

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

ISSN 1907-5367
eISSN 2580-1023

Volume 13 No. 1, Mei 2018



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 13	No. 1	Halaman 1 - 69	Bandung Mei 2018	Terakreditasi LIPI sebagai Majalah Ilmiah Nomor : 617/AU2/P2MI-LIPI/03/2015
--------------------------------	---------	-------	-------------------	---------------------	--

KETERANGAN SAMPUL DEPAN

Batuan yang mengalami bauksitisasi tingkat rendah memiliki bentuk kumpulan seperti anggur (Ronaldo Irzon)

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

Buletin Sumber Daya Geologi merupakan majalah berkala ilmiah terakreditasi LIPI bidang mineral, energi fosil, dan panas bumi yang berkaitan dengan kajian sumber daya. Majalah ini terbit tiga nomor dalam satu tahun pada bulan Mei, Agustus dan November.

DEWAN REDAKSI

Editor In Chief	Ir. Denni Widhiyatna, M.T
Managing Editor	Dra. Ella Dewi Laraswati Retno Rahmawati Lestari, S.Si Eko Suryanto, S.Kom Resmi Novianti, S.T Rijal Ahmad Taufik, S.T Ernawati, A.Md
Editorial Board	Joko Parwata, S.T., M.E Ir. Herry Rodiana Eddy, M.Si Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc Ir. Dwi Nugroho Sunuhadi Ir. Asep Suryana Ir. Sri Widodo Ir. Teuku Ishlah Ir. Bambang Pardiarto Dr. Siti Sumilah Rita Susilawati, S.T., M.Sc Ir. Rina Wahyuningsih Fatimah, S.T., M.Sc. Edi Suhanto, S.Si., M.T Novi Handono, S.H Indra Sukmayana, S.T
Peer-Reviewer	Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc Ir. Sabtanto Joko Suprpto, M.T Dr. Ir. Susilohadi Prof. Ir. Mega Fatimah Rosana, M.Sc, Ph.D Prof. Dr. Ir. Binarko Santoso Dr. Adang Saputra, S.T., S.Si., M.Si Dr. Eng. Suryantini, S.T., M.Sc Euis Tintin Yuningsih, S.T., M.T., Ph.D Dr. Nana Suwarna

Alamat sekretariat dan pengiriman naskah

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

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi kesempatan untuk menghadirkan Buletin Sumber Daya Geologi Volume-13, Nomor-1 Tahun 2018, yang berisi lima artikel tentang hasil penyelidikan yang menggunakan beberapa metode penelitian dalam eksplorasi sumber daya mineral dan energi. Artikel-artikel yang dihadirkan meliputi kajian pemanfaatan metode geofisika untuk eksplorasi emas, tinjauan pembuatan bahan acuan baku conto untuk analisis mangan, pengenalan karakteristik batuan induk minyak dan gas bumi, potensi keberadaan logam tanah jarang dalam limbah penambangan bauksit dan tinjauan penggunaan metode geofisika dalam penyelidikan panas bumi.

Kajian tentang pemanfaatan metode geofisika ditampilkan dalam dua artikel, yaitu pemanfaatan metode polarisasi terinduksi untuk mendelineasi potensi emas dalam zona urat kuarsa di suatu daerah prospek sehingga diketahui arah utama zona dan volume mineralisasinya. Artikel lainnya berupa pemodelan inversi 3-D Data Magnetotelurik untuk mendelineasi struktur sistem panas bumi sehingga dapat mengidentifikasi sistem panas bumi di Cubadak, Sumatera Barat.

Kemudian artikel tentang pembuatan bahan acuan baku untuk analisis conto mangan mengulas tentang upaya yang dilakukan dalam penyiapan conto, analisis, pengolahan data dan manfaat dari tersedianya acuan baku tersebut.

Artikel selanjutnya berupa kajian geokimia batuan induk minyak dan gas bumi yang dapat menginterpretasikan karakter geokimia batuan induk, potensi dan sistem minyak bumi dan gas bumi di daerah penelitian.

Sedangkan artikel yang berhubungan dengan mineral, yaitu ulasan tentang potensi keberadaan unsur tanah jarang di dalam limbah pencucian bauksit. Berdasarkan hasil analisis kimia dari beberapa conto ditemukan adanya konsentrasi unsur Cerium pada seluruh conto dan Eurium pada beberapa conto.

Pada kesempatan ini, Dewan Redaksi menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada para Penulis, Editor dan Mitra Bestari atas partisipasinya dalam menghadirkan edisi ini. Kami pun mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi dan pihak manajemen yang telah memfasilitasi pengelolaan Buletin Sumber Daya Geologi, sehingga selalu hadir diantara para pembaca. Semoga kehadiran Buletin ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan untuk para pembaca dalam bidang ilmu kebumian.

Salam hangat,

Dewan Redaksi

DAFTAR ISI

MAKALAH ILMIAH

- 1 - 14 **POTENSI ZONA URAT KUARSA BERDASARKAN ANALISIS GEOFISIKA DENGAN METODE POLARISASI TERINDUKSI DI DAERAH OLAT TANAH MERAH - PLAMPANG, KABUPATEN SUMBAWA, PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT**
POTENTIAL OF QUARTZ VEIN ZONE BASED ON GEOPHYSICAL ANALYSIS USING INDUCED POLARIZATION METHOD AT OLAT TANAH MERAH - PLAMPANG AREA, SUMBAWA DISTRICT, WEST NUSA TENGGARA PROVINCE
Oleh : Ignatius Forza Yoga Gautama, Dzil Mulki Heditama, dan Yudi Aziz Muttaqin
- 15 - 29 **PEMBUATAN BAHAN ACUAN BAKU UNTUK ANALISIS CONTO MANGAN**
THE ESTABLISHMENT OF ANALYSIS STANDARD REFERENCE MATERIAL FOR MANGANESE SAMPLE
Oleh : Nining Widaningsih dan Herry Rodiana Eddy
- 31 - 43 **KARAKTERISTIK GEOKIMIA BATUAN INDUK FORMASI WALAT, KABUPATEN SUKABUMI, PROVINSI JAWA BARAT**
GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WALAT FORMATION SOURCE ROCK, SUKABUMI REGENCY, WEST JAVA PROVINCE
Oleh : Nisa Nurul Ilmi dan Aldrin Ramadian
- 45 - 57 **LIMBAH PENCUCIAN BAUKSIT SEBAGAI SUMBER UNSUR TANAH JARANG POTENSIAL; STUDI KASUS PULAU SELAYAR, PROVINSI KEPULAUAN RIAU**
BAUXITE WASHING RESIDUE AS A POTENTIAL RARE EARTH ELEMENT SOURCE; CASE STUDY SELAYAR ISLAND, RIAU ISLANDS PROVINCE
Oleh : Ronaldo Irzon
- 59 - 69 **STRUKTUR SISTEM PANAS BUMI DAERAH CUBADAK BERDASARKAN PEMODELAN INVERSI 3-D DATA MAGNETOTELURIK**
CUBADAK GEOTHERMAL STRUCTURE BASED ON 3-D INVERSION OF MAGNETOTELLURIC DATA
Oleh : Wiwid Joni dan Tony Rahadinata

ABSTRAK MAKALAH

Oleh : Redaksi

GALERI FOTO

Oleh : Eko Suryanto, S.Kom

PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Oleh : Redaksi

**POTENSI ZONA URAT KUARSA BERDASARKAN ANALISIS GEOFISIKA
DENGAN METODE POLARISASI TERINDUKSI DI DAERAH OLAT TANAH MERAH -
PLAMPANG, KABUPATEN SUMBAWA, PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT**

**POTENTIAL OF QUARTZ VEIN ZONE BASED ON GEOPHYSICAL ANALYSIS
USING INDUCED POLARIZATION METHOD AT OLAT TANAH MERAH - PLAMPANG
AREA, SUMBAWA DISTRICT, WEST NUSA TENGGARA PROVINCE**

Ignatius Forza Yoga Gautama¹, Dzil Mulki Heditama², dan Yudi Aziz Muttaqin²

¹Prodi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,

²Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi
ignatius.forza@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dengan menggunakan metode polarisasi terinduksi telah dilakukan di daerah Olat Tanah Merah - Plampang, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran dan potensi zona urat kuarsa yang diduga mengandung mineralisasi emas di bawah permukaan. Pengukuran metode polarisasi terinduksi dilakukan dalam kawasan waktu menggunakan konfigurasi dipol-dipol dengan jarak antar elektroda 50 m. Data polarisasi terinduksi yang terukur sebanyak 14 lintasan dengan panjang tiap lintasan 1000 m dan jarak antar lintasan 100 m s.d. 200 m. Pemodelan 2D dilakukan untuk mendapatkan penampang dengan nilai resistivitas dan *chargeability* dari tiap lintasan, sedangkan pemodelan 3D dilakukan untuk mengetahui arah kemenerusan zona mineralisasi emas dan memperkirakan potensi volume zona urat kuarsa. Berdasarkan hasil penampang 2D resistivitas dan *chargeability*, diketahui bahwa zona mineralisasi emas memiliki nilai resistivitas $>250 \Omega\text{m}$ dan *chargeability* $>300 \text{ms}$ yang diinterpretasikan sebagai mineral-mineral sulfida yang berasosiasi dengan bijih emas dan alterasi argilik - silisik pada batuan tuf dan diorit. Berdasarkan hasil model 3D diketahui adanya kemenerusan zona mineralisasi emas utama yang memanjang dengan arah utara-selatan dan volume zona urat kuarsa yang mengandung mineralisasi emas diperkirakan sebesar 519.000m^3 .

Kata kunci: polarisasi terinduksi, resistivitas, *chargeability*, mineralisasi, emas

ABSTRACT

Research using induced polarization method has been carried out at Olat Tanah Merah - Plampang area, Sumbawa District, West Nusa Tenggara Province. The purpose of this research is to determine the distribution and potential of quartz vein zone which contains gold mineralization in subsurface. Induced polarization measurement was taken in time domain using dipole-dipole configuration and the distance between electrodes was 50 m. The induced polarization dataset had 14 lines with each line length was 1000 m and the distance between lines was 100 m - 200 m. 2D modeling was done to obtain section of resistivity and chargeability of each line, therefore 3D modeling was done to determine the direction of gold mineralization zone and estimate the volume potential of quartz vein zone. Based on 2D resistivity and chargeability section results, the gold mineralization zones have resistivity values $>250 \Omega\text{m}$ and chargeability values $>300 \text{ms}$ interpreted as sulfide minerals associated with gold ore and argillic - silicic alterations in tuff and diorite rocks. Based on 3D model results, the main zone of gold mineralization extends north-south direction and the volume of quartz vein zone which contains gold mineralization is estimated at 519.000m^3 .

Keywords: induced polarization, resistivity, chargeability, mineralization, gold

PENDAHULUAN

Di daerah Plampang ditemukan urat-urat yang terindikasi mengandung emas dengan ketebalan sekitar 10 cm s.d 25 cm. Kehadiran urat kuarsa tersebut menjadi indikasi terjadinya proses hidrotermal yang berasosiasi dengan mineralisasi logam. Mineralisasi ditemukan pada batuan tuf dan diorit yang mengandung mineral sulfida seperti pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, dan kovelit. Daerah prospek mineralisasi emas diketahui dari hasil kegiatan eksplorasi yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2013. Lokasi prospek berada di Olat Tanah Merah, Dusun Teluk Santong, Kecamatan Plampang, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat (Moetamar, 2013). Di daerah tersebut juga terdapat penambangan emas secara tradisional oleh masyarakat sekitar.

Proses pembentukan emas berawal dari fluida panas yang berasal dari dalam bumi. Fluida panas tersebut naik ke permukaan melalui celah atau rekahan pada struktur batuan kemudian mengalami proses pengendapan. Pengendapan yang terjadi pada struktur batuan membuat emas tidak mengendap di satu tempat saja, melainkan letaknya tersebar. Emas dalam lingkungan pengendapannya memiliki kandungan dengan nilai bervariasi.

Keadaan tersebut mempersulit kegiatan eksplorasi dalam melokalisir keberadaan mineralisasi emas. Oleh karena itu perlu dilakukan eksplorasi dengan metode geofisika untuk menggambarkan struktur di bawah permukaan bumi dan mengidentifikasi sebaran, bentuk, dan dimensi zona mineralisasi emas. Salah satu metode geofisika yang sangat sering digunakan dalam eksplorasi emas adalah metode polarisasi terinduksi (IP -*Induced Polarization*).

Metode IP merupakan pengembangan dari metode resistivitas (Telford dkk., 1990). Prinsip dasar pengukuran metode ini

dilakukan dengan cara mengalirkan arus ke dalam permukaan bumi. Ketika arus listrik dialirkan, maka timbul beda potensial (ΔV). Ketika arus listrik dimatikan, seharusnya beda potensial yang terukur bernilai nol. Namun karena sifat medium yang *polarizable*, nilai beda potensial yang terukur tidak langsung menjadi nol, namun turun secara perlahan-lahan yang disebut dengan *overvoltage effect* (Reynolds, 2011). Hal itu menjadi sebuah parameter dalam metode ini yang disebut sebagai parameter *chargeability*.

Metode IP merupakan metode geofisika yang banyak digunakan untuk mengetahui sebaran mineral sulfida yang berasosiasi dengan emas, perak, besi, dan bijih mineral logam lainnya. Data metode IP digunakan untuk membuat suatu model berdasarkan parameter data resistivitas dan *chargeability*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui sebaran dan potensi zona urat kuarsa di bawah permukaan yang diduga mengandung mineralisasi emas.

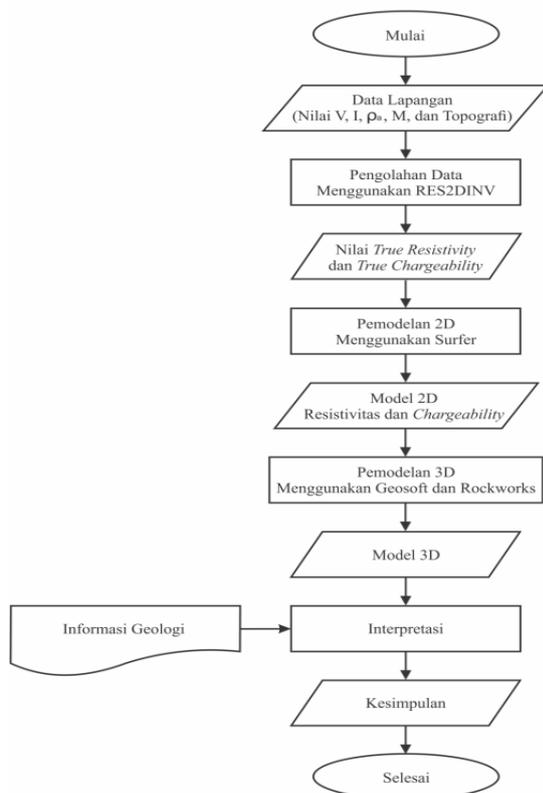
METODOLOGI

Metode pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode IP dalam kawasan waktu dengan konfigurasi dipol-dipol. Pengukuran ini memiliki 14 lintasan (lintasan A s.d. lintasan N) dengan panjang tiap lintasan 1000 m dan berarah timurlaut-baratdaya. Jarak antar elektroda pengukuran 50 m, sedangkan jarak antar lintasan 100 m s.d. 200 m. Pengukuran menggunakan nilai n maksimal adalah $n = 7$. Hasil pengukuran di lapangan berupa data beda potensial (ΔV), arus (I), resistivitas (Ωm), *chargeability* (M) dan topografi.

Proses inversi dilakukan terhadap data lapangan dengan tujuan untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya (Supriyanto, 2007). Parameter yang dihasilkan dari inversi 2D adalah nilai *true resistivity* dan *true chargeability*. Hasil penampang 2D dapat digunakan untuk mengidentifikasi zona sebaran mineralisasi emas.

Kemudian dilakukan pemodelan 3D berdasarkan data hasil inversi 2D. Pemodelan 3D yang dibuat merupakan korelasi nilai resistivitas dan *chargeability* semua lintasan sehingga dapat dilihat dengan jelas kemenerusan zona mineralisasi emas. Hasil dari model korelasi ini adalah diketahuinya pola sebaran nilai resistivitas dan *chargeability* yang dapat mengindikasikan kemenerusan zona mineralisasi emas.

Selanjutnya dilakukan perhitungan volume urat-urat kuarsa yang diduga mengandung mineralisasi emas berdasarkan nilai resistivitas dan *chargeability*. Perhitungan volume tersebut dilakukan dengan cara menghitung volume dari nilai *cut off* berdasarkan nilai resistivitas dan *chargeability* yang ditentukan sebelumnya. Pemodelan 3D ini dilakukan dengan tipe pemodelan *Solid Modelling* menggunakan pilihan *Directional Weighting* sehingga dapat memodelkan zona mineralisasi yang dominan berkembang ke arah tertentu. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

GEOLOGI

Geologi Regional

Pulau Sumbawa yang berada di kepulauan Nusa Tenggara terletak di bagian timur Busur Sunda atau di zona transisi dalam sistem busur kepulauan Sunda-Banda (Sjoecri, 1980). Busur kepulauan Sunda-Banda merupakan gabungan dari beberapa sistem busur magmatik, yaitu Busur Sunda ke arah barat dan Busur Banda ke arah timur.

Busur kepulauan Sunda-Banda dihasilkan dari tumbukan antara Lempeng Hindia-Australia dan Lempeng Eurasia (Hamilton, 1973). Pulau Sumbawa dibatasi oleh penunjaman subduksi Jawa di bagian selatan dan Cekungan Flores di bagian utara (Darman dan Sidi, 2000).

Keberadaan subduksi tersebut menimbulkan terbentuknya beberapa gunung api di Pulau Sumbawa. Gunung api tersebut antara lain Gunung Tambora, Gunung Bersanak, Gunung Batulanteh, dan Gunung Malaka. Gunung Tambora merupakan gunung tertinggi di Pulau Sumbawa.

Pulau Sumbawa memanjang dengan arah barat-timur dan terdapat lembah-lembah berarah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara. Teluk Saleh yang merupakan teluk terbesar di pulau tersebut membagi Pulau Sumbawa menjadi dua bagian utama, yaitu Sumbawa Barat dan Sumbawa Timur (Sudrajat dkk., 1998).

Morfologi

Morfologi daerah penelitian menurut Moetamar (2013) dapat dibagi menjadi dua, yaitu morfologi perbukitan gelombang dan morfologi pedataran. Morfologi perbukitan gelombang berada pada ketinggian 80 mdpl s.d. 150 mdpl. Morfologi pedataran berada di daerah pantai yang tidak cukup luas, menempati bagian utara daerah penelitian.

Struktur Geologi

Struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian menurut Moetamar (2013) terdiri dari struktur sesar dan kekar. Sesar ini berada pada bagian utara daerah penelitian. Sesar tersebut memiliki arah N 330° s.d 340° E. Struktur kekar terdapat pada batuan intrusi diorit.

Stratigrafi

Menurut Moetamar (2013) satuan batuan yang terdapat di daerah penelitian terdiri dari tiga satuan dengan urutan tua ke muda adalah sebagai berikut (Gambar 2).

a. Batuan vulkanik tua

Batuan vulkanik tua yang menjadi *basement* di daerah penelitian terdiri dari tuf dan breksi vulkanik berumur Miosen Awal terdapat di lereng perbukitan yang menempati sebagian besar daerah penelitian. Batuan ini mengalami alterasi kuat seperti silisifikasi, kaolinisasi, dan limonitisasi pada rekahan dan urat halus. Batuan vulkanik tua mengandung banyak pirit yang letaknya tersebar. Dua zona urat kuarsa mineralisasi emas ditemukan pada lereng punggung berarah utara-selatan.

b. Batuan intrusi diorit

Diorit merupakan batuan intrusif berwarna abu-abu kehitaman yang mengandung mineral pirit dan berumur Miosen Tengah. Kehadiran batuan ini diduga menjadi penyebab adanya mineralisasi di daerah penelitian. Dari hasil analisis petrografi, batuan mengandung mineral-mineral antara lain, plagioklas, piroksen, klorit, karbonat, opak/oksida besi, kuarsa, dan epidot.

c. Batuan vulkanik muda

Komposisinya terdiri dari endapan lahar, tuf, dan lava andesit. Batuan berumur Plistosen dan dijumpai di atas perbukitan yang terjal. Di daerah punggung terdapat bongkah batuan lava andesit berukuran 30 cm s.d. 50 cm, berwarna hitam, dan terlihat masih segar. Pada satuan batuan ini tidak dijumpai adanya mineralisasi.

