the SW unit, cassiterite minerals are dominated by subangular grain shape, which can be interpreted as transported near to the source. The values of corrected N-SPT can be used to predict the mechanical properties of soils, however laboratory analysis is necessary to obtain these properties.

**Keywords** : Tin, SPT, Soils, Physical and Mechanical Properties.

**DDC: 549.133**

**Kisman dan Bambang Pardiarto (Pusat Sumber Daya Geologi)**

**MINERAL DEPOSIT TYPE BASED ON SOIL GEOCHEMICAL DATA IN GUNUNG RAWAN AREA OF SARAWAK BORDER, SANGGAU REGENCY, WEST KALIMANTAN PROVINCE**

**Buletin Sumber Daya Geologi**

**BSDG Mei 2015 Vol. 10 No. 1 Hal. 55 – 70**

Gunung Rawan is one of the boundary points along the border of Indonesia-Malaysia in Kalimantan Island (Borneo). Part of the mountain include Kedup area of Sarawak, which had been known to contain primary gold deposits. This mineralization zone is thought to be extended to the Gunung Rawan of Sanggau Regency side. In the framework of the cooperation with JMG-Malaysia, Centre for Geological Resources conducted research at Gunung Rawan in order to know the extension of mineralization zone. Lithology in the study area is generally occupied by tuff breccia that has been altered to silicification, propylitization and argillisation with mineral type of kaolinite, halloysite and muscovite containing pyrite and chalcopyrite. Correlation coefficient analysis of Au, As, Sb and Hg elements from soil geochemical data shows positive relationship that reflecting one genesis system. Four anomaly clusters are Cu-Hg, Au-Sb-As, Hg-Sb and Cu-Au-As-Ag widely occurred dominantly in the volcanic rock unit. Cluster anomaly of Cu-Hg with chalcopyrite mineralization and Au-Sb-As with pyrite mineralization are concentrated around the peak of Gunung Rawan. This mineralization is predicted to have relationship to the mineralization process occur in Kedup area. The mineralization is thought to be epithermal volcanic-hosted type.

**Keywords** : Correlation coefficient, anomaly cluster, epithermal volcanic-hosted.



Singkapan felspar diagenetik dari tuf Ranau di Desa Simpang Pedagan, Kecamatan Muaradua, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan.



Penambangan batubara di lokasi PT Manambang Muara Enim untuk pemenuhan sumber bahan bakar PLTU Muara Enim. (Bayu Sayekti, 2013)





Mendaki pegunungan di Kaimana, Provinsi Papua Barat  
(Ganjar Labaik, 2013)

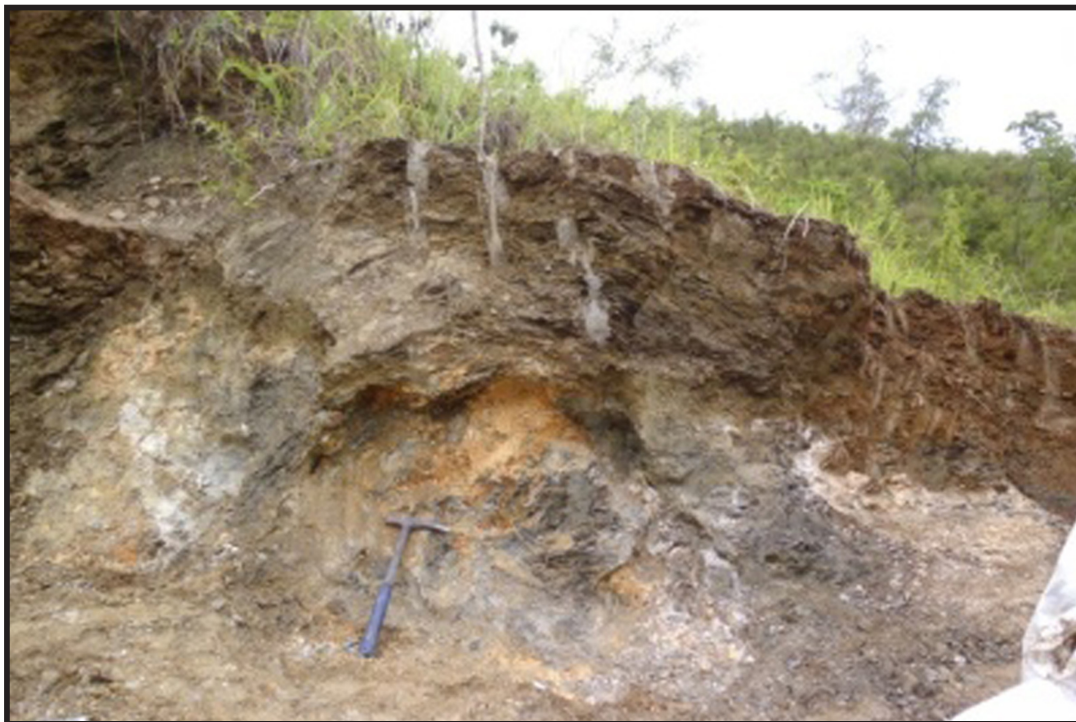


Gambaran profesi pemecah batu di Gn. Parang Karangsambung Kebumen, pekerja sedang memampatkan bahan peledak kedalam lubang tembak sebelum peledakan menggunakan batang bambu. (Untung Triono, 2013)





Tambang Emas rakyat dengan cara menggali sumuran pada batuan skis terubah Argilik latarbelakang perbukitan yang didominasi oleh batuan malihan lokasi Gogorea Kabupaten Buru, Provinsi Maluku (Moe'tamar, 2014)