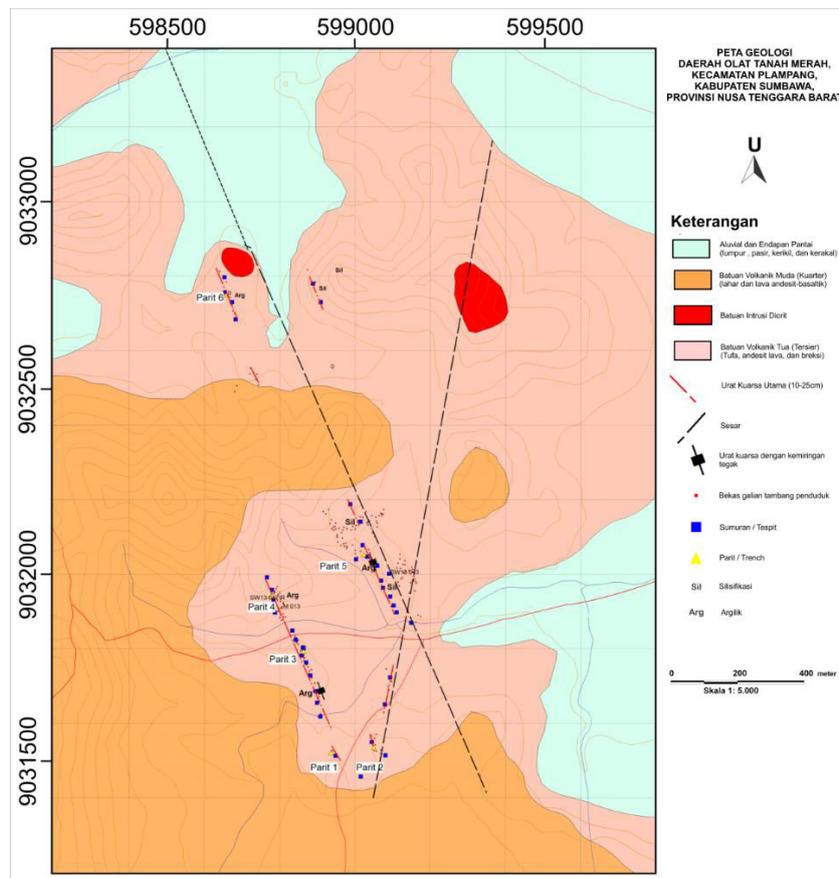
d. Aluvium

Aluvium terdapat di daerah dataran rendah terdiri dari endapan lumpur, pasir, lempung, kerikil, kerakal, dan bongkah-bongkah batuan vulkanik. Satuan batuan ini berumur Holosen.

Mineralisasi

Menurut Moetamar (2013) terdapat beberapa mineralisasi dan alterasi yang teramati di daerah penelitian. Mineralisasi ditemukan pada batuan vulkanik tua yang teralterasi kuat dengan alterasi silisifikasi dan argilik. Alterasi argilik dicirikan dengan kehadiran mineral kaolin, monmorilonit, muskovit klorit, dan *illite* (Rahmah, 2009). Alterasi silisifikasi dicirikan dengan kehadiran mineral kuarsa, kristobalit, kalsedon, dan tridimit.

Pada daerah ini terdapat dua zona urat yang berpasangan, masing - masing zona urat memiliki lebar sekitar 10 m dan panjang 400 m. Zona urat ini memiliki arah umum utara-selatan (N 335° s.d. 350° E). Kedua zona urat tersebut berjarak sekitar 250 m. Urat kuarsa tersebut memiliki ketebalan 10 cm s.d. 25 cm dengan tekstur *vuggy* dan *comb structure*, yang diduga mengandung emas dengan mineral sulfida seperti pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, dan kovelit.



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (Moetamar, 2013)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data inversi dilakukan dengan memasukkan nilai resistivitas dan *chargeability* hasil pengukuran di lapangan. Hasil pengolahan data inversi tersebut merupakan model 2D yang menggambarkan distribusi nilai resistivitas dan *chargeability* yang sebenarnya di bawah permukaan bumi.

Persebaran zona mineralisasi emas dapat ditentukan berdasarkan nilai resistivitas dan *chargeability* semu yang diperoleh dari pengambilan data di lapangan. Dari data tersebut dilakukan proses inversi untuk mendapatkan nilai resistivitas dan *chargeability* yang sebenarnya. Proses inversi dilakukan sehingga dihasilkan model berupa penampang 2D berdasarkan parameter model berupa nilai resistivitas dan *chargeability*.

Lintasan F memotong keterdapatan singkapan mineralisasi emas pada titik 200

m sehingga lintasan ini menjadi acuan interpretasi untuk melokalisir keberadaan zona mineralisasi emas. Zona mineralisasi emas berupa zona urat-urat kuarsa yang mengandung bijih emas. Berdasarkan hasil penampang 2D resistivitas dan *chargeability* pada Lintasan F (Gambar 3), terlihat respon mineralisasi emas pada titik 200 m yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas >250 Ω m dan *chargeability* 300-500 ms. Zona dengan nilai resistivitas dan *chargeability* tersebut diinterpretasikan sebagai batuan tuf dan diorit sebagai *host rock* yang mengandung mineralisasi emas.

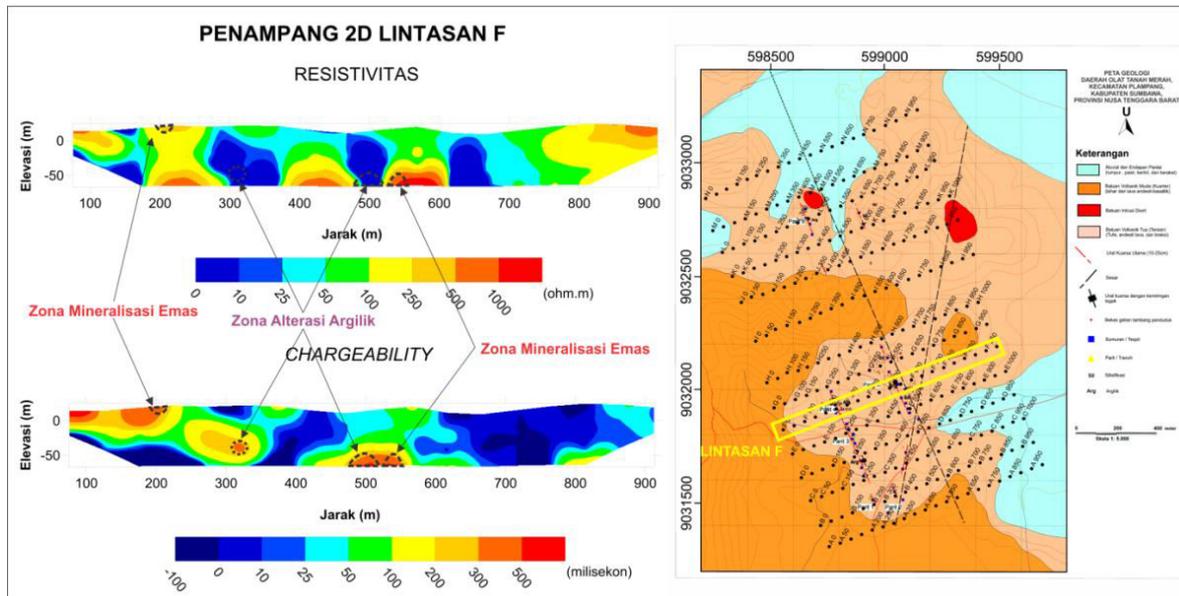
Selain itu ditemukan juga zona mineralisasi emas lainnya di titik 530 m s.d. 560 m pada elevasi - 40 m dengan nilai resistivitas >500 Ω m dan nilai *chargeability* >300 ms. Pada Lintasan F juga ditemukan keberadaan dua zona alterasi. Zona alterasi pertama pada Lintasan F terdapat di titik 320 m pada elevasi - 50 m dengan nilai resistivitas <10 Ω m dan nilai *chargeability* 300-500 ms. Zona alterasi kedua terdapat di titik 480 m

s.d. 530 m pada elevasi - 40 m dengan nilai resistivitas $<100 \Omega\text{m}$ dan nilai *chargeability* >300 ms. Kedua zona alterasi tersebut diinterpretasikan sebagai alterasi argilik yang ditandai dengan nilai resistivitas rendah merupakan batuan vulkanik tua yang terlapukkan.

Dari hasil interpretasi pada penampang F dapat disimpulkan bahwa batuan intrusi diorit memiliki nilai resistivitas $>500 \Omega\text{m}$. Nilai resistivitas tersebut diklasifikasikan sebagai skala tinggi. Sedangkan batuan tuf memiliki nilai resistivitas $>250 \Omega\text{m}$. Menurut Moetamar (2013) zona mineralisasi ditemukan pada batuan tuf yang diintrusi oleh batuan diorit. Keberadaan kedua jenis

batuan tersebut dijadikan zona target penelitian.

Batuan intrusi diorit dan tuf sebagai *host rock* mineralisasi emas berasosiasi dengan mineral-mineral sulfida lainnya seperti pirit, sfalerit, kalkopirit, bornit dan kovelit. Mineral-mineral tersebut menimbulkan respon nilai *chargeability* yang tinggi yaitu >300 ms. Oleh karena itu nilai >300 ms diklasifikasikan sebagai skala tinggi yang menjadi zona target penelitian. Nilai resistivitas dan *chargeability* tersebut dapat diklasifikasikan dalam bentuk skala tertentu yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini.



Gambar 3. Hasil interpretasi Lintasan F

Tabel 1. Klasifikasi skala nilai resistivitas dan *chargeability*

Skala	Resistivitas (Ωm)	<i>Chargeability</i> (ms)
Rendah	< 100	< 100
Sedang	100-500	100-300
Tinggi	> 500	> 300

Tabel 2. Acuan interpretasi berdasarkan nilai resistivitas dan *chargeability*

Interpretasi	Resistivitas	<i>Chargeability</i>
Lempung, Pasir	Rendah	Rendah
Tuf	Sedang-Tinggi	Sedang-Tinggi
Batuan Intrusi Diorit, Andesit	Tinggi	Sedang-Tinggi
Zona Alterasi Argilik	Rendah	Tinggi
Zona Alterasi Silisik	Sedang-Tinggi	Tinggi
Zona Mineralisasi Emas/Zona Urat Kuarsa	Sedang-Tinggi	Tinggi

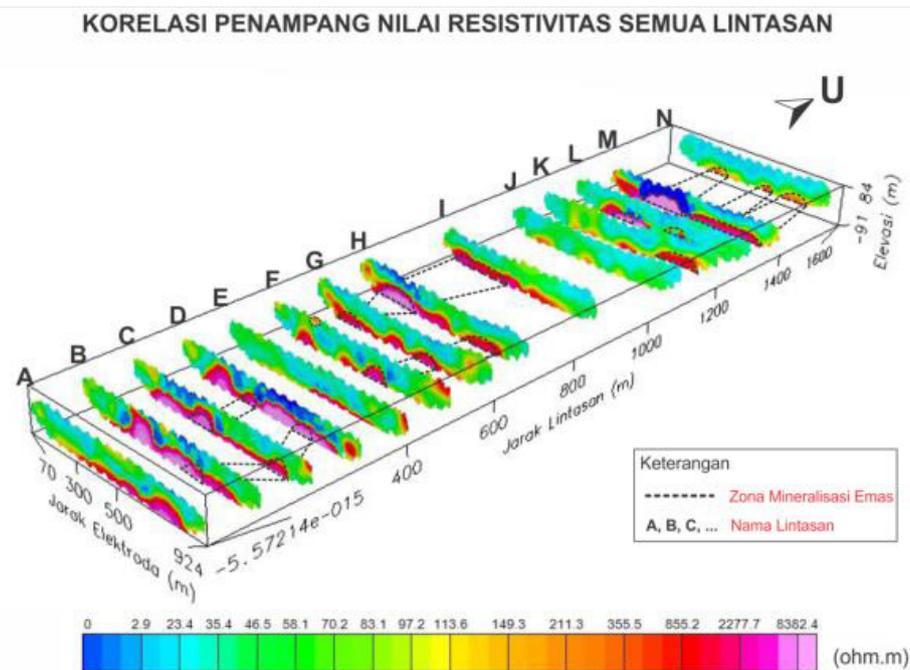
Berdasarkan Tabel 2 maka dapat dideskripsikan sebagai berikut :

- Lempung dan pasir dengan nilai resistivitas rendah ($<100 \Omega m$) dan nilai *chargeability* rendah (<100 ms).
- Tuf dengan nilai resistivitas sedang hingga tinggi ($>250 \Omega m$) dan nilai *chargeability* sedang hingga tinggi (>100 ms).
- Batuan intrusi diorit dan andesit dengan nilai resistivitas tinggi ($>500 \Omega m$) dan nilai *chargeability* sedang hingga tinggi (>100 ms).
- Zona alterasi argilik dicirikan dengan nilai resistivitas rendah ($<100 \Omega m$) dan nilai *chargeability* tinggi (>300 ms).
- Zona alterasi silisik dicirikan dengan nilai resistivitas sedang hingga tinggi ($>100 \Omega m$) dan nilai *chargeability* tinggi (>300 ms).
- Zona mineralisasi emas/zona urat kuarsa dicirikan dengan nilai resistivitas sedang hingga tinggi ($>250 \Omega m$) dan nilai *chargeability* tinggi (>300 ms).

Pengukuran metode IP yang telah dilakukan sebanyak 14 lintasan (Lintasan

A hingga Lintasan N). Dari semua hasil penampang 2D resistivitas dan *chargeability* tiap lintasan tersebut, diketahui bahwa terdapat 11 lintasan yang teridentifikasi mengandung zona mineralisasi emas. Lintasan tersebut adalah lintasan-lintasan B, C, D, F, G, H, I, K, L, M, dan N. Hasil interpretasi penampang Lintasan A sampai Lintasan N selain Lintasan F ditunjukkan pada Gambar 7 s.d. Gambar 19.

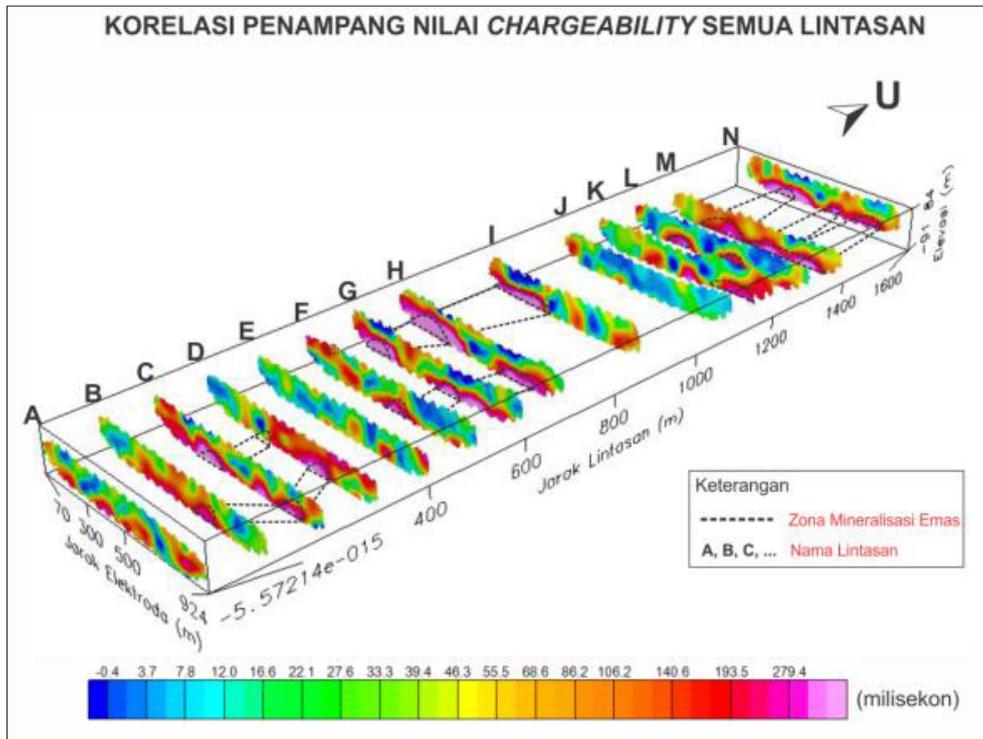
Dari hasil model 3D (Gambar 4 dan Gambar 5) dapat diketahui terdapat kemenerusan dua zona mineralisasi emas utama yang memanjang arah utara-selatan ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna hitam. Kemenerusan zona mineralisasi emas tersebut dapat terlihat pada Lintasan B hingga Lintasan D, Lintasan F hingga Lintasan I, dan Lintasan K hingga Lintasan N. Interpretasi kedua zona mineralisasi tersebut sesuai dengan adanya keterdapatan di lapangan zona urat kuarsa yang berpasangan dengan jarak sekitar 250 m dan panjang 400 m. Kehadiran urat kuarsa yang mengandung mineralisasi tersebut dikontrol oleh struktur sesar yang berada di daerah penelitian.



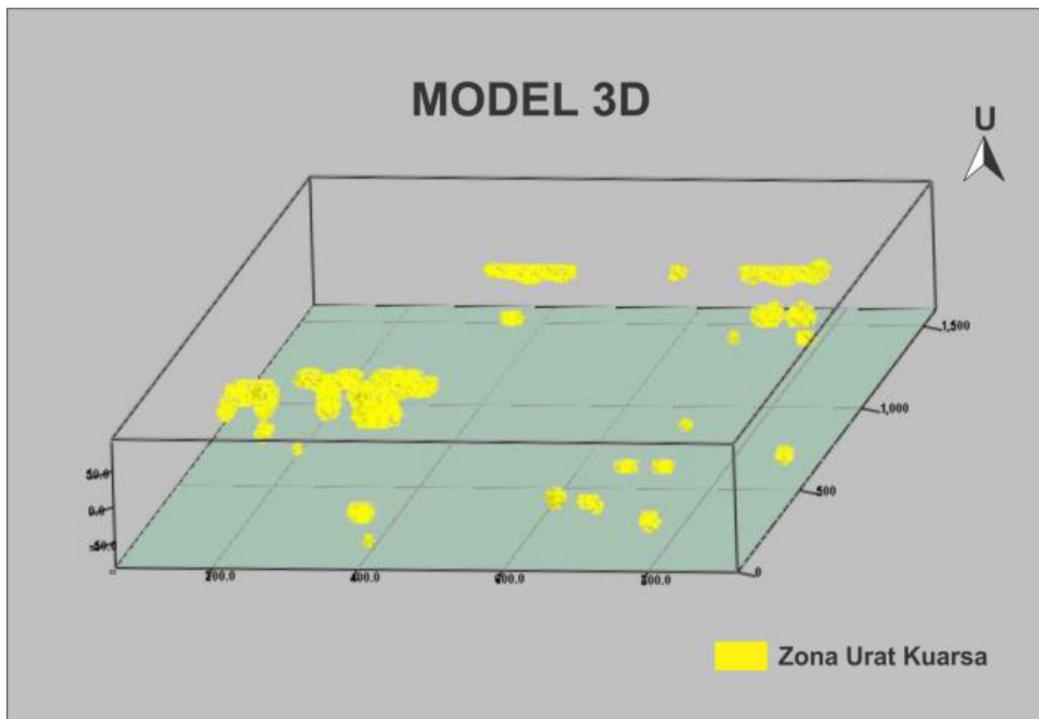
Gambar 4. Hasil korelasi penampang nilai resistivitas dari semua lintasan

Berdasarkan hasil model 3D (Gambar 6) diketahui bahwa volume zona urat kuarsa yang diduga mengandung mineralisasi emas diperkirakan sekitar 519.000 m³.

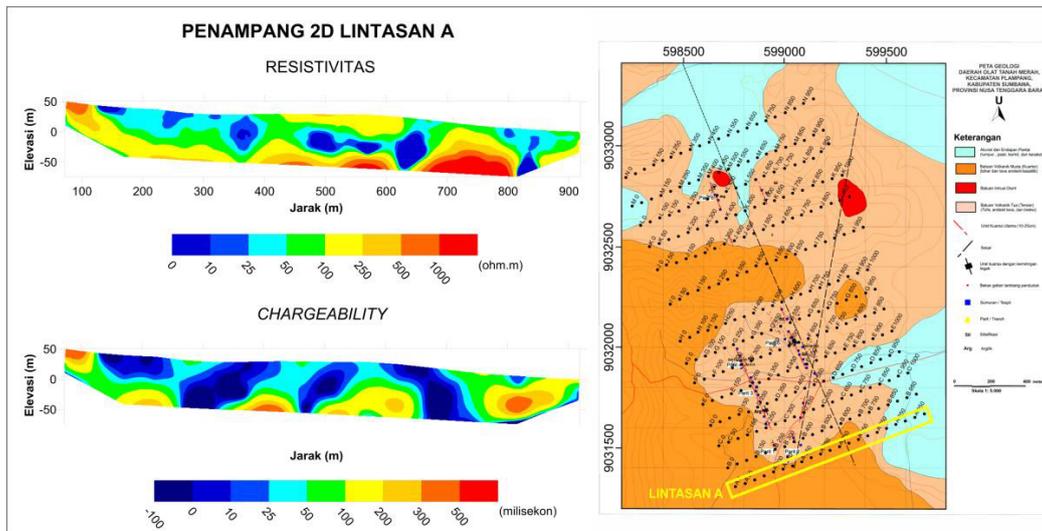
Perhitungan ini dilakukan dengan cara menghitung volume zona mineralisasi emas yang memiliki nilai resistivitas >250 Ωm dan *chargeability* >300 ms.