Singkapan sekis mika teralterasi argilik, mengandung pirit halus di Kecamatan Lilialy, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku. (Moe'tamar, 2014)





Air Panas Koala Rawa 1,  $T = 98,8^{\circ}\text{C}$ , Daerah Panas Bumi Kadidia Selatan, Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah (Anonim, 2014)



Bongkah besi sulfida di Daerah Ulu Suliti - Tanjung Lima Kapas, Kabupaten Solok Selatan, Sumatera Barat (Franklin, 2014)

**PEDOMAN PENULISAN**  
Makalah/karya tulis ilmiah  
BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

**ISI DAN KRITERIA UMUM**

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

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

**FORMAT**

**UMUM**

Seluruh bagian dari naskah termasuk Sari, *Abstract*, judul tabel dan gambar, catatan kaki tabel, keterangan gambar dan daftar acuan diketik satu spasi dalam bentuk *electronic file* dan dicetak pada kertas HVS A4; menggunakan huruf Arial berukuran 11 (sebelas) point. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut :

NO	POKOK BAHASAN	POKOK PIKIRAN
I	<b>Judul</b> ( <i>Title</i> )	Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 (lima) orang, nama dan alamat istitusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxcimile serta e-mail.
II	<b>Abstrak dan <i>Abstract</i></b>	Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah seperti latar belakang (yaitu berupa alasan ilmiah ataupun alasan keperluan penting mengapa tulisan ini dipublikasikan), obyek yang diteliti, permasalahan riset, tujuan riset, kegunaan hasil riset, metode yang digunakan dalam mencapai solusi riset tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Abstrak dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara <i>Abstract</i> tercantum di bawah Abstrak; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/ <i>keyword</i> yang ditulis di bawah <i>Abstrak/Abstract</i> , terdiri dari 4 (empat) hingga 6 (enam) kata. <i>Abstract</i> atau abstrak yang ditulis di bawah abstrak atau <i>abstract</i> menggunakan italic font.

<p><b>III</b></p>	<p><b>Pendahuluan</b> (<i>Introduction</i>)</p>	<p>Bab ini dapat berisi latar belakang (alasan ilmiah dan maksud penelitian fenomena aktual bermasalah sebagai tema sentral penelitian), masalah aktual yang perlu solusi, pengantar tentang profil wilayah/lokasi kajian/riset, tujuan penelitian, spesifik, metode riset, hipotesis (kalau ada) dengan gaya bahasa lebih populer dengan bab dan sub-bab tidak perlu menggunakan nomor. Bab berisi pernyataan yang mencukupi hingga sehingga pembaca dapat memahami dan mengevaluasi hasil penyelidikan/penelitian yang berkaitan dengan topik makalah/karya tulis.</p>
<p><b>IV</b></p>	<p><b>Metode</b> (<i>Method</i>)</p>	<p>Metode yang digunakan harus spesifik dan jelas, mencakup uji-uji hipotesis atau model-model uji statistik, dapat menghimpun data primer/<i>sampling</i>, cara pengukuran dan komputasi.</p>
<p><b>V</b></p>	<p><b>Hasil Analisis</b> (<i>Results and Analysis</i>).</p>	<p>Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, tabel, grafik, gambar maupun foto; diberi nomor secara berurutan. Hindarkan penggunaan grafik secara berlebihan apabila dapat disajikan dengan tulisan secara singkat. Pencantuman foto atau gambar tidak berlebihan dan hanya mewakili hasil penemuan. Semua tabel, grafik gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan dengan keterangan yang jelas dan dapat dibaca. Font huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 (enam) point</p>
<p><b>VI</b></p>	<p><b>Pembahasan atau Diskusi</b> (<i>Discussion</i>).</p>	<p>Berisi tentang interpretasi dan bahasan singkat mengenai penjabaran hasil verifikasi/validasi yang ditekankan kepada kejelasan penelitian, keterlibatan aneka variabel dan peristiwa atau produk dari penelitian tersebut.</p>
<p><b>VII</b></p>	<p><b>Kesimpulan dan Saran.</b> (<i>Conclusions and Recommendation</i>)</p>	<p>Berisi kesimpulan dan saran dari hasil uji hipotesis tentang penelitian, dan berisi segitiga konsistensi (masalah, tujuan dan kesimpulan)</p>
<p><b>VIII</b></p>	<p><b>Ucapan Terima Kasih</b> (<i>Acknowledgements</i>)</p>	<p>Dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penyelidikan/penelitian dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyelidikan/penelitian dan penulisan makalah/karya tulis</p>
<p><b>IX</b></p>	<p><b>A c u a n</b> (<i>References</i>)</p>	<p>Acuan ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun (Harvard), nama penulis/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (surname), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (<i>italic font</i>)</p>



**Beberapa contoh penulisan sumber acuan :****Jurnal**

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

**Buku**

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

**Bab dalam Buku**

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

**Prosiding**

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

**Skripsi/Tesis/Disertasi**

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

**Informasi dari Internet**

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

**WEWENANG REDAKSI**

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

**PENGIRIMAN NASKAH**

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

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi  
Bidang Informasi, Pusat Sumber Daya Geologi  
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung, 40254  
Telepon. (022) 520 2698, 522 6270  
Fax. (022) 522 6270, 522 6263  
Email : [buletinpsdg@gmail.com](mailto:buletinpsdg@gmail.com)



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