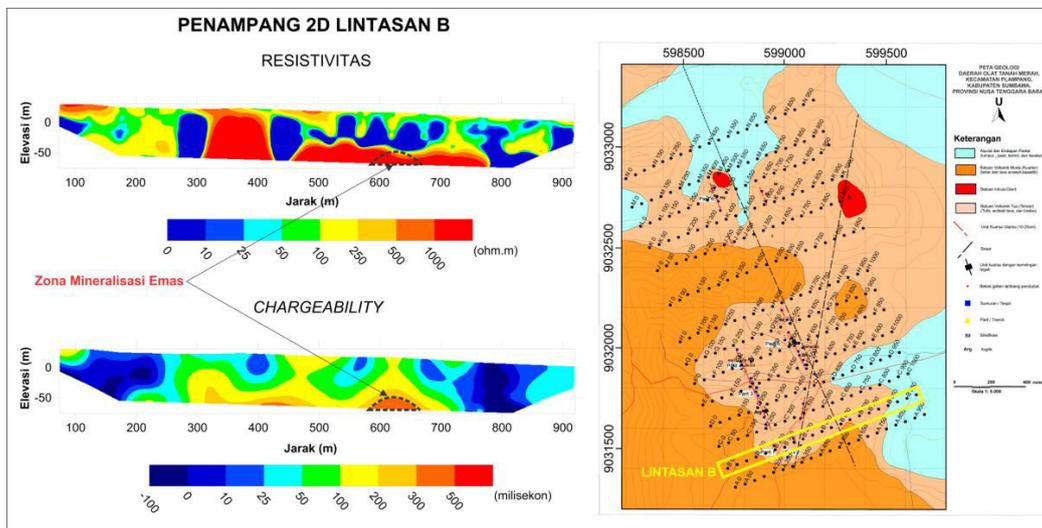
Gambar 5. Hasil korelasi penampang nilai *chargeability* dari semua lintasan



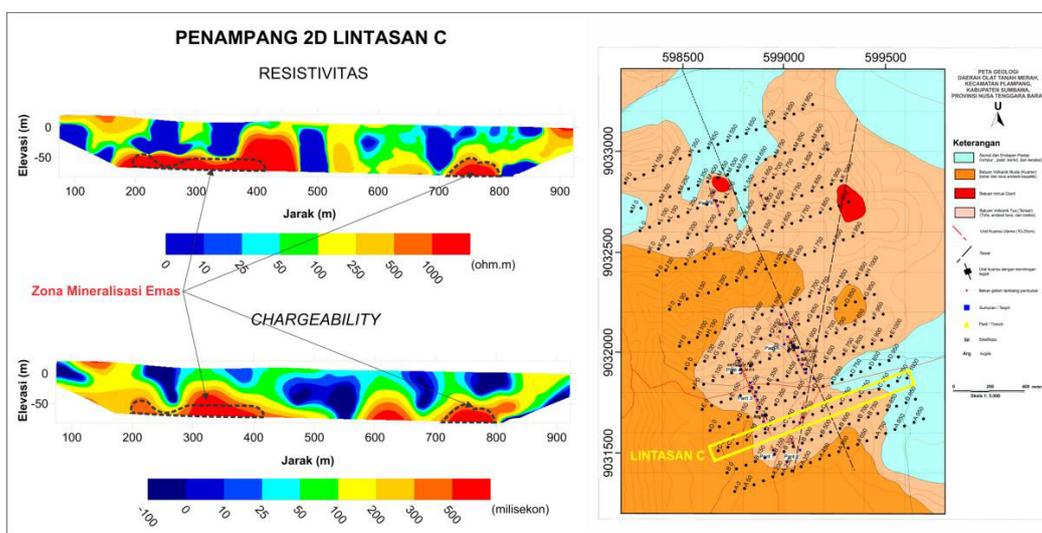
Gambar 6. Sebaran zona urat kuarsa berdasarkan hasil model 3D



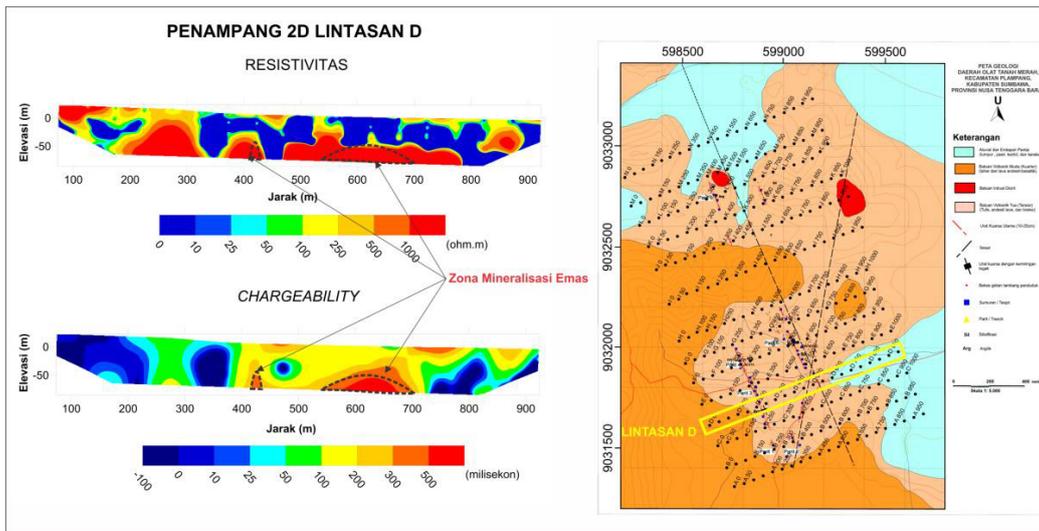
Gambar 7. Hasil interpretasi Lintasan A



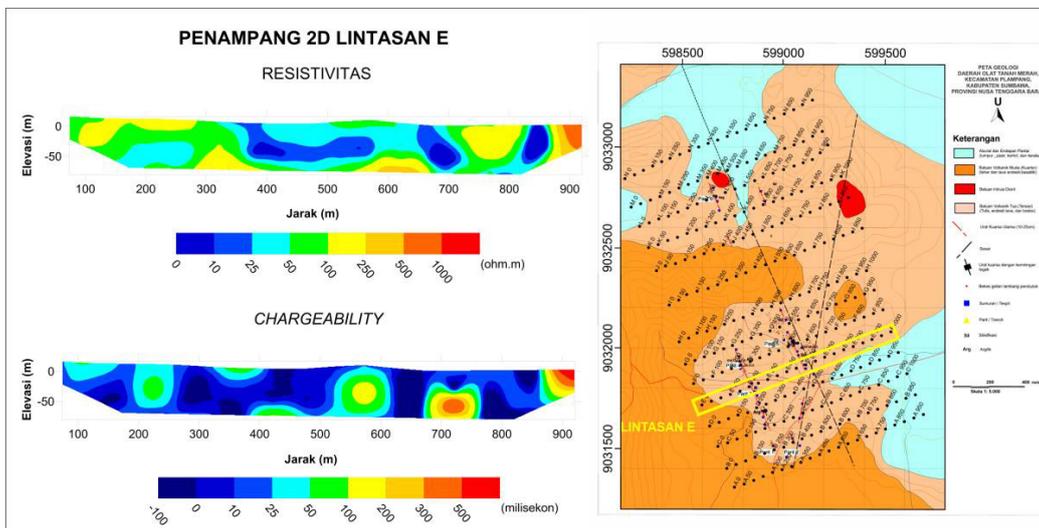
Gambar 8. Hasil interpretasi Lintasan B



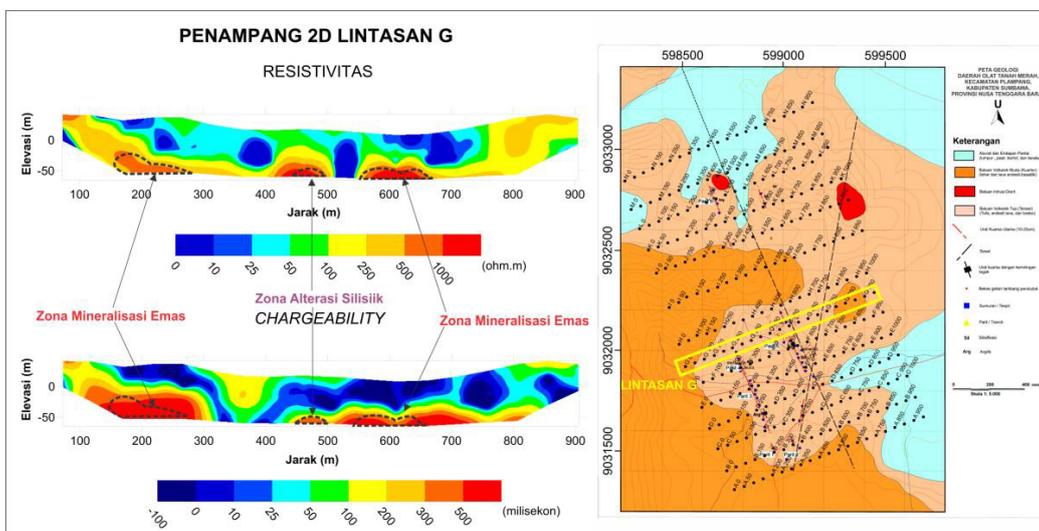
Gambar 9. Hasil interpretasi Lintasan C



Gambar 10. Hasil interpretasi Lintasan D



Gambar 11. Hasil interpretasi Lintasan E



Gambar 12. Hasil interpretasi Lintasan G

Sudrajat, A., Mangga, S.A. dan Suwarna, N., 1998, *Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusa Tenggara Barat Skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Supriyanto, 2007, *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.

Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge.

Diterima	: 22 Januari 2018
Direvisi	: 14 Maret 2018
Disetujui	: 19 April 2018

PEMBUATAN BAHAN ACUAN BAKU UNTUK ANALISIS CONTO MANGAN

THE ESTABLISHMENT OF ANALYSIS STANDARD REFERENCE MATERIAL FOR MANGANESE SAMPLE

Nining Widaningsih dan Herry Rodiana Eddy
 Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi
 nwidaningsih@yahoo.com

ABSTRAK

Pembuatan bahan acuan baku untuk analisis conto mangan dilakukan guna mencari alternatif lain dari penggunaan *Certified Reference Material* produksi lembaga asing yang harganya relatif mahal serta jumlahnya yang terbatas. Conto mangan yang digunakan untuk bahan acuan baku diperoleh dari wilayah konsesi PT Arumbai Mangabekti, di Desa Satar Punda, Kecamatan Lamba Leda, Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur dan di Desa Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan International Manganese Institute, conto mangan yang memiliki kandungan Mn total berkisar antara 35% s.d. 48% dikategorikan sedang, dan yang lebih besar dari 50%, tinggi. Kegiatan pemercontaan di Kabupaten Manggarai Timur dengan kode conto BWN, SATARNANI dan STN-2, sedangkan di Kabupaten Jember dengan kode conto SDG-1. Preparasi conto mangan dilakukan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, untuk mendapatkan conto yang homogen dengan ukuran 150 *mesh*. Analisis kimia dilakukan untuk menentukan *major* dan *minor elements* yang terkandung di dalam conto mangan. Data hasil analisis kimia yang dilakukan di delapan laboratorium termasuk Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, kemudian dilakukan pengolahan data dengan beberapa metoda statistik. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa ke empat conto tersebut memenuhi kriteria kandungan Mn total kadar sedang dan tinggi. Conto bahan acuan baku dengan kriteria kandungan Mn total kadar sedang terdapat pada kode conto BWN (Mn total 35,01%), kode conto SATARNANI (Mn total 44,24%) dan SDG-1 (Mn total 48,90%), sedangkan kandungan Mn total kadar tinggi terdapat pada kode conto STN-2 (Mn total 55,85%).

Kata kunci: bahan acuan baku, mangan, analisis laboratorium, Desa Satar Punda, Desa Pace

ABSTRACT

Standard reference material for manganese is established to provide an alternative to the use of Certified Reference Material/CRM from foreign institutions that are relatively more expensive and limited. The manganese sample used for reference material was obtained from the concession area of PT Arumbai Mangabekti, in Satar Punda Village, Lamba Leda District, East Manggarai Regency, East Nusa Tenggara Province and in Pace Village, Silo District, Jember Regency, East Java Province. Base on classifies manganese International Manganese Institute, the manganese sample was the one which has a total Mn content of about 35% - 48% (moderate), and > 50% (high). Sampling activiti in East Manggarai District was coded with BWN, SATARNANI and STN-2, while sampling activitiy in Jember District was coded with SDG-1. The manganese sample preparation was done in the laboratory of the Center for Mineral, Coal and Geothermal Resources to obtain a homogenous sample of 150 mesh. Chemical analysis was performed to determine the major and minor elements contained in the manganese sample. After obtaining the data of chemical analysis conducted in 8 laboratories included laboratory of Center for Mineral, Coal and Geothermal Resources then data processing was performed with several statistical method. The results of data

processing showed that the four in-house standard samples meet the criteria of medium and high total Mn content. Standard contents with the criteria of medium total Mn content was found in the BWN (total Mn of 35.01%), SATARNANI (total Mn of 44.24%) and SDG-1 (total Mn of 48.90%), whereas the high total Mn content was found in the STN-2 (total Mn of 55.85%).

Keywords: standard reference material, manganese, laboratory analysis, Satar Punda Village, Pace Village.

PENDAHULUAN

Bahan acuan baku (*standard reference material*) berfungsi sebagai pengendali jaminan mutu hasil analisis kimia bisa didapatkan dari lembaga tertentu, misalnya NIST dari Amerika yang disebut *Certified Reference Material (CRM)*. Bahan acuan tersebut memiliki peran penting di dalam proses analisis kimia karena fungsinya sebagai acuan untuk menentukan konsentrasi analit yang tidak diketahui atau untuk kalibrasi peralatan ukur kimia. Dengan bahan acuan baku tersebut diharapkan hasil analisis kimia menjadi lebih akurat atau mendekati nilai sebenarnya (*true value*). Penentuan keakuratan suatu proses analisis kimia memerlukan proses kalibrasi alat dengan bahan acuan yang telah diketahui konsentrasinya. *CRM* tersebut dilengkapi dengan sertifikat yang berisi informasi tentang nama bahan dan konsentrasi kimia penyusun bahan acuan. Oleh karena harganya sangat mahal dan ketersediaannya terbatas maka alternatif lain dengan membuat sendiri.

Bahan acuan baku tersebut dapat digunakan dalam analisis kimia, apabila memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya stabil dalam periode waktu penggunaannya, homogen pada kuantitas conto yang ditimbang untuk analisis, memiliki matriks yang mirip dengan matriks conto-conto yang dianalisis secara rutin, berkadar analit yang mendekati kadar conto yang dianalisis dan tersedia dalam kuantitas yang mencukupi.

Conto yang secara rutin dianalisis yaitu mangan, yang dikenal dari ciri-ciri fisiknya, yaitu warna cenderung kehitaman, dan berat jenis tinggi. Analisis mangan di

laboratorium meliputi penentuan *major elements* dan *minor elements*. Dalam pelaksanaannya analisis kimia tersebut juga membutuhkan bahan acuan baku yang telah diketahui konsentrasi *major elements* dan *minor elements*-nya.

Tujuan pembuatan bahan acuan baku untuk analisis conto mangan yaitu mendapatkan conto standar mangan yang selalu siap digunakan untuk kegiatan analisis sehingga diperoleh hasil analisis yang terjamin/terkendali mutunya dan lebih ekonomis. Bahan acuan baku tersebut diharapkan dapat menggantikan bahan acuan baku produk luar negeri.

METODOLOGI

Tahapan pembuatan bahan acuan baku meliputi studi literatur, pemercontaan mangan, menganalisis conto, dan mengolah data baik di laboratorium internal maupun eksternal. Analisis eksternal dilakukan di tujuh laboratorium dan analisis internal di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi. Pengolahan data hasil analisis tersebut menggunakan metode statistik seperti; uji Histogram, uji *Dixon* dan uji *Z-Score* (Anonim, 2004; Kartika, 2006; Elishian, 2014).

Permercontaan Mangan

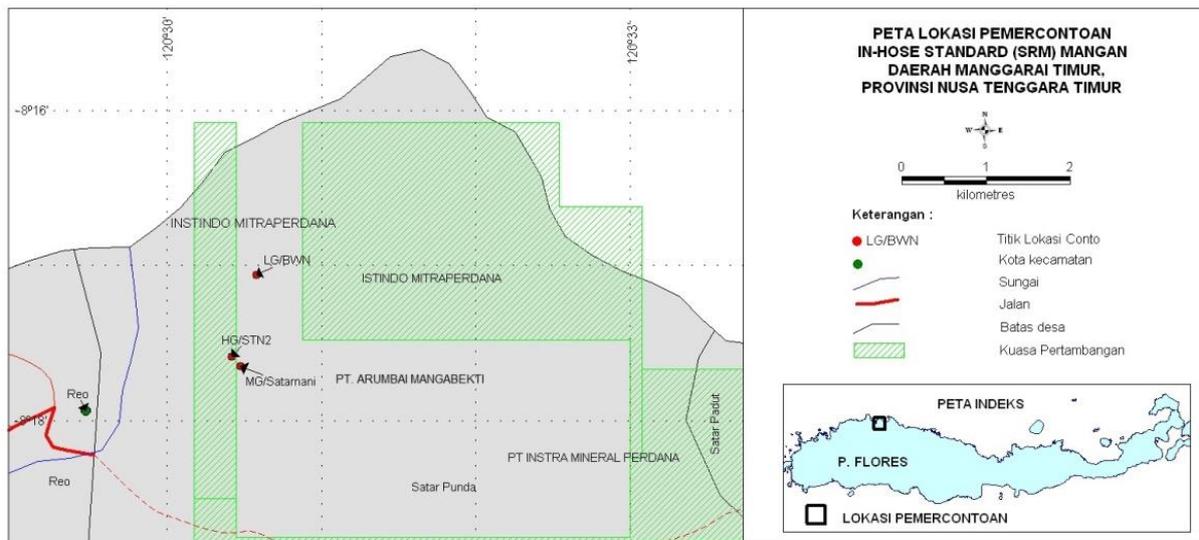
Kegiatan pemercontaan mangan di lapangan dapat dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

Pengambilan Conto

Pengambilan conto mangan dilakukan di dua daerah yaitu di Kabupaten Manggarai Timur dan Kabupaten Jember.

Di Kabupaten Manggarai Timur, pengambilan conto mangan di Wilayah IUP PT Arumbai Mangabekti, Desa Satar Punda, Kecamatan Lamba Leda, diambil sebanyak tiga conto dengan cara *grab sampling* sejumlah kurang lebih 40 kg sampai dengan 60 kg (Davis, and Hartati, 1991). Endapan mangan mengelompok menempati rongga dalam zona batugamping yang massif, pada Formasi

Kiro (Sukmana, 2006). Satu conto berkadar Mn tinggi diambil dari *stock pile*, diberi kode conto STN-2, sedangkan dua conto lainnya diperkirakan berkadar Mn sedang yang diambil pada titik koordinat $120^{\circ}30'37,3''\text{BT} - 8^{\circ}17'55,2''\text{LS}$ dan pada titik koordinat $120^{\circ}30'43,9''\text{BT} - 8^{\circ}17'06,0''\text{LS}$ dengan kode conto BWN dan SATARNANI (Gambar 1 dan Gambar 2).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Conto di Wilayah IUP PT Arumbai Mangabekti, Desa Satar Punda, Kecamatan Lamba Leda

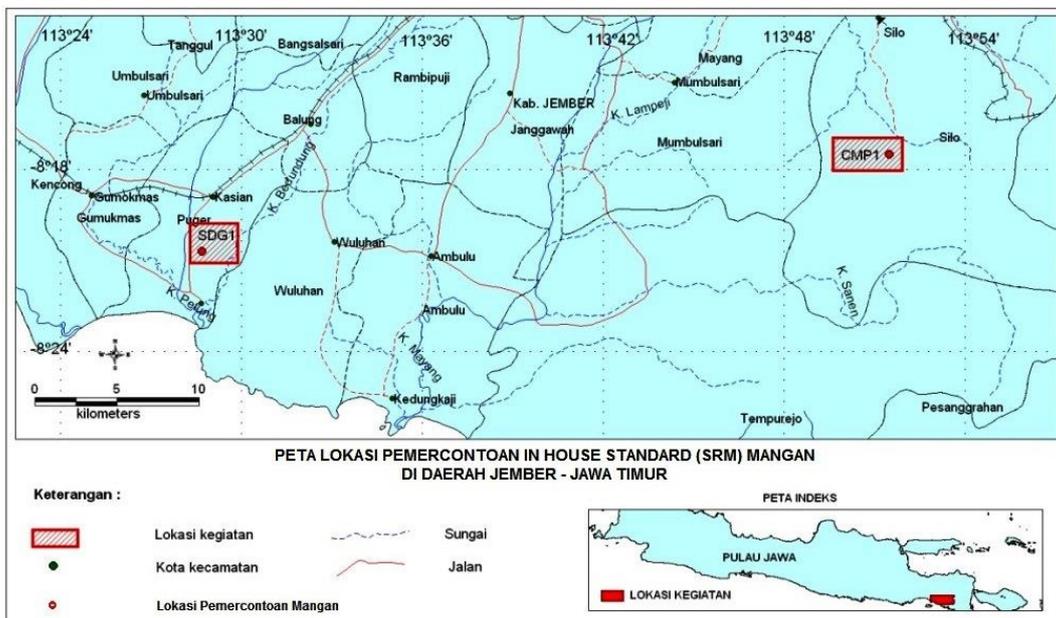


Gambar 2. Pengambilan conto mangan berkadar Mn tinggi, lokasi di *stock pile* PT Arumbai Mangabekti

Di Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur, pengambilan conto mangan di Desa Pace, Kecamatan Silo, yang berkadar Mn tinggi dengan cara *grab sampling* sejumlah 50 kg pada titik koordinat $113^{\circ} 51' 29,4''$ BT $-8^{\circ} 17' 29,5''$ LS dengan kode conto CMP-1 dan satu conto lagi yang berkadar Mn sedang yang diambil di Desa Grendeng, Kecamatan Puger pada titik koordinat $113^{\circ} 28' 41,3''$ BT $-8^{\circ} 28' 41,3''$ LS dengan kode conto SDG-1. (Gambar 3 dan Gambar 4). Mangan terdapat berupa lensa-lensa pada kontak antara batugamping dengan tuf (Anonim, 2016).

Kedua conto tersebut (CMP-1, dan SDG-1) dihancurkan, dikeringkan, dan *diquartering* sampai diperoleh berat lebih kurang 40 kg, kemudian dimasukkan ke dalam karung plastik yang telah diberi label (nomor conto, kode conto dan kode lokasi).

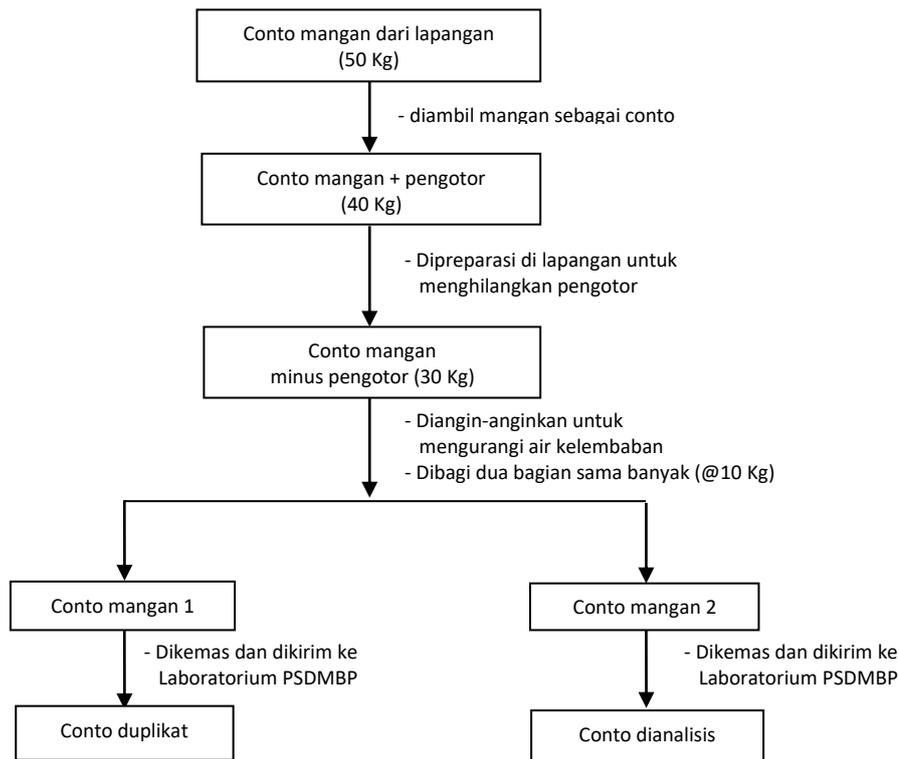
Hasil pengambilan conto dari Kabupaten Manggarai Timur dan Kabupaten Jember selanjutnya dikemas dan dikirim ke Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Jalan Soekarno Hatta Nomor 444 Bandung.



Gambar 3. Peta lokasi pengambilan conto di Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur



Gambar 4. Keterdapatn bijih mangan sebagai *boulder* di Desa Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur



Gambar 5. Bagan alir pengambilan conto mangan dan penanganannya di lapangan

Metoda pengambilan conto di lapangan dilakukan secara acak dengan metoda *grab sampling* untuk pengambilan conto dari *stock pile* dan metoda *channel sampling* untuk pengambilan conto di daerah mineralisasi, sebanyak lebih kurang 40 kg sampai dengan 60 kg, kemudian dimasukkan dan diikat dalam karung plastik (Gambar 6).

Metoda Preparasi Conto di Laboratorium

Preparasi conto di laboratorium dengan cara menghaluskan, menjadikan conto homogen dan membagi conto sampai diperoleh sejumlah conto yang diinginkan (Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9).

Conto yang sudah homogen dibagi dengan cara *coning and quartering*

menjadi dua bagian yang sama, menyimpan satu bagian (10 kg) sebagai duplikat conto halus (150 mesh), kemudian disimpan di tempat kedap udara, dan yang satu bagian lagi (10 kg) dibagi dengan jumlah yang sama (100 gram) menggunakan *rotary divider*. (Gambar 10 dan Gambar 11) Setelah itu conto dimasukkan ke dalam botol conto (ukuran 150 ml), selanjutnya mengirimkan minimal delapan botol conto ke Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi serta ke masing-masing laboratorium terakreditasi Komite Akreditasi Nasional di luar untuk uji banding atau uji profisiensi (Dubai Accreditation Center, 2008).

Secara garis besar langkah preparasi conto di laboratorium dapat dilihat pada bagan alir Gambar 12.



Gambar 6. Contoh mangan dari lapangan



Gambar 7. Contoh mangan kasar setelah digerus



Gambar 8. Alat Gerus *Jaw Crusher*



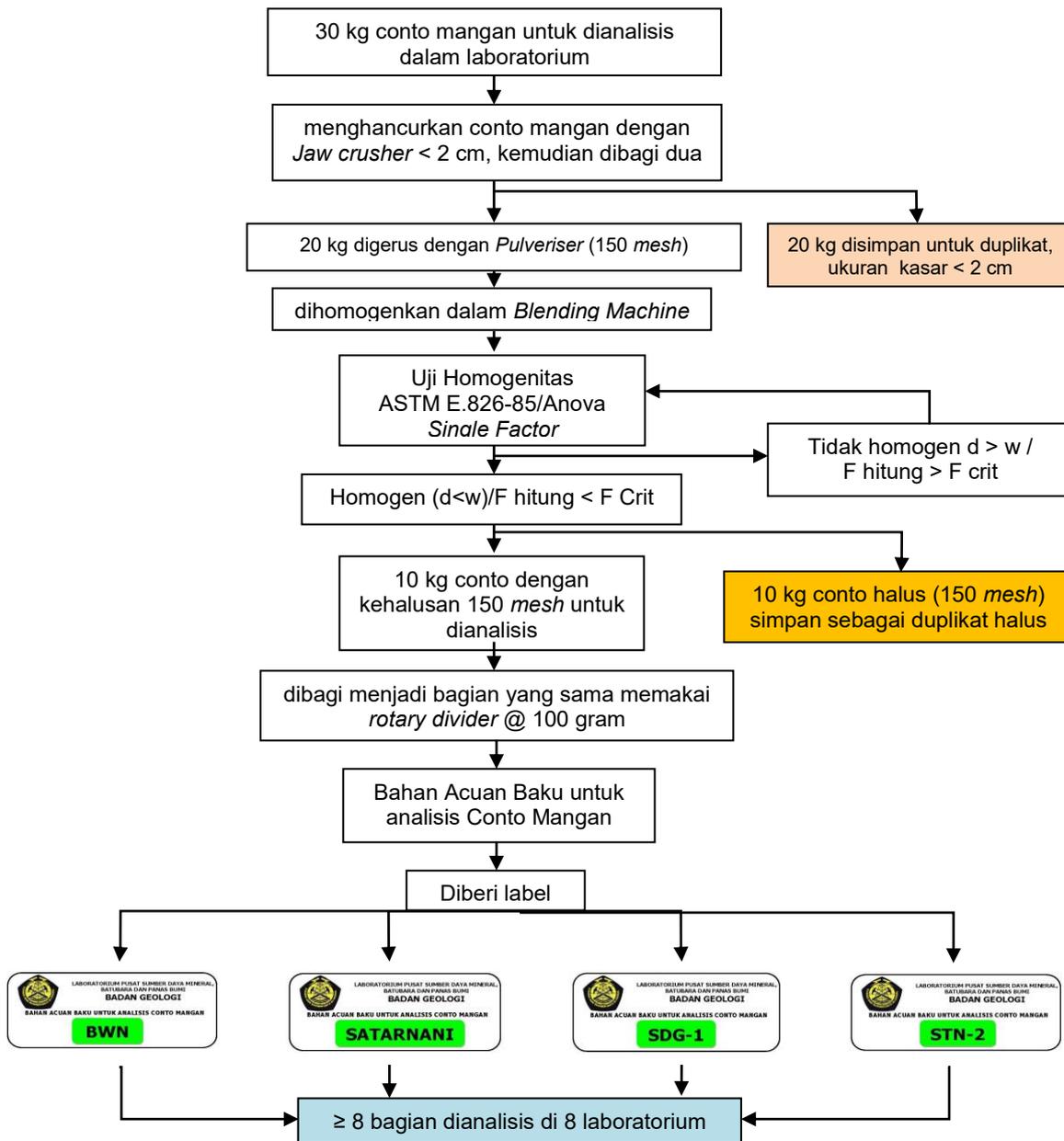
Gambar 9. Alat Gerus *Pulverizer*



Gambar 10. *Blending Machine* untuk menghomogenkan conto



Gambar 11. *Rotary Divider*



Gambar 12. Bagan Alir Preparasi Conto Mangan di Laboratorium

Metoda Analisis Conto Mangan

Analisis conto mangan meliputi metoda basah atau konvensional (Gambar 13), *Spectrophotometer* (Gambar 14), *Atomic Absorption Spectrophotometer/AAS* (Gambar 15), *X-Ray Fluorescence/X-RF* (Gambar 16) dengan parameter *major* dan *minor elements* (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 , Mn total, MnO, P_2O_5 , S total, H_2O^- , dan HD), dapat juga analisis dilakukan hanya terhadap parameter yang dominan atau

mayor, analisis ini disebut analisis partial, analisis mineral dilakukan dengan metoda *X-Ray Diffraction/X-RD* (Gambar 17).

Analisis mangan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi terdiri dari 10 parameter yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 , Mn total, MnO, P_2O_5 , S total, H_2O^- , dan HD (Leonard Shapiro, 1978), seperti terlihat Tabel 1.

Tabel 1. Metoda Analisis Kimia Conto Mangan

No.	Parameter	Metoda yang digunakan
1	SiO ₂	Gravimetri
2	Al ₂ O ₃	AAS/X-RF
3	Fe ₂ O ₃	AAS/X-RF
4	MnO	Perhitungan
5	MnO ₂	Permanganometri
6	Mn total	Permanganometri
7	P ₂ O ₅	Spectrophotometri
8	S total	Gravimetri
9	H ₂ O	Gravimetri
10	HD/LOI	Gravimetri
11	Mineral	X-RD



Gambar 13. Peralatan titrasi metoda basah (konvensional)



Gambar 14. Spectrophotometer UVI-VIS



Gambar 15. AAS Hitachi Zeeman



Gambar 16. X-Ray Fluorescence (X-RF)



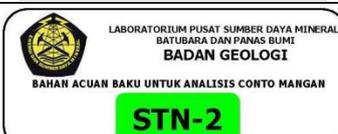
Gambar 17. X-Ray Diffraction (X-RD)

Hasil Pelabelan

SATARNANI, BWN, STN-2, dan SDG-1, seperti terlihat pada Tabel 2 berikut ini.

Daftar label pembuatan bahan acuan baku conto mangan dengan kode contoh

Tabel 2. Daftar Label Pembuatan Bahan Acuan Baku Contoh Mangan

No.	Kode contoh dari lapangan	Label bahan acuan baku
1	SATARNANI	 <p>LABORATORIUM PUSAT SUMBER DAYA MINERAL, BATUBARA DAN PANAS BUMI BADAN GEOLOGI BAHAN ACUAN BAKU UNTUK ANALISIS CONTO MANGAN SATARNANI</p>
2	BWN	 <p>LABORATORIUM PUSAT SUMBER DAYA MINERAL, BATUBARA DAN PANAS BUMI BADAN GEOLOGI BAHAN ACUAN BAKU UNTUK ANALISIS CONTO MANGAN BWN</p>
3	STN-2	 <p>LABORATORIUM PUSAT SUMBER DAYA MINERAL, BATUBARA DAN PANAS BUMI BADAN GEOLOGI BAHAN ACUAN BAKU UNTUK ANALISIS CONTO MANGAN STN-2</p>
4	SDG-1	 <p>LABORATORIUM PUSAT SUMBER DAYA MINERAL, BATUBARA DAN PANAS BUMI BADAN GEOLOGI BAHAN ACUAN BAKU UNTUK ANALISIS CONTO MANGAN SDG-1</p>



Gambar 18. Bahan acuan baku conto mangan dalam kemasan botol 100 gram



Gambar 19. Duplikat bahan acuan baku conto mangan

HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan hasil pengolahan data dari hasil analisis conto mangan pada lima conto yang dilakukan di internal Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, kadar Mn total pada kode conto STN-2 52,92%; BWN 35,28%; SATARNANI 44,23%; SDG-1 48,93%; dan CMP-1 51,37%. Hasil analisis secara terperinci berikut kandungan mineralnya seperti tertera Tabel 3.

Analisis conto mangan di luar Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (Laboratorium A) dilakukan di tujuh laboratorium, yaitu di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Laboratorium B), Balai Besar Keramik (Laboratorium C), Balai Besar Barang dan Bahan Teknik (Laboratorium D), Badan Tenaga Atom Nasional (Laboratorium E), Geo Services (Laboratorium F), Intertek Utama Services (Laboratorium G), dan Pusat Survei Geologi (Laboratorium H), dan dengan parameter SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ,

MnO_2 , Mn total, MnO, P_2O_5 , S total, H_2O^- , dan HD.

Hasil analisis empat conto yaitu kode conto STN-2, BWN, SATARNANI dan SDG-1 dipilih sesuai dengan kriteria untuk katagori kadar Mn sedang dan tinggi, sedangkan untuk kode conto CMP-1 tidak dilakukan analisis kimia di tujuh laboratorium lainnya, karena termasuk kriteria Mn kadar tinggi yang sudah terwakili oleh kode conto STN-2. Hasil analisis conto mangan dari delapan laboratorium seperti terlihat pada Tabel 4 untuk kode conto STN-2, Tabel 5 untuk kode conto BWN. Tabel 6 untuk kode conto Satarnani, dan Tabel 7 untuk kode conto SDG-1. Laboratorium A, B, C, D dan E, menggunakan metoda AAS, *Spectrophotometer*, Volumetri dan Gravimetri. Sedangkan Laboratorium F, G dan H metoda XRF. Semua hasil laboratorium dihitung pada conto kering pada suhu 105°C . Tanda (*) pada ke empat tabel di atas menandakan data *out-layer*, sedangkan tanda (**) menandakan data tak terpakai.

Tabel 3. Hasil analisis major elements dan kandungan mineralnya

Unsur	STN-2		BWN		SATARNANI		SDG-1		CMP-1	
	Kadar (%)	Presisi internal	Kadar (%)	Presisi internal						
SiO ₂	3,55	0,23	0,31	0,08	1,79	0,20	0,43	0,03	8,76	0,38
Al ₂ O ₃	0,07	0,02	0,23	0,02	0,39	0,02	0,20	0,01	1,06	0,01
Fe ₂ O ₃	0,64	0,02	0,13	0,01	0,60	0,01	0,23	0,01	0,36	0,01
Mn total	52,92	0,11	35,28	0,20	44,23	0,07	48,93	0,16	51,37	0,22
MnO ₂	78,07	0,12	48,43	0,26	61,79	0,17	70,60	0,08	67,29	0,19
MnO	4,64	0,14	6,04	0,43	6,70	0,09	5,73	0,16	11,43	0,34
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,03	0,01	0,14	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01
S.tot	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	1,48	0,02	1,30	0,06	1,03	0,02	2,67	0,05	1,35	0,04
HD	14,08	0,02	25,66	0,07	20,77	0,04	18,86	0,18	10,25	0,09
Total	101,04		80,83		92,19		96,11		99,19	
Kandungan mineral	Pirolusit (MnO ₂)		Kalsit (CaCO ₃)		Kalsit (CaCO ₃)		Kalsit (CaCO ₃)		-	
	Muskovit (Clay)		Pirolusit (MnO ₂)		Pirolusit (MnO ₂)		Pirolusit (MnO ₂)		-	
			Muskovit (Clay)		Muskovit (Clay)		Muskovit (Clay)		-	

Tabel 4. Hasil analisis kode contoh STN-2 dari delapan laboratorium

Lab.	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Mn	MnO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	S	HD (%)
				total (%)				total (%)	
A	3,60**	0,06	0,64	53,71	79,24**	4,70**	0,00**	0,00	12,79
B	0,00**	0,16*	0,57	53,20	83,40**	0,57**	0,45	0,00	12,35
C	0,57**	2,05**	0,41*	61,97*	84,04**	1,02**	0,44	0,07**	11,65
D	1,03**	0,66**	1,30*	51,98*	-	-	-	-	13,23
E	0,34**	0,04	0,68	55,84	-	-	-	-	-
F	5,32**	0,14	0,65	55,14	-	-	0,41	0,00	13,52*
G	5,38**	0,09	1,04*	55,31	-	-	0,37	0,02*	12,90
H	4,10**	0,00*	0,62	59,65*	-	-	0,34*	0,00	13,55*
Rata-rata		0,08	0,74	55,85			0,40	0,00	12,85
SD		0,06	0,29	3,37			0,05	0,01	0,68
Presisi		0,06	0,23	3,17			0,05	0,01	0,61

Kandungan mineral : pirolusit (MnO₂); muskovit (clay)

Tabel 5. Hasil analisis kode contoh BWN dari delapan laboratorium

Lab.	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Mn	MnO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	S	HD (%)
				total (%)				total (%)	
A	0,31**	0,23	0,14	35,74	49,19**	6,01**	0,03*	0,00	24,68
B	0,95	0,06*	0,14	34,20	53,50**	0,51**	0,51**	0,00	24,40
C	1,26*	2,06**	0,13	55,28**	75,61**	2,79**	0,12	0,07**	18,02**
D	0,99	0,67**	0,61**	32,84*	-	-	-	-	24,68
E	0,32**	0,20	0,13	33,94	-	-	-	-	-
F	0,74	0,25	0,03*	35,98	-	-	0,26	0,00	24,56
G	0,80	0,16	0,27**	34,45	-	-	0,22	0,00	23,70*
H	0,78	0,25	0,09	37,92*	-	-	0,20	0,00	23,97
Rata2	0,92	0,19	0,11	35,01			0,17	0,00	24,33
SD	0,19	0,07	0,04	1,67			0,09	0,00	0,45
Presisi	0,19	0,07	0,04	1,49			0,10	0,00	0,45

Kandungan mineral : kalsit (CaCO₃); pirolusit (MnO₂); muskovit (clay)

Tabel 6. Hasil analisis kode conto Satarnani dari delapan laboratorium

Lab.	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Mn			S		HD (%)
				total (%)	MnO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	total (%)	
A	1,93	0,40	0,61	44,69	62,43**	6,77**	0,14**	0,00	19,95
B	0,67**	0,08*	0,57	41,60*	65,50**	0,27**	0,52	0,00	19,55
C	0,59**	1,54**	0,29*	57,92**	64,54**	17,66**	0,46	0,08**	15,10**
D	2,47*	0,84**	2,09**	42,32*	-	-	-	-	20,11*
E	0,15**	0,25	0,43	44,74	-	-	-	-	-
F	2,12	0,42	0,50	46,18*	-	-	0,52	0,00	20,03
G	2,30	0,35	0,83*	43,45	-	-	0,47	0,00	19,50*
H	1,73*	0,45	0,61	46,67*	-	-	0,44	0,00	19,89
Rata2	2,11	0,33	0,55	44,24			0,48	0,00	19,78
SD	0,29	0,14	0,17	1,85			0,04	0,00	0,24
Presisi	0,34	0,14	0,15	1,65			0,04	0,00	0,24

Kandungan mineral : kalsit (CaCO₃); pirolusit (MnO₂); muskovit (clay)

Tabel 7. Hasil analisis kode conto SDG-1 dari delapan laboratorium

Lab.	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Mn			P ₂ O ₅ (%)	S total (%)	HD (%)
				total (%)	MnO ₂ (%)	MnO (%)			
A	0,45	0,20	0,24	50,27	72,54 **	5,73 **	0,04 **	0,02	16,63 *
B	0,50	0,05 *	0,21	46,10	72,80 **	0,13 **	0,33 *	0,00	17,17
C	0,71	10,38 **	0,20	45,71	55,05 **	19,35 **	0,71 **	0,04	13,96 **
D	0,71	0,51 *	1,14 **	45,34	-	-	-	-	18,11 *
E	0,22 *	0,15	0,09	50,09	-	-	-	-	-
F	0,53	0,24	0,08	50,30	-	-	0,25	0,00	17,20
G	0,80	0,19	0,47 **	50,30	-	-	0,22	0,03	16,80
H	0,94	0,44 *	0,20	53,07	-	-	0,22	0,00	18,37 *
Rata-rata	0,61	0,26	0,18	48,90			0,26	0,02	17,38
SD	0,23	0,16	0,07	2,81			0,05	0,02	0,71
Presisi	0,18	0,15	0,07	2,29			0,06	0,02	0,70

Kandungan mineral : kalsit (CaCO₃); pirolusit (MnO₂); muskovit (clay)

Data rekapitulasi hasil analisis dari delapan laboratorium yang melaksanakan proses analisis terhadap empat conto mangan, setelah dilakukan pengujian melalui metode statistik, maka conto mangan dengan kode conto STN-2 mempunyai kadar Mn total 55,85%, kode conto BMW 35,01%, kode conto Satarnani 44,24% dan kode conto SDG-1 48,90%. Secara lengkap hasil analisis kimia terhadap empat conto yang dianalisis oleh delapan laboratorium dapat dilihat pada

Tabel 8. Hasil analisis laboratorium dihitung dalam conto kering 105° C dan MnO₂ dihitung dari Mn total.

Berdasarkan hasil rekapitulasi analisis delapan laboratorium conto mangan dengan kriteria kadar Mn total sedang (kode conto BWN 35,01%) dan kadar Mn tinggi (kode conto SATARNANI 44,24%; SDG-1 48,90%; dan STN-2 55,85%), hasil analisis secara terperinci tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Data rekapitulasi rata-rata hasil analisis conto mangan dari delapan laboratorium

Unsur	STN-2		BWN		SATARNANI		SDG-1	
	Kadar (%)	Presisi eksternal						
SiO ₂	-	-	0,92	0,19	2,11	0,34	0,61	0,18
Al ₂ O ₃	0,08	0,06	0,19	0,07	0,33	0,14	0,26	0,15
Fe ₂ O ₃	0,74	0,23	0,11	0,04	0,55	0,15	0,18	0,07
Mn total	55,85	3,17	35,01	1,49	44,24	1,65	49,08	2,41
MnO ₂	88,39	-	55,41	-	70,01	-	77,67	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0,40	0,05	0,17	0,10	0,48	0,04	-	-
S total	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
HD	12,85	0,61	24,33	0,45	19,78	0,24	17,38	0,70
Total	102,47		81,13		93,26		96,11	
Kandungan mineral	- Pirolusit (MnO ₂)		- Kalsit (CaCO ₃)		- Kalsit (CaCO ₃)		- Kalsit (CaCO ₃)	
	- Muskovit (Clay)		- Pirolusit (MnO ₂)		- Pirolusit (MnO ₂)		- Pirolusit (MnO ₂)	
			- Muskovit (Clay)		- Muskovit (Clay)		- Muskovit (Clay)	

PEMBAHASAN

Pengambilan conto mangan di lapangan dengan kriteria kandungan Mn sedang dan tinggi cukup mudah dilaksanakan karena jenis ini mudah diidentifikasi secara visual dan cukup lengkapnya informasi di lapangan mengingat lokasi pengambilan conto berada di lokasi penambangan mangan.

Hal ini terlihat dari hasil analisis kimia yang menunjukkan bahwa kadar Mn bervariasi dari kadar sedang (kadar Mn 30% s.d. 44%) hingga kadar tinggi (kadar Mn > 44%) (International Manganese Institute dalam Anonim, 2010).

Proses homogenisasi conto agak sulit prosesnya, meskipun komposisi mineral penyusun dari hasil analisis X-RD tidak terlalu heterogen (dua sampai tiga mineral), tetapi mineral tersebut berupa muscovite (clay), calcite (CaCO₃), dan pyrolusit (MnO₂).

Hasil analisis yang dilakukan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi pada umumnya memberikan hasil cukup baik, terlihat dari hasil analisis data delapan kali pengulangan analisis memberikan presisi yang diperoleh harus lebih rendah dari Coefficient Variance Horwitz (Riyanto, 2014). Hasil analisis data dari delapan

laboratorium lain termasuk Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi masuk dalam in-layer, kecuali unsur fosfor (P) semua out-layer bahkan merupakan data pencilan, hal ini kemungkinan disebabkan karena penggunaan metoda yang belum teruji. Unsur SiO₂ conto BWN out-layer, HD conto SDG-1 sedikit out-layer, hal ini kemungkinan disebabkan kurang ketelitian dalam analisisnya (Maxwell, 1981).

Hasil analisis kimia dari tujuh laboratorium lain datanya sangat bervariasi (range/kisaran data cukup tinggi). Hal ini kemungkinan beberapa dari laboratorium tersebut menggunakan metoda analisis yang belum teruji atau belum terstandarisasi (Scott, 1939).

Hasil analisis data dari tujuh laboratorium lain dan Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi datanya menunjukkan simpangan atau presisi yang diperoleh harus lebih rendah dari Coefficient Variance Horwitz (Riyanto, 2014). Hal ini disebabkan data cukup bervariasi (range/kisaran), data agak besar, sebagian besar uji statistik out-layer beberapa data sangat minim hanya lima sampai dengan enam, kecuali Fe₂O₃ dan Mn cukup memadai tujuh sampai dengan delapan data. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya beberapa laboratorium masih belum menggunakan

metoda yang tepat untuk analisis jenis conto mangan ini dan belum menggunakan standar conto (CRM) yang sesuai, sehingga hasilnya kurang akurat (Sumadi, 2007).

Data MnO₂ yang sangat diharapkan karena merupakan mineral utama atau unsur utama dalam conto mangan, datanya tidak dapat diolah dan dianalisis, karena data dari tujuh laboratorium lain umumnya MnO₂ hanya dihitung dari kadar unsur Mn. Hal ini kemungkinan beberapa laboratorium tersebut tidak mempunyai prosedur analisis kimia untuk itu. Dari sejumlah laboratorium pengujian yang telah terakreditasi, hanya beberapa laboratorium saja yang dapat menganalisis mineral khususnya untuk conto mangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi memiliki bahan acuan baku analisis untuk conto mangan dengan katagori kadar sedang (30% s.d. 44%) dan tinggi (> 44%). Conto bahan acuan baku tersebut dikemas dalam botol plastik, dengan berat masing-masing 100 gram, tersedianya bahan acuan baku conto mangan ini diharapkan dapat menjamin mutu dan akurasi hasil analisis pengujian conto mangan.

Data hasil analisis bahan acuan baku yang dibuat Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, memberikan hasil dan presisi yang baik, dengan metode yang valid.

Saran

Kegiatan eksplorasi mangan dapat ditingkatkan di lingkungan Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, mengingat laboratorium telah mempunyai bahan acuan baku analisis untuk conto mangan.

Pembuatan bahan acuan baku komoditi lainnya perlu dilakukan agar dapat

meningkatkan kinerja laboratorium dan menghindarkan ketergantungan pada negara lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi khususnya Laboratorium Mineral Bukan Logam dan Panas bumi yang telah membantu, sehingga pembuatan bahan acuan baku analisis untuk conto mangan ini dapat diselesaikan dengan lancar. Ucapan terima kasih kami sampaikan juga kepada Dewan Redaksi yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004, *Pedoman Perhitungan Statistik untuk Uji Profisiensi*, Komite Akreditasi Nasional, Jakarta.
- , 2008, *Guidance for Statistical Evaluation of Interlaboratory Proficiency Testing Program*, DAC-G3-03, Dubai Accreditation Center, Dubai.
- , 2010, *Manganese, page 12, Ideas 1st Research, Sector, Metal and Mining Industry*, Ferrous Metals, Mumbai-India.
- , 2016, *Mineral Strategis di Kabupaten/Kota*, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi, KESDM, Bandung.
- Davis, A. E. and Hartati, R. D., 1991, *The Preparation of Quality Control Sample for The Analysis of Sample from Southern Sumatra Geological and Mineral Exploration Project*, Laporan Kerja, Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Elishian, C., 2014, *Metode-Metode Statistik dalam Evaluasi Data Hasil Uji Profisiensi*, Pusat Penelitian LIPI, Banten.
- Kartika, S. H., 2006, *Buku Materi Pokok 6 Analisis Data Statistik STA 211/III/06*.

- Maxwell, J., 1981, *Rock and Mineral Analysis, Chemical Analysis, Second edition vol. 27*, John Wiley and Sons, Canada.
- Riyanto, 2014, *Validasi dan Verifikasi Metode Uji sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*, Penerbit Deepublish Yogyakarta, ISBN 978.
- Scott, W. W., 1939, *Standard Methods of Chemical Analysis*, New York.
- Shapiro, L., 1978, *Rapid Analysis of Silicate, Carbonate and Phosphate Rock Revised Edition Geological Survey Buletin 1401*.
- Sukmana, 2006, *Inventarisasi Mangan di Kabupaten Manggarai dan Kabupaten Manggarai Barat, Provinsi Nusa Tenggara Timur*, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Sumadi, K., 2007, *Bahan Acuan untuk Uji Kompetensi, Homogenitas Bahan Acuan, Uji Stabilitas Conto Acuan, Kompetensi Kemampuan Pengujian Antar Analis*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.

Diterima	: 14 Januari 2018
Direvisi	: 26 Februari 2018
Disetujui	: 27 April 2018

**KARAKTERISTIK GEOKIMIA BATUAN INDUK FORMASI WALAT,
KABUPATEN SUKABUMI, PROVINSI JAWA BARAT****GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WALAT FORMATION SOURCE ROCK,
SUKABUMI REGENCY, WEST JAVA PROVINCE****Nisa Nurul Ilmi dan Aldrin Ramadian**Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
nisa.nurul.ilmi@unpad.ac.id**ABSTRAK**

Kajian karakteristik geokimia batuan induk Formasi Walat di Sukabumi, Jawa Barat merupakan suatu langkah untuk mendapatkan informasi mengenai sistem minyak dan gas bumi yang ada. Lebih lanjut lagi, kajian ini juga diharapkan dapat mengungkap kesamaan sistem minyak dan gas bumi di daerah studi, dengan potensi hidrokarbon terbukti di Cekungan Jawabarat Utara. Kekayaan material organik, tingkat kematangan, serta tipe hidrokarbon yang dihasilkan merupakan parameter penting yang menunjukkan karakter batuan induk secara geokimia. Sistematisa pemercontohan singkapan Formasi Walat yang diyakini berpotensi sebagai batuan induk, dianalisis ke laboratorium untuk penyelidikan karakteristik geokimia. Sebanyak tujuh belas percontoh terpilih, dan selanjutnya dianalisis karakter geokimianya melalui parameter *Total Organic Carbon* dan *Rock Eval Pyrolysis* (nilai S1, S2, dan S3 beserta turunannya).

Berdasarkan tingkat kematangan, semua percontoh berada pada tingkatan matang hingga matang akhir dengan kualitas kerogen tipe III yang menghasilkan gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Formasi Walat memiliki karakter batuan induk dengan kekayaan sedang hingga sangat baik, dan memiliki potensi untuk menghasilkan hidrokarbon jenis gas. Berdasarkan penemuan sumber batuan induk potensial di formasi ini, maka dapat dikatakan bahwa di daerah studi terdapat sistem minyak dan gas bumi yang setara dengan Cekungan Jawabarat Utara, sehingga eksplorasi migas pada wilayah selatan Jawa Barat menjadi menarik.

Kata kunci: batuan induk, geokimia, hidrokarbon, Formasi Walat, Cekungan Jawabarat Selatan

ABSTRACT

A study on potential of the Walat Formation's source rock in Sukabumi, West Java is a way to gain information about the existing petroleum system in the area. Furthermore, this study was also a way to reveal the similarity between the proven hydrocarbon potential in the North West Java Basin. Organic matter richness, maturity, as well as the type of hydrocarbon generated from the source are significant parameters to show source rocks characteristics geochemically. A systematic sampling of the rock was carried out and tested to investigate its geochemical characteristics. Seventeen selected samples were analysed to obtain the data of Total Organic Carbon and Rock Eval Pyrolysis with values of S1, S2, S3 and its derived values. Laboratory analysis along with a thorough interpretation reveals that this formation is currently in a mature stage that has fair to very good organic matter richness. Furthermore, the organic matter type of the formation shows that this source rock could produce and generate gas. The discovery of potential source rock may indicates the existence of an equivalent petroleum system with the one proven in the North West Java Basin. Thus, the exploration in the southern part of West Java is more interesting.

Keywords: source rock, geochemistry, hydrocarbon, Walat Formation, South West Java Basin

PENDAHULUAN

Penelitian mengenai batuan induk Formasi Walat, Sukabumi, Jawa Barat ini dilakukan di Cekungan Jawa Barat Selatan. Penelitian ini merupakan salah satu upaya untuk memahami sistem minyak dan gas bumi yang ada di wilayah studi, dengan membandingkannya terhadap Cekungan Jawa Barat Utara yang telah terbukti sebagai lapangan migas berproduksi yang dikelola Pertamina ONWJ semenjak tahun 1977, (Darman dan Sidi, 2000). Keterdapatan hidrokarbon di Cekungan Jawa bagian utara merupakan suatu permulaan untuk dapat melihat adanya kesetaraan antara Cekungan Jawa bagian Selatan dengan Cekungan Jawa Barat Utara yang sudah terbukti dan dapat memproduksi hidrokarbon. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu kontribusi bagi penemuan cadangan strategis di Indonesia.

Formasi Walat disusun oleh batuan sedimen nonmarine berumur Paleogene (Eosen Akhir-Oligosen Awal) yang sangat menarik untuk dapat dieksplorasi. Lingkungan pengendapan Formasi Walat yang dapat dikatakan berada pada tataan fluvio-delta merupakan suatu nilai tambah bagi formasi ini. Pasokan material organik yang beragam pada sedimen yang diendapkan dalam formasi ini dapat menghasilkan karakteristik hidrokarbon yang juga memiliki keunikan tersendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi batuan induk dari sedimen yang diendapkan pada Formasi Walat di daerah Sukabumi, Jawa Barat.

Proses identifikasi batuan induk merupakan suatu langkah awal yang dilakukan untuk menyediakan informasi lengkap mengenai batuan induk. Informasi yang bisa disediakan dari analisis geokimia batuan induk ini meliputi kekayaan material organik, tipe material organik, serta kematangan termal dari batuan induk (Peters dan Cassa, 1994). Informasi mengenai batuan induk juga dapat sangat berguna untuk menjelaskan suatu area secara geologi maupun stratigrafi dari suatu batuan induk dalam sistem minyak dan gas bumi. Lebih lanjut

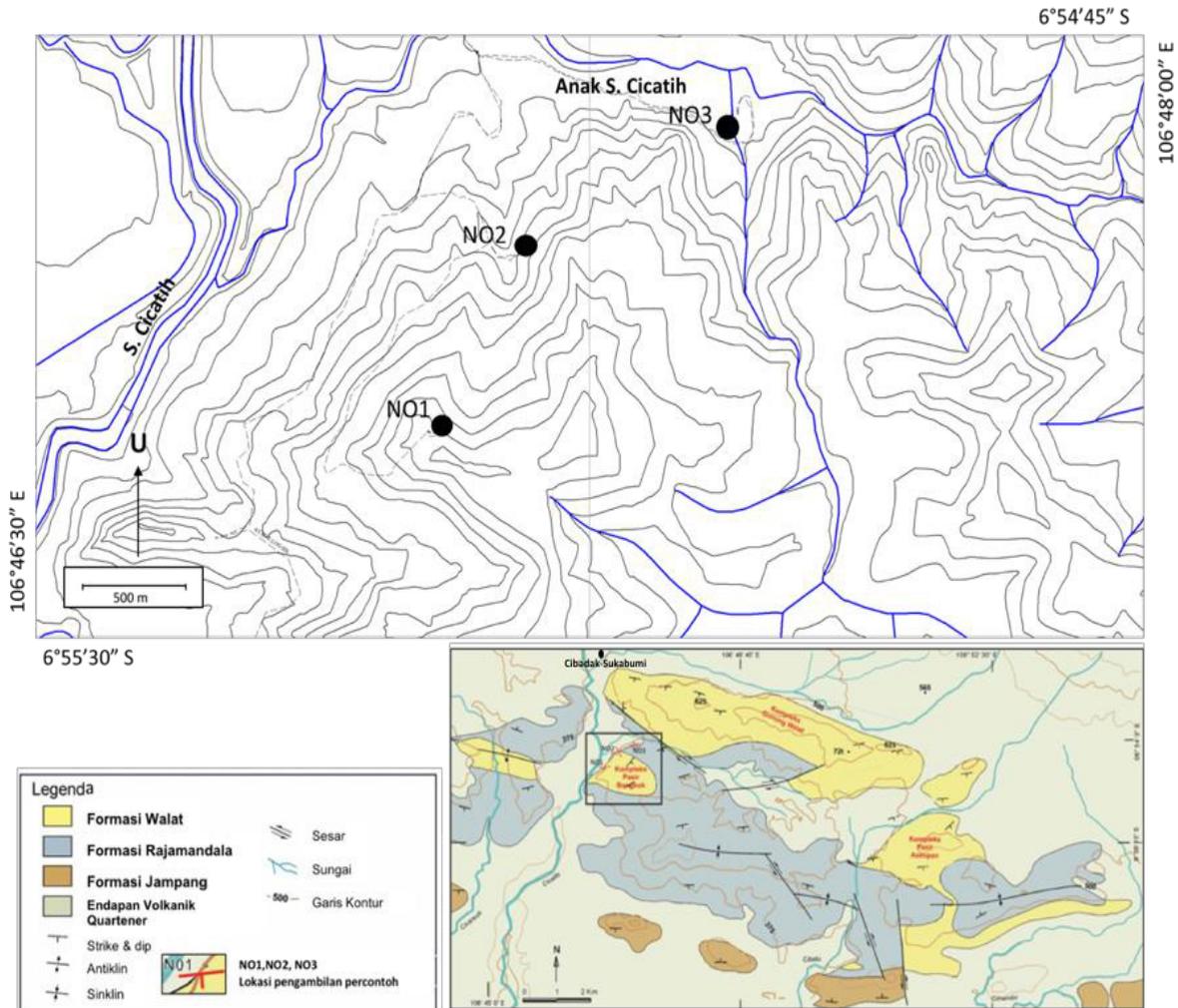
lagi, informasi mengenai batuan induk dapat digunakan untuk menentukan jumlah serta tipe hidrokarbon yang digenerasikan dari batuan induk tersebut (Peters dan Cassa, 1994). Studi mengenai batuan induk dalam proses eksplorasi menjadi suatu tahapan yang sangat penting terutama untuk mengurangi risiko eksplorasi. Suatu batuan induk yang telah matang dapat menggenerasikan dan menghasilkan hidrokarbon, tergantung dari material organik yang terawetkan di dalam batuan sedimen selama proses pengendapan.

Evaluasi batuan induk dibutuhkan untuk mengetahui dan memetakan bagian-bagian penting dari suatu sistem minyak dan gas bumi. Metode analisis yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi batuan induk adalah analisis *Total Organic Carbon* (TOC), *Rock-Eval Pyrolysis*, dan analisis reflektansi vitrinit (Dembicki, 2009).

GEOLOGI

Menurut Martodjojo (2003), singkapan Formasi Walat di daerah Sukabumi setara dengan Formasi Bayah berumur Oligosen. Effendi dan Hermanto (1986) memberikan nama Formasi Walat untuk singkapan di Gunung Walat (G. Walat) dan Pasir Bongkok. Singkapan terluas formasi ini terdapat di daerah selatan Sukabumi, tepatnya di kompleks G. Walat dengan ketebalan minimum satuan mencapai 700 m (Baumann *et al.*, 1973). Formasi ini juga tersingkap di daerah lain, yaitu di sebelah tenggara G. Walat yang dikenal sebagai Kompleks Pasir Asepun (Sunardi dan Adhiperdana, 2013).

Formasi Walat di daerah selatan Sukabumi ini umumnya terdiri dari perselingan antara batupasir, konglomerat, dan batulempung yang mengandung batubara. Batupasir umumnya konglomeratan atau konglomerat pasiran. Berdasarkan ciri litologi serta banyaknya sisipan batubara, lingkungan pengendapan formasi ini menunjukkan daratan yang berhubungan dengan sedimentasi di lingkungan sungai atau fluvial (Sunardi dan Adhiperdana, 2013).



Gambar 1. Lokasi penelitian pada singkapan Formasi Walat di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat (Kotak berwarna hitam). NO1, NO2, dan NO3 merupakan lokasi pengambilan percontoh untuk analisis geokimia pada daerah studi. Dimodifikasi dari Peta Geologi oleh Adhiperdana (2018)

Berdasarkan studi yang dilakukan Effendi dan Hermanto (1986), Formasi Walat terdiri dari batupasir kuarsa berlapis silang, konglomerat kuarsa, batulempung karbonatan, dan batubara lignit. Pada posisi yang lebih tinggi, tepatnya di daerah Cibadak, G. Walat, besar butir yang ditemukan lebih kasar dari daerah lain. Bagian selatan Jawa Barat merupakan area eksplorasi minyak dan gas bumi dengan data sumur eksplorasi yang minim, serta data prospek hidrokarbon yang belum teridentifikasi (Samuel dan Mujito, 1976). Beberapa sistem minyak dan gas bumi mungkin masih belum terungkap di area ini, dan diyakini berada di dalam sedimen yang terendapkan pada cekungan Paleogen transtensional, cekungan Neogene, atau

cekungan *intra-arc*. Di daerah ini diperkirakan terdapat pula subcekungan yang terbentuk dengan ketebalan sedimen yang bervariasi, dipisahkan oleh sesar, dan memiliki prospek hidrokarbon yang signifikan (Sunardi dan Adhiperdana, 2008).

Formasi batuan berumur Paleogen yang dianggap setara dengan Formasi Walat di Cekungan Jawabarut Utara khususnya pada Dalam Babadan adalah Formasi Jatibarang (Purnomo dkk., 2006). Unit stratigrafi Paleogen terdiri dari Formasi Jatibarang dan Talangakar. Formasi Jatibarang, berdasarkan karakteristik litologi, posisi seismik stratigrafi dan kontrol genesis dibagi menjadi 3 unit, yaitu JTB-02, JTB-01 dan Top JTB. Litologinya

terdiri dari batulempung hitam yang banyak mengandung material organik, beberapa lapisan batubara, batupasir, konglomerat dan vulkanik klastik (Purnomo dkk., 2006). Lingkungan pengendapan berdasarkan analisis palinologi adalah daratan, dengan umur yang dapat dikorelasikan dengan Zonasi Blow P14-P16 atau sekitar 43-37 juta tahun yang lalu (Eosen Tengah-Eosen Akhir). Formasi Jatibarang merupakan endapan lakustrin klastik dan vulkanik klastik. Pada formasi ini, batuan induk dicirikan oleh endapan klastik nonmarine berukuran kasar dan perselingan antara batupasir dengan serpih lakustrin. Batuan induk tipe ini menghasilkan minyak dan gas (Remington dan Pranyoto, 1985).

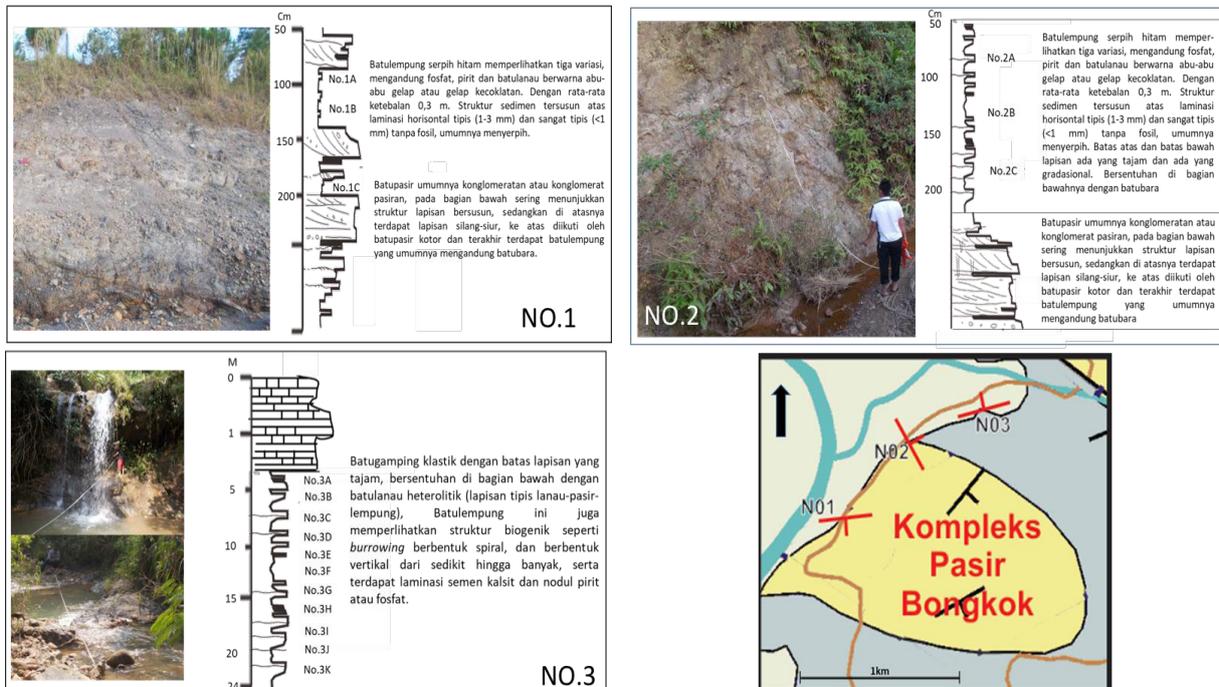
METODOLOGI

Percontoh diambil langsung dari lapangan yang diawali dengan pembuatan penampang stratigrafi terukur melalui batulempung menyerpih pada Formasi Walat yang tersingkap di area Pasir Bongkok, Sukabumi, Jawa Barat sesuai dengan Peta Geologi Lembar Bogor oleh Effendi dan Hermanto (1986) (Gambar 1). Pengambilan percontoh batuan dilakukan

di dua lokasi, yaitu singkapan yang berada pada kompleks Pasir Bongkok dan Anak sungai Cicatih (Gambar 1). Pengambilan percontoh dilakukan secara sistematis pada penampang stratigrafi yang telah dibuat secara detail sebelumnya. Pemilihan percontoh berdasarkan pengamatan secara visual, terutama pada batuan yang berbutir halus mengandung material organik yang diyakini sebagai batuan induk (Gambar 2). Posisi percontoh ditandai dan diberi kode, baik pada log litologi maupun pada kantong percontoh.

Seluruh percontoh yang telah dipilih kemudian dianalisis di Laboratorium Lemigas, Cipulir, Jakarta Selatan dengan metode TOC (*Total Organic Carbon*) dan *Rock-Eval Pyrolysis*. Data yang didapat dari kedua metode analisis ini kemudian diolah untuk menghasilkan karakteristik dari batuan induk yang diteliti.

Prosedur yang dilakukan oleh analisis di Laboratorium Lemigas beserta kondisi analisis dilakukan berdasarkan Peters (1986) dan Peters dan Cassa (1994). Data yang didapat dari hasil metode pirolisis dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Lokasi pengambilan percontoh pada singkapan batuan Formasi Walat di Kompleks Pasir Bongkok (NO1, dan NO2) dan di Anak sungai Cicatih (NO3) secara sistematis berdasarkan urutan batuan secara vertikal terhadap beberapa unit lapisan batuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pengamatan geologi di lapangan menunjukkan bahwa lokasi pemercontohan pada kedua lokasi (G. Walat, dengan kode NO1 dan NO2, dan Anak sungai Cicatih, dengan kode NO3) dapat disarikan berikut ini.

Stratotipe Formasi Walat di Anak sungai Cicatih, dimulai dengan endapan lempung-pasir pantai yang tersingkap di tepi pantai, sekitar 200 - 250 m di sebelah timur muara Anak sungai Cicatih. Gosong pasir di daerah ini mempunyai kemiringan hampir tegak lurus dengan bagian atas menghadap ke selatan, sebagaimana terlihat dari terpotongnya busur lapisan silang-siur pada singkapan itu. Batas antara singkapan ini dengan singkapan lain dari Formasi Walat di Anak sungai Cicatih tertutup oleh endapan pantai.

Di Anak sungai Cicatih, Formasi Walat bagian bawah, umumnya terdiri dari pasir kuarsa, sedangkan bagian atasnya terdiri dari perselingan antara batupasir dan batulempung yang mengandung batubara. Penyelidikan detail Zielger (1918) menemukan sembilan (9) lapisan batubara dengan ketebalan maksimal *single seam* sebesar 110 cm. Pada penyelidikan ini ditemukan lebih dari 10 lapisan batubara, dengan ketebalan maksimum *single seam* sebesar 180 cm. Batupasirnya mempunyai ketebalan mulai dari 3 m sampai 12 m, dengan batas bawah tegas, sedangkan bagian atas berubah berangsur ke lapisan batulempung yang mengandung bitumen (*bituminous shale*). Struktur silang-siur sering terdapat di bagian bawahnya yang kadang-kadang konglomeratan. Ciri tubuh batupasir seperti ini sangat khas untuk endapan fluviatil yang berkelok-kelok.

Di lokasi G. Walat, Formasi Walat memperlihatkan perselingan antara batupasir konglomeratan yang berstruktur silang-siur dengan batulempung yang mengandung batubara. Ketebalan batulempung yang mengandung batubara pada lokasi ini mencapai 1 meter. Endapan batupasir konglomeratan di daerah ini

terdiri dari empat (4) kompleks singkapan. Singkapan terbesar terdapat di G. Walat, yang memanjang dengan arah barat-timur sejajar dengan jalan Sukabumi-Cibadak sepanjang 9 km. Singkapan lain yang agak terpisah berada di sebelah tenggara G. Walat yang juga dikenal sebagai Kompleks Pasir Aseupan (Gambar 1). Selain itu terdapat pula singkapan di daerah yang dikenal dengan nama Kompleks Pasir Bongkok yang berada di selatan G. Walat. Pasir Bongkok dan G. Walat dipisahkan oleh lembah sinklin yang tersesarkan (Gambar 1). Daerah lain yang penting adalah di sebelah barat Pasir Bongkok, yaitu di S. Cicareuh.

Dari penelitian lapangan di daerah Sukabumi, singkapan pada S. Cicareuh merupakan anggota batuan Formasi Walat yang secara stratigrafi berada di urutan paling bawah dengan ketebalan singkapan sekitar 590 m. Pada bagian terbawah singkapan terdapat perlapisan batupasir dan batulempung karbonan tipis setebal 112 m bersama dengan sisipan napal berwarna abu-abu muda. Seluruh singkapan Batupasir, umumnya mempunyai ciri berbatas bawah tegas dan bagian atas relatif berangsur. Pada bagian tengah singkapan, batuanannya lebih bersifat konglomeratan, yang menunjukkan pola seperti pada endapan sungai teranyam (Adhiperdana, 2018; Martodjojo, 1984). Pada bagian paling atas, singkapan batuan menunjukkan perselingan batulempung berwarna coklat, abu-abu dan batupasir.

Di daerah Pasir Bongkok (Gambar 1) terdapat singkapan batupasir yang berciri litologi seperti bagian tengah dan atas dari singkapan di S. Cicareuh. Singkapan paling bawah berupa batupasir dengan tebal lapisan 5 m, berlapis silang-siur cekung, di bagian atas terdapat fragmen batubara kemudian di atasnya ditutupi batupasir konglomeratan (6 m) dan batupasir berlapis tebal (± 1 m). Arah umum jurus perlapisan batuan N190°E, pada beberapa tempat terdapat bioturbasi vertikal.

Bagian teratas dari singkapan batuan di daerah Pasir Bongkok terdiri dari perse-

lingan batupasir dan batulempung coklat dengan sisipan batubara atau lempung bitumen. Tebal keseluruhan penampang di Pasir Bongkok adalah 110 m.

Singkapan terluas terdapat di G. Walat. Di daerah ini, umumnya terdiri dari perselingan antara batupasir-konglomerat dan batulempung yang mengandung batubara. Batupasir umumnya konglomeratan atau konglomerat pasiran, pada bagian bawah sering menunjukkan struktur lapisan bersusun, sedangkan di bagian atas terdapat lapisan silang-siur, kemudian diikuti oleh batupasir kotor dan terakhir terdapat batulempung yang umumnya mengandung batubara. Batupasir memiliki ketebalan 4 sampai 7 m, sedangkan sisipan batubara umumnya 10 cm sampai 100 cm.

Berdasarkan ciri litologi, terutama struktur sedimen, komposisi butir, dan banyaknya sisipan batubara, maka lingkungan pengendapan dari Formasi Walat adalah lingkungan darat (Cant, 1982; Coleman dan Prior, 1982). Bagian bawahnya, menunjukkan pengendapan fluvial dengan tipe sungai teranyam dan berakhir sampai kelokan sungai dan/ atau delta.

Dari pengukuran pengarah butir kerakal dan arah lapisan silang-siur, dapat ditentukan arah arus dan asal-usul batuan yang kemungkinan berasal dari utara-timur laut daerah penelitian. Penyelidikan mineral berat dapat menyimpulkan bahwa batupasir konglomeratan Formasi Walat berasal dari batuan beku granitan dan malihan (Clements dan Hall, 2007; Martodjojo, 1984).

Batulempung menyerpih berwarna hitam dan batulanau berwarna abu-abu gelap atau gelap kecoklatan. Ketebalannya berkisar antara 0,2-6 m, dengan rata-rata ketebalan 0,3 m. Struktur sedimen tersusun atas laminasi horisontal tipis (1-3 mm) dan sangat tipis (<1 mm) tanpa fosil, umumnya menyerpih. Batas atas dan batas bawah lapisan menunjukkan batas tajam dan gradasional. Batas bagian bawah berupa batubara, batugamping *mudstone* dan batulanau heterolitik (lapisan tipis lanau-pasir-lempung), sedangkan batas bagian atas berupa batulempung kelabu atau batugamping *mudstone*. Batulempung ini juga memperlihatkan struktur biogenik seperti *burrowing* berbentuk spiral, dan berbentuk vertikal dengan jumlah sedikit hingga banyak Cangkang fosil yang terkandung umumnya berupa pecahan cangkang (disartikulasi), serta terdapat laminasi semen kalsit dan nodul pirit atau fosfat.

Batulempung hitam memperlihatkan struktur yang menunjukkan bahwa litologi ini diendapkan di bawah pengaruh sedimen suspensi dengan energi yang rendah dalam kondisi *anoxic* dari lingkungan laut lepas (Bouma *et al.*, 1982; Cant, 1982).

Studi geokimia organik telah dilakukan untuk menganalisis 17 percontohan dari dua (2) lokasi yang berbeda untuk singkapan Formasi Walat. Studi ini melibatkan pengujian TOC dan *Rock Eval Pyrolysis* dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis TOC dan *Rock Eval Pyrolysis* untuk percontohan batulempung Formasi Walat yang diambil dari tiga (3) lokasi berbeda di Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat)

Data TOC dan Pirolisis										
No.	Kode Percontohan	TOC (%)	S1	S2	S3	T _{maks}	PY	PI	HI	OI
			mg HC/ g contoh batuan							
1	NO1.A	2,41	0,12	1,67	0,35	440	1,79	0,07	69	15
2	NO1.B	1,91	0,08	1,18	0,39	443	1,26	0,06	62	20
3	NO1.C	3,66	0,14	3,93	0,05	439	4,07	0,03	107	1
4	NO2.A	0,50	0,06	0,24	0,09	458	0,30	0,20	48	18

Data TOC dan Pirolisis										
No.	Kode Percontoh	TOC (%)	S1	S2	S3	T _{maks}	PY	PI	HI	OI
			mg HC/ g contoh batuan							
5	NO2.B	0,67	0,09	0,53	0,07	446	0,62	0,15	79	10
6	NO2.C	0,99	0,07	0,58	0,17	446	0,65	0,11	59	17
7	NO3.A	0,71	0,08	0,40	0,09	451	0,48	0,17	56	13
8	NO3.B	0,74	0,08	0,52	0,05	444	0,60	0,13	70	7
9	NO3.C	0,82	0,08	0,60	0,05	447	0,68	0,12	73	6
10	NO3.D	0,87	0,08	0,58	0,32	445	0,66	0,12	67	37
11	NO3.E	0,97	0,08	0,62	0,10	446	0,70	0,11	64	10
12	NO3.F	0,52	0,07	0,28	0,25	453	0,35	0,20	54	48
13	NO3.G	0,47	0,07	0,26	0,16	447	0,33	0,21	55	34
14	NO3.H	0,54	0,06	0,27	0,41	448	0,33	0,18	50	76
15	NO3.I	0,68	0,08	0,40	0,31	444	0,48	0,17	59	46
16	NO3.J	0,72	0,07	0,45	0,26	439	0,52	0,13	63	36
17	NO3.K	0,91	0,08	0,52	0,28	443	0,60	0,13	57	31

Keterangan:

- S1 : Jumlah Hidrokarbon bebas
- S2 : Jumlah hidrokarbon yang dilepaskan kerogen
- S3 : Karbondioksida organik
- TOC : Total Organic Carbon
- PY : *Pyolysis Yield*, Jumlah total hidrokarbon = (S1 + S2)
- PI : *Production Index*, Indeks Produksi = (S1/ (S1+S2))
- T_{maks} : Suhu maksimum (°C) pada puncak S2
- HI : *Hydrogen Index*, Indeks Hidrogen = (S2/TOC) x 100
- OI : *Oxygen Index*, Indeks Oksigen = (S3/TOC) x 100

Hasil *Rock Eval Pyrolysis* untuk percontoh yang berasal dari lokasi pertama, yaitu kompleks Pasir Bongkok (kode NO1 dan NO2) menunjukkan nilai Tmaks dengan kisaran 439-446°C. Berdasarkan kategori yang diajukan oleh (Waples, 1985), percontoh batuan induk yang terdapat di daerah ini termasuk ke dalam kategori matang. Sementara itu, nilai PI yang ditunjukkan oleh percontoh yang diambil di lokasi tersebut diatas berada pada kisaran 0,03-0,20. Selain itu, terdapat 3 percontoh yang memiliki nilai PI di bawah 0,1, yaitu percontoh dengan kode NO1-A, NO1-B, NO1-C, dengan nilai PI masing-masing 0,07, 0,06, dan 0,03. Percontoh yang diambil di lokasi ke-2 (kode NO3) yang berjumlah 11 buah memiliki nilai Tmaks yang berada pada kisaran 439-453°. Nilai Tmaks yang berada pada kisaran tersebut juga termasuk ke dalam kategori matang (Waples, 1985).

Berdasarkan nilai PI yang didapat dari hasil *Rock Eval Pyrolysis*, kesebelas percontoh yang dianalisis ini memiliki nilai PI yang berada pada kisaran 0,11-0,21. Nilai PI yang ditunjukkan oleh percontoh yang terdapat di daerah tersebut mengindikasikan sudah tercapainya tingkat kematangan dari material organik yang terkandung di dalam percontoh tersebut.

Material organik dapat diklasifikasikan berdasarkan tipe kerogennya. Tissot dan Welte (1985) mengklasifikasikan kerogen ke dalam 3 tipe, yaitu tipe I, II, dan III. Sementara itu (Demaison *et al.*, 1983) menambahkan 1 jenis kerogen, yaitu tipe IV ke dalam klasifikasi ini. Dalam mengklasifikasikan tipe kerogen, digunakan modifikasi dari diagram van Krevellen yang pertama kali digunakan oleh Tissot dan Welte (1985).

Berdasarkan hasil pengeplotan pada modifikasi diagram van Kravelen, hampir semua percontoh yang dianalisis berada pada posisi kerogen tipe III, dan merupakan kerogen yang menghasilkan hidrokarbon jenis gas.

Pembahasan

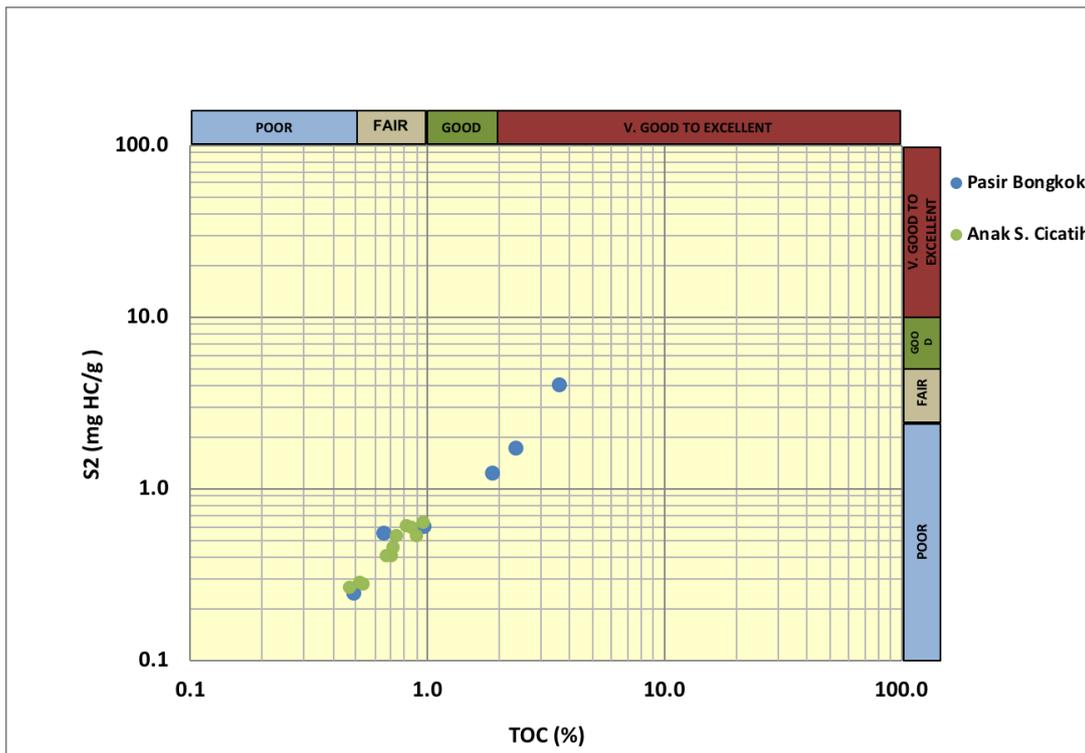
Suatu batuan induk dikatakan memiliki potensi untuk menghasilkan hidrokarbon, apabila memiliki kandungan material organik tinggi yang ditunjukkan dengan nilai TOC, dan nilai potensial dalam menghasilkan hidrokarbon yang dapat dilihat dari hasil analisis metode *Rock Eval Pyrolysis* (nilai S1 dan S2) (Peters dan Cassa, 1994).

Nilai S1 dari suatu percontoh menunjukkan banyaknya hidrokarbon bebas yang terdapat dalam suatu percontoh batuan atau jumlah material organik yang terabsorpsi (bitumen) (Song *et al.*, 2015). Percontoh yang diambil dari Kompleks Pasir Bongkok memiliki nilai S1 yang berada pada kisaran 0,06 sampai 0,14 mg HC/g batuan dengan rata-rata nilai S1 0,09 mg HC/g batuan. Nilai ini menunjukkan bahwa hidrokarbon bebas yang terdapat di dalam percontoh (bitumen) relatif sedikit. Nilai S1 dari percontoh yang diambil di lokasi ke-2, yaitu di Anak sungai Cicitih, menunjukkan nilai yang berada pada kisaran 0,06-0,08

mg HC/g batuan dengan rata-rata 0,08 mg HC/g batuan. Nilai ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan nilai S1 dari percontoh yang berasal dari Kompleks Pasir Bongkok dan mengindikasikan rendahnya hidrokarbon bebas yang dilepaskan.

Selanjutnya, nilai S2 dari analisis *Rock Eval Pyrolysis* menurut Song *et al.*, (2015) menunjukkan jumlah hidrokarbon yang digenerasikan oleh proses pemecahan termal dari material organik yang tidak larut atau kerogen di dalam suatu batuan. Nilai S2 dari percontoh dari Kompleks Pasir Bongkok menunjukkan nilai bervariasi dengan kisaran 0,24-3,93 mg HC/g batuan, dan rata-rata S2 1,36 mg HC/ gram batuan. Nilai ini menunjukkan indikasi dari baiknya kualitas batuan induk dengan jumlah hidrokarbon cukup banyak yang berpotensi untuk digenerasikan. Sementara itu, percontoh yang berasal dari anak sungai Cicitih memiliki nilai S2 cenderung lebih rendah dengan rentang 0,27-0,62 mg HC/g batuan dari nilai rata-rata S2 0,45 mg HC/g batuan. Nilai ini menunjukkan kualitas batuan induk yang rendah dengan potensial generasi hidrokarbon yang juga rendah.

Potensi percontoh batuan yang dianalisis juga dapat diketahui dengan mengeplotkan nilai TOC dan S2 dari percontoh yang dianalisis (Gambar 3).



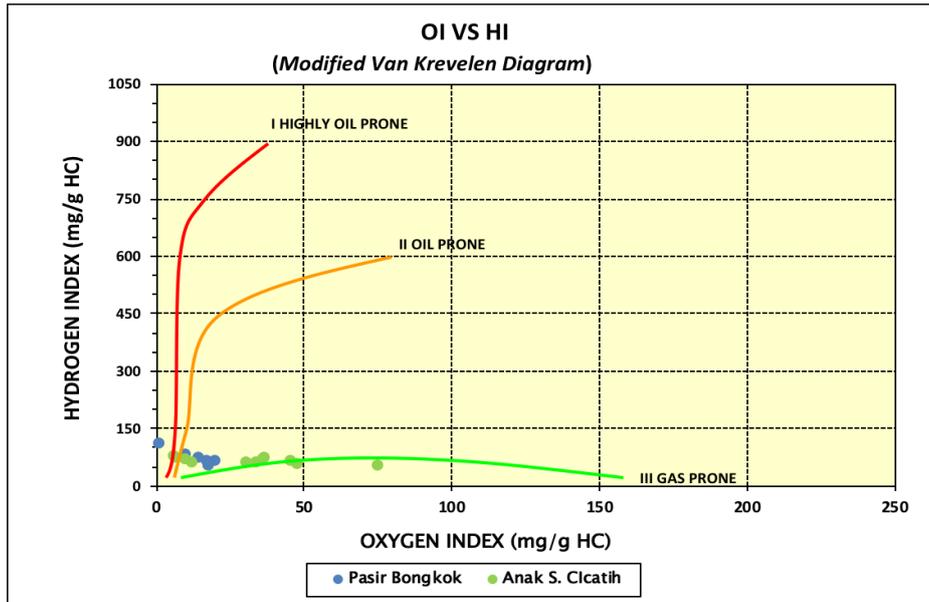
Gambar 3. Plot antara nilai S2 dan TOC dengan parameter kekayaan material organik untuk mengidentifikasi potensi percontoh dalam menghasilkan hidrokarbon, Peters dan Cassa (1994)

Berdasarkan plot antara nilai TOC dan S2, percontoh yang berasal dari Kompleks G. Walat dan Anak sungai Cicatih menunjukkan potensi batuan induk dari rendah sampai sedang. Sementara itu, terdapat tiga (3) percontoh yang menunjukkan kualitas batuan induk baik hingga sangat baik dari percontoh yang berasal dari Kompleks Pasir Bongkok, dengan potensial generasi hidrokarbon rendah hingga sedang (kode NO1-A, NO1-B, NO1-C).

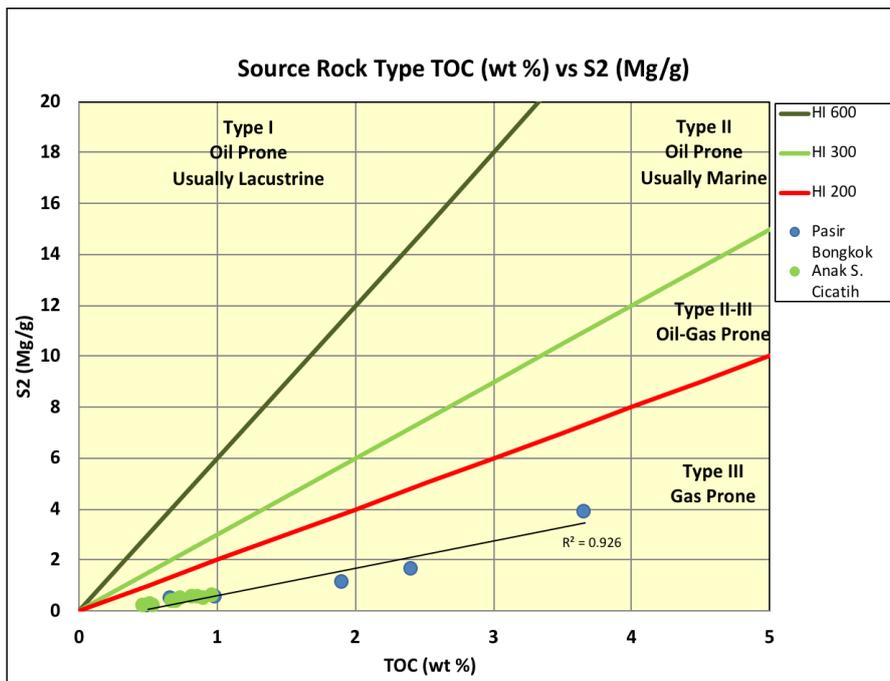
Potensi batuan induk juga dapat dideskripsikan dengan nilai Indeks Hidrogen atau *Hydrogen Index* (HI), yaitu nilai yang menunjukkan fraksi dari TOC yang digenerasikan sebagai hidrokarbon (Peters, 1986). Nilai HI percontoh dari Kompleks Pasir Bongkok memiliki nilai bervariasi antara 48-107 mg HC/TOC, dengan nilai HI rata-rata 71 mg HC/TOC. Sementara itu, percontoh yang diambil di lokasi anak sungai Cicatih memiliki nilai HI

berkisar antara 50-73 mg HC/TOC dengan rata-rata nilai HI 61 mg HC/TOC. Nilai-nilai yang ditunjukkan oleh keseluruhan percontoh yang dianalisis, mengarah pada tipe kerogen III yang menghasilkan hidrokarbon jenis gas (Peters dan Cassa, 1994).

Penggunaan diagram pseudo van Kravelen (Tissot dan Welte, 1985) menggunakan nilai HI dan OI sebagai pengganti nilai H/C dan O/C yang didapat dari analisis elemen kerogen. Pada diagram ini, percontoh yang belum mencapai tingkat matang akan berada jauh dari nilai 0, sementara semakin matangnya percontoh, maka nilainya akan semakin mendekati nilai 0 (Dembicki, 2009). Berdasarkan pengeplotan pada diagram pseudo van Kravelen (Gambar 4), semua percontoh berada pada posisi kerogen tipe III atau *gas prone* dengan posisi percontoh mendekati nilai 0 yang merupakan indikasi kematangan.



Gambar 4. Diagram pseudo van Krevelen untuk mendapatkan informasi mengenai tipe material organik dan jenis hidrokarbon yang dihasilkan



Gambar 5. Plot antara nilai TOC dan S2 untuk menunjukkan kesesuaian nilai HI hasil pengukuran dengan HI sebenarnya, Langford & Blanc-Valleron (1990)

Untuk mengetahui sifat material organik dalam suatu sedimen, grafik antara S₂ dan TOC dapat digunakan sebagai suatu alat analisis yang efektif (Langford dan Blanc-Valleron, 1990). Dalam proses analisis *Rock Eval*, seringkali didapati adanya efek mineral matriks yang kuat, sehingga nilai HI suatu percontoh dapat mengalami penurunan (Lüniger dan Schwark, 2002). Grafik ini menunjukkan nilai HI terkoreksi untuk memastikan

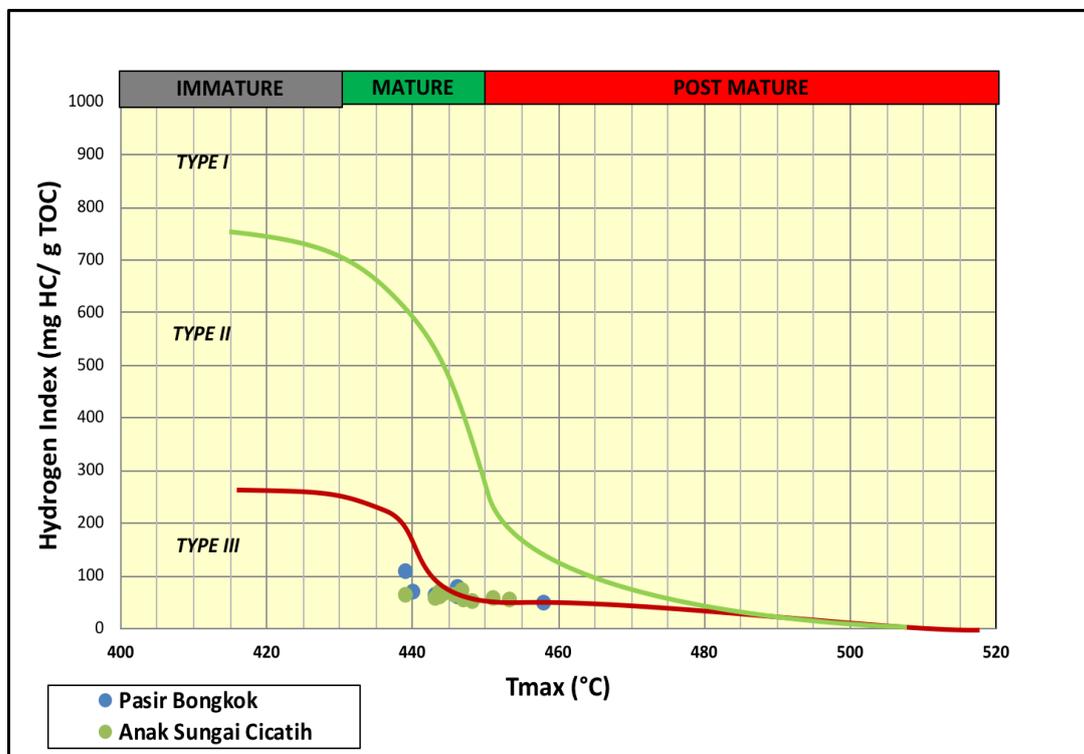
material organik dari percontoh batuan sedimen (Gambar 5).

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan kesesuaian nilai HI yang didapat dari hasil pengukuran oleh instrumen *Rock Eval Pyrolysis* dengan nilai HI terkoreksi yang didapat dari grafik. Hal ini menunjukkan kesesuaian antara hasil pengeplotan untuk mengetahui jenis material organik di dalam percontoh, dengan pengeplotan

pada diagram van Krevelen. Berdasarkan hasil kedua metode analisis tersebut, material organik dari percontoh merupakan kerogen tipe III, yang cenderung menghasilkan gas. Sumber utama material organik kerogen tipe III adalah tanaman tingkat tinggi yang dapat terendapkan di laut dangkal hingga laut dalam, atau dapat juga terendapkan pada bukan lingkungan laut (McCarthy *et al.*, 2011). Material organik dengan kerogen tipe III memiliki nilai HI yang lebih rendah dari kerogen tipe I maupun II, sehingga cenderung menghasilkan gas (gas prone) (McCarthy *et al.*, 2011).

Rentang kematangan yang ditunjukkan oleh nilai Temperatur maksimum (Tmaks) dapat bervariasi untuk tipe material organik yang berbeda (Tissot dan Welte, 1985). Variasi nilai Tmaks untuk kerogen tipe I berada pada rentang yang cukup pendek, sementara variasi nilai Tmaks untuk kerogen tipe II dan III mempunyai rentang lebih panjang, karena kompleksitas dari material organik yang meningkat (Hakimi dan Abdullah, 2013).

Waples (1985) menyatakan bahwa suatu batuan induk dapat dikatakan matang, apabila hasil analisis *Rock-Eval* menunjukkan nilai Tmaks >435°C atau nilai indeks produksi sebesar 0,1. Secara lebih lengkap, klasifikasi tingkat kematangan suatu percontoh dapat dilihat dari klasifikasi yang dilakukan oleh Espitalié *et al.* (1977). Percontoh yang belum matang memiliki nilai Tmaks <435°C, sementara Tmaks untuk percontoh yang berada pada posisi awal kematangan adalah 435-445°C, diikuti dengan puncak kematangan pada 445-450°C, kematangan akhir 450-470°C, dan terlampau matang pada >470°C (Espitalié, *et al.*, 1977). Untuk mengetahui tingkat kematangan percontoh, dilakukan juga analisis dengan mengplotkan nilai Tmaks terhadap nilai HI. Hasil pengeplotan ini dapat menunjukkan kualitas kerogen dan tingkat kematangan dari percontoh yang dianalisis (Gambar 6). Tingkat kematangan semua percontoh yang dianalisis berada pada tingkatan matang hingga matang akhir dengan kualitas kerogen tipe III yang menghasilkan gas.



Gambar 6. Plot antara nilai Tmaks dan HI untuk mengetahui tingkat kematangan termal dari percontoh yang dianalisis serta jenis material organik yang terkandung di dalamnya

KESIMPULAN

Hasil studi karakteristik batuan induk dari Formasi Walat menunjukkan kualitas yang sedang hingga baik dengan material organik yang bersumber dari tanaman tingkat tinggi (kerogen tipe III). Material organik yang terendapkan di Formasi Walat telah mencapai tingkatan matang dengan menggenerasikan hidrokarbon jenis gas. Formasi ini mempunyai kesamaan dengan Formasi Jatibarang berumur Paleogen, khususnya pada Dalam Babadan yang berfungsi sebagai batuan induk, sehingga secara stratigrafi setara dengan Formasi Walat di daerah penelitian. Dengan demikian, eksplorasi minyak dan gas bumi tersebut pada wilayah selatan Jawa Barat menjadi menarik, mengingat terdapatnya sumber batuan induk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Padjadjaran sebagai institusi yang menaungi penulis atas Hibah Internal Unpad yang diberikan dengan skema Riset Dosen Pemula Unpad (RDPU), sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Edy Sunardi atas bimbingan kepada penulis, Dr. Iyan Haryanto atas bantuan dalam melakukan penelitian lapangan, dan Dr. Billy G. Adhiperdana atas masukan terhadap manuskrip yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiperdana, B. G. (2018). *Sedimentological study of a fluvial succesion of the Eocene-Oligocene Bayah Formation, West Java: Reconstruction of paleohidrological features of an ancient fluvial system using empirical equations developed from modern fluvial systems in the Indonesian islands*. Chiba University, Japan. (Unpublished Doctoral Dissertation).
- Baumann, P., De Genevraye, P., Samuel, L., Mudjito, & Sajekti, S. (1973). Contribution to The Geological Knowledge of South West java. In *Indonesian Petroleum Association, Second Annual Convention* (pp. 105–108).
- Bouma, A. H., Berryhill, H. L., Khebel, H. J., & Brenner, R. L. (1982). Continental Shelf. In P. A. Schole & D. Spearing (Eds.), *Sandstone Depositional Environments: AAPG Memoir 31*.
- Cant, D. J. (1982). Fluvial Facies Models. In P. A. Schole & D. Spearing (Eds.), *Sandstone Depositional Environments, AAPG Memoir 31* (p. 410).
- Clements, B., & Hall, R. (2007). Cretaceous to Late Miocene stratigraphic and tectonic evolution of West Java. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association*, (May), 1–18.
- Coleman, J. M., & Prior, D. B. (1982). Deltaic Environments. In P. A. Schole & D. Spearing (Eds.), *Sandstone Depositional Environments: AAPG Memoir 31*.
- Darman, H., & Sidi, H. (2000). An Outline of the Geology of Indonesia. A *Special Publication of the Indonesian Association of Geologist (IAGI)*.
- Demaison, G., Holck, J. J., Jones, R. W., & Moore, G. T. (1983). PD 1(2) Predictive Sourcebed Stratigraphy: A Guide to Regional Petroleum Occurrence. In *11th World Petroleum Congress. World Petroleum Congress*.
- Dembicki, H. (2009). Three common source rock evaluation errors made by geologists during prospect or play appraisals. *AAPG Bulletin*, 93(3), 341–356. <https://doi.org/10.1306/10230808076>
- Effendi, A. C., & Hermanto, B. (1986). *Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa Barat, Skala 1: 100.000*. Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan, Bandung.
- Espitalié, J., Madec, M., Tissot, B. P., Mennig, J. J., & Leplat, P. (1977). Source rock characterization method for petroleum exploration. *Offshore Technology Conference, Houston*, 439–444. <https://doi.org/10.4043/2935-ms>

- Hakimi, M. H., & Abdullah, W. H. (2013). Organic geochemical characteristics and oil generating potential of the Upper Jurassic Safer shale sediments in the Marib-Shabowah Basin, western Yemen. *Organic Geochemistry*, 54, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2012.10.003>
- Langford, F. F., & Blanc-Valleron, M. M. (1990). Interpreting Rock-Eval Pyrolysis Data Using Graphs of Pyrolyzable Hydrocarbons vs. Total Organic carbon. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 74(6), 799–804.
- Lüniger, G., & Schwark, L. (2002). Characterisation of sedimentary organic matter by bulk and molecular geochemical proxies: An example from oligocene maar-type Lake Enspel, Germany. *Sedimentary Geology*, 148(1–2), 275–288. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(01\)00222-6](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(01)00222-6)
- Martodjojo, S. (2003). *Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat*. Bandung: ITB.
- Martodjojo, S. (1984). *Evolution of Bogor Basin, West Java*. Institut Teknologi Bandung.
- McCarthy, K., Rojas, K., Niemann, M., Palmowski, D., Peters, K., & Stankiewicz, A. (2011). Basic Petroleum Geochemistry for Source Rock Evaluation. *Oilfield Review*, 23(2), 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.01.027>
- Peters, K. E. (1986). Guidelines for Evaluating Petroleum Source Rock Using Programmed Pyrolysis. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 70(3), 318–329.
- Peters, K. E., & Cassa, M. R. (1994). Applied Source Rock Geochemistry. *AAPG Memoir 60*, (January 1994), 93–120.
- Purnomo, E., Ryacudu, R., Sunardi, E., & Koesoemadinata, R. P. (2006). Paleogene sedimentation of the jatibarang sub-basin and its implication for the deep play petroleum system of the Onshore Northwest Java Basin, Indonesia. In *Jakarta International Geosciences Conference and Exhibition Proceedings*.
- Remington, D. H., & Pranyoto, U. (1985). A hydrocarbon generation analysis in the N.W. Java basin using Lopatin's method. In *Indonesia Petroleum Association, Fourth Annual Convention Proceedings*.
- Samuel, & Mujito. (1976). *A Geological Guide Along the Road Between Cibadak Pelabuhanratu (Southwest Java)*.
- Song, J., Littke, R., Weniger, P., Ostertag-Henning, C., & Nelskamp, S. (2015). Shale oil potential and thermal maturity of the Lower Toarcian Posidonia Shale in NW Europe. *International Journal of Coal Geology*, 150–151, 127–153. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2015.08.011>
- Sunardi, E., & Adhiperdana, B. G. (2008). An Account for the Petroleum Prospectivity of the Southern Mountain of West Java: A Geological Frontier in the West? In *Indoesia Petroleum Association, 32nd Annual Convention Proceeding*.
- Sunardi, E., & Adhiperdana, B. G. (2013). Sedimentologi dan Paleohidrologi Sedimen Fluvial Oligosen Formasi Walat, Sukabumi-Jawa Barat. *Bionatura*, 15(1), 8–13.
- Tissot, B. P., & Welte, D. H. (1985). *Petroleum Formation and Occurrence*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. <https://doi.org/10.1029/EO066i037p00643>
- Waples, D. W. (1985). *Geochemistry in petroleum exploration*. D. Reidel Publishing Company. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-5436-6>
- Zielger, V. (1918). The Movements of oil and Gas through Rocks. *Economic Geology*, 13(5), 335–348.

Diterima	: 11 Januari 2018
Direvisi	: 23 Januari 2018
Disetujui	: 28 Mei 2018

**LIMBAH PENCUCIAN BAUKSIT
SEBAGAI SUMBER UNSUR TANAH JARANG POTENSIAL;
STUDI KASUS PULAU SELAYAR, PROVINSI KEPULAUAN RIAU**

***BAUXITE WASHING RESIDUE AS A POTENTIAL RARE EARTH ELEMENT SOURCE;
CASE STUDY SELAYAR ISLAND, RIAU ISLANDS PROVINCE***

Ronaldo Irzon

Pusat Survei Geologi
ronaldoirzon18@gmail.com

ABSTRAK

Bauksit dihasilkan dari proses pelapukan batuan kaya mineral alkali, telah mulai dieksploitasi di Pulau Selayar, wilayah Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau yang menjadi lokasi penelitian ini. Sumber daya aluminium di daerah ini tergolong ke dalam kelompok laterit-bauksit, karena terbentuk akibat proses pelapukan dan belum pernah ditemukan keterdapatan karst. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kadar dan karakter unsur tanah jarang pada beberapa jenis conto dari lokasi tambang bauksit di Sembuang, Pulau Selayar. Selain itu, juga bertujuan untuk mengetahui jenis mineral dan jenis bijih bauksit. Perangkat analisis pada studi ini adalah ICP-MS, XRF, dan XRD dari Laboratorium Geologi – Pusat Survei Geologi yang secara berturut-turut dimanfaatkan untuk mengetahui kelimpahan unsur tanah jarang, kadar oksida utama, dan jenis mineral lempung pada contoh. Gibsit terdeteksi sebagai mineral alumina utama dan menjadi petunjuk bahwa proses bauksitisasi berlangsung pada kondisi tropis. Walaupun batuan yang berada di *stockpile* dapat dikategorikan sebagai bauksit, namun belum memiliki kadar alumina ekonomis. Meski terindikasi lebih tinggi dari pada lima conto lainnya, kadar UTJ pada bauksit hasil pencucian berada dalam tingkat menengah. Namun, karakteristik konsentrasi Cerium (Ce) yang tinggi, sebagai bahan buangan di atas permukaan, dengan tekstur yang lunak, dan luas bidang permukaan yang besar dapat dijadikan pijakan bahwa sisa pencucian layak diproses dalam pemurnian unsur Cerium menjadi material ekonomis. Berdasarkan data anomali positif unsur Ce, hampir seluruh conto telah mengalami proses oksidasi. Komposisi plagioklas terhadap mineral lain pada conto bauksit di *stockpile*, sangat mungkin telah menurun akibat proses pencucian dan penyaringan berdasarkan pada anomali negatif unsur Europium (Eu), sedangkan conto lain justru menunjukkan anomali positif.

Kata kunci: bauksit, sisa pencucian, sumber Cerium, UTJ

ABSTRACT

Bauxite resulted by weathering process of alkaline-rich rocks, are exploited in Selayar Island, Lingga District, Riau Islands Province, where the study area is located. The aluminum resource in the studied area is classified as laterite-bauxite group due to its formation as a result of the weathering process and no karst is identified in the Island. This study aims to compare REE composition and characters in the samples from bauxite mine in Sembuang, Selayar Island. The observation is broadened on determining the type of mineral and bauxite ore. ICP-MS, XRF, and XRD in Geological Laboratory – Geological Survey Center was used to measure the REE abundances, major oxides content, and type of clay mineral, respectively. Gibbsite is the major aluminous minerals and suggests that bauxitization took place in tropical condition. Although the rock in the stockpile is categorized as bauxite, the aluminium level is below economic value. Although indicated to be highest than the other five samples, REE abundance in the washed bauxite is categorized as medium level. However,

based on its high Cerium concentration, considered as waste materials on the surface, soft texture, and large surface area concluded that the washing residue is suitable to be processed in Cerium purification into an economical material. Most of the studied samples were undergone oxidation condition based on Ce positive anomaly. The plagioclase composition to other minerals in the bauxite sample at the stockpile is likely to have decreased as a result of the washing and filtering process based on the negative Eu anomaly in the sample whilst others have positive Eu anomalies.

Keywords: bauxite, washing residue, REE, Cerium source

PENDAHULUAN

Alterasi dan pelapukan batuan induk yang kaya mineral alumina, diperkirakan sebagai penyebab terbentuknya deposit bauksit (Mamengko 2013; Abedini dan Calagary, 2014). Pada sisi lain, pelapukan lebih disebabkan oleh interaksi batuan terhadap lingkungan permukaan terutama panas matahari dan air meteorik. Secara umum, mineral yang kaya Al dan Fe ini terbagi dalam tiga kelompok: tipe laterit, tipe karst, dan tipe Tikhvin (Karadag dkk., 2009; Wang dkk., 2010; Esmaily dkk., 2010; Abedini dan Calagary, 2014; Borra dkk., 2016). Proses pelapukan *in situ* pada batuan alumina-silikat menghasilkan endapan bauksit tipe laterit dan lebih sering ditemukan dari hasil pelapukan granit, rhyolit, dan karbonatit (Cocker., 2012).

Deposit tipe karst terjadi pada permukaan batuan karbonat, khususnya batugamping dan dolomit, sedangkan tipe Tikhvin terbentuk pada permukaan batuan alumina-silikat yang telah tererosi dan merupakan produk erosi dari endapan bauksit jenis laterit. Lebih jauh, tipe karst dibedakan berdasarkan komposisi mineral dan mode tipe pembentukannya menjadi beberapa sub tipe, yaitu: tipe Kazachstonian, Timan, Ariège, Tula, dan Mediterranean (Deady dkk., 2014). Berdasarkan lokasi geografis, Abedini dan Calagary (2014) membaginya menjadi tujuh sabuk bauksit, yaitu: Pantai Mediterania, Cekungan Karibia, Ural-Siberia-Asia Tengah, Asia Timur, Iran-Himalaya, Pasifik Tenggara, dan Amerika Utara.

Gibsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), bohmit ($\text{c-AlO}(\text{OH})$), dan diaspor ($\text{a-AlO}(\text{OH})$) merupakan mineral utama pada bijih bauksit selain mineral minor seperti: hematit (Fe_2O_3), goetit ($\text{FeO}(\text{OH})$), kuarsa (SiO_2), rutil (TiO_2), dan kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) (Borra dkk., 2016). Penelitian bauksit terdahulu lebih terfokus pada kandungan Al dan Fe saja, kini diperluas dengan melibatkan unsur tanah jarang (UTJ). Kelimpahan UTJ dapat dimanfaatkan untuk memahami pola, mobilitas unsur saat pelapukan, dan keadaan lingkungan maupun pembentukan bauksit (Mordberg dkk., 2000; Karadag dkk., 2009; Wang dkk., 2010; Abedini dan Calagary, 2014; Ellahi dkk., 2016; Kalatha dkk., 2017). Deposit tipe karst disimpulkan mengandung UTJ lebih besar daripada tipe laterit (Borra dkk. 2016). Bijih bauksit diolah melalui proses Bayer dengan prinsip pemisahan orde bauksit dan pengotornya, setelah pelarutan dengan sodium hidroksida.

Pembahasan terkait UTJ menjadi topik yang semakin menarik dengan ditemukannya fakta kelimpahan yang cukup besar pada limbah pengolahan bijih bauksit (Wagh dan Pinnock, 1987; Cocker, 2012; Deady dkk., 2014; Borra dkk., 2016). Kandungan UTJ pada limbah bauksit hasil proses pemurnian lebih unggul dari pada deposit primer karena: lebih mudah dan murah untuk diekstrak, berada dekat permukaan, dan bertekstur lunak sehingga mudah dipisahkan (Cocker, 2012).

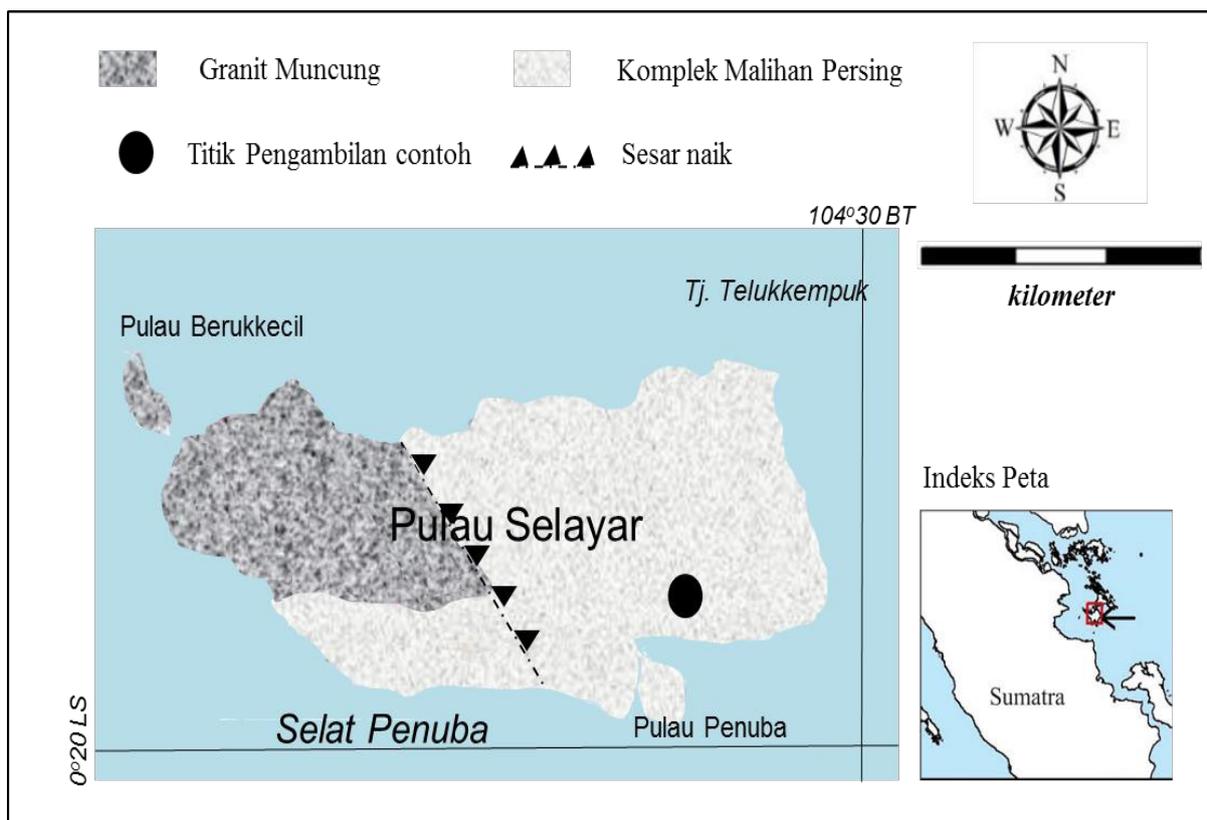
Pulau Selayar merupakan satu kecamatan di wilayah Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau dengan keterdapatannya bauksit yang diakibatkan oleh pelapukan batuan kaya mineral alkali (Mamengko,

2013). Beberapa penelitian telah dilaksanakan di Pulau Selayar (Irzon, 2015; Irzon dkk., 2016) namun karakter UTJ pada daerah mineralisasi bauksit belum pernah dibahas. Lokasi penelitian terletak di area penambangan bauksit Sembuang, di pantai selatan Pulau Selayar. Identifikasi perbandingan kandungan UTJ pada beberapa jenis conto pada wilayah tambang bauksit, termasuk bahan sisa pencucian, merupakan tujuan utama studi, dan diperluas terhadap kimia dan jenis mineral yang terdapat pada bauksit.

GEOLOGI

Pulau Selayar tersusun oleh Kompleks Malihan Persing dan Granit Muncung. Kompleks Malihan Persing terdiri dari perselingan batusabak dengan urat-urat

kuarsa berumur Perm. Satuan batuan malihan tersebut kemudian diintrusi oleh Granit Muncung yang terdiri dari granit dan granodiorit pada masa Trias. Kedua unit batuan juga terdapat di dua pulau besar lain, yakni: Pulau Lingga dan Pulau Singkep. Lebih jauh, Granit Muncung kemudian dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan karakter geokimia dan data mikroskopis, yaitu: a) fasies yang berada di baratdaya Pulau Lingga dan di barat Pulau Selayar; dan b) fasies yang terletak di Pulau Singkep (Irzon, 2015). Pulau Selayar juga dibelah oleh sesar naik berarah baratlaut - tenggara yang terbentang dari Kota Dabo di Pulau Singkep hingga ke pantai utara Pulau Selayar (Sutisna dkk., 1994; Mustafa dan Usman, 2013). Geologi lokal Pulau Selayar ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Geologi Pulau Selayar yang hanya terdiri dari Granit Muncung dan Kompleks Malihan Persing. Lokasi Penelitian berada di bagian selatan Pulau Selayar (Sumber: Sutisna dkk., 1994)

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penambangan bauksit Sembuang, di Pulau Selayar, Provinsi Kepulauan Riau, dipilih untuk mempelajari kadar unsur tanah jarang beberapa jenis conto. Conto pertama (TRS 70 A) diambil dari lapisan tanah berupa lempung halus yang mayoritas berwarna coklat kekuningan dengan sedikit fragmen batuan besi coklat kemerahan dan pasir halus. Satu singkapan dengan ketinggian sekitar 3 meter dapat dijumpai pada lokasi tambang ini. Batuan induk dari singkapan ini tidak tersingkap, namun lokasi singkapan berada pada domain Kompleks Malihan Persing. Lapisan tanah paling atas pada singkapan tersebut sukar untuk dicapai sehingga tidak diambil sebagai conto. Pada singkapan tersebut terdapat rekahan-rekahan yang nampaknya telah terisi oleh larutan hidrotermal berwarna gelap. Bagian yang telah terisi oleh larutan sekunder tersebut diambil sebagai conto TRS 70 B, berikut bagian lempungan di sekitarnya yang berwarna coklat kemerahan (TRS 70 C). Batuan yang tumbuh laksana kumpulan anggur dapat dijumpai pada jarak kira-kira 1 m dari permukaan (TRS 70 D) (Gambar 2a), sebagai indikasi pembentukan bauksit. Sekitar 100 m dari singkapan tersebut dapat dijumpai *stockpile* bauksit yang telah dicuci dan diambil juga sebagai conto (TRS 70 E). Kurang dari 50 meter tumpukan *stockpile* bauksit ditemukan kolam pencucian bauksit (Gambar 2b) dengan lumpur merah kecoklatan yang dianggap sebagai sisa pencucian bauksit (TRS 70 F). Sketsa sederhana pada lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 3.

Seluruh conto dibawa ke Laboratorium Geologi – Pusat Survei Geologi untuk dipreparasi dan dianalisis. Conto TRS 70 B diperiksa dengan metode XRD (*X-Ray Diffraction*). Karena penelitian ini menitik-beratkan pada kandungan UTJ, seluruh conto dianalisis dengan *Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry* (ICP-MS) X-type dari Thermo Elemental. Conto berupa batuan berbentuk kumpulan anggur yang dianggap sebagai hasil pembentukan bauksit (TRS 70 D) diperiksa

kadar oksida utamanya untuk diperbandingkan dengan conto bauksit di *stockpile* (TRS 70 E) menggunakan *X-ray Fluorescence* (XRF). Karena conto bukan merupakan batuan beku segar, maka conto tidak perlu dicuci terlebih dahulu sebelum dikeringkan di bawah terik matahari (Irzon, 2017). Conto kemudian digerus dan ditumbuk untuk mendapatkan ukuran dengan besar butir setidaknya 200 *mesh* sebelum preparasi kimia. Prosedur preparasi hingga pengujian kimia XRF dan ICP-MS mengadaptasi penelitian sebelumnya (Takahashi, 2015; Irzon, 2015; Irzon dkk., 2016; Irzon, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

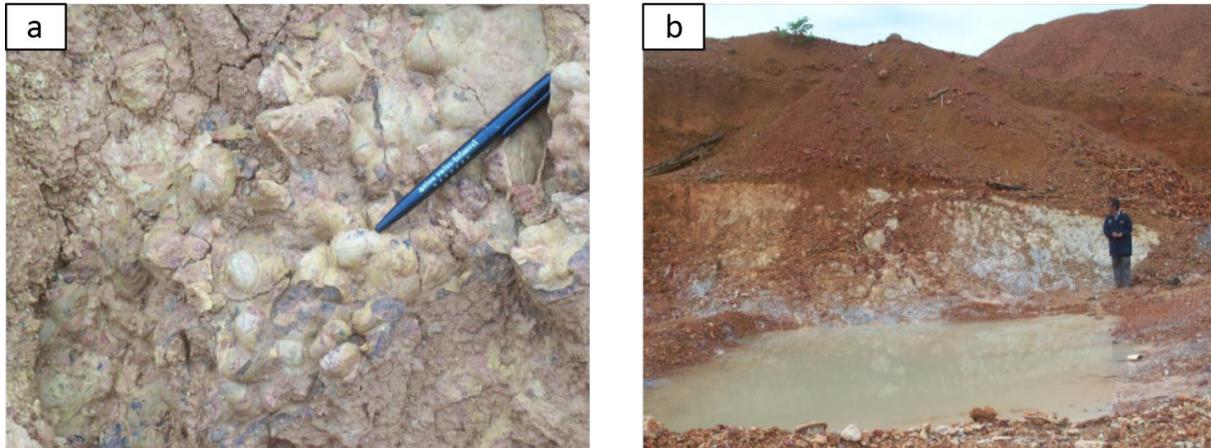
HASIL ANALISIS

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui jenis mineral lempungan yang terdapat pada conto. Empat conto berkarakter lempungan. Karena analisis XRD hanya bertujuan untuk mengetahui keterdapat mineral lempung yang terkait dengan alumina, maka hanya TRS 70 B yang dipilih untuk analisis XRD. Gibsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) sebagai mineral lempungan utama pada TRS 70 B dikonfirmasi melalui analisis. Conto tersebut juga terdiri dari sejumlah minor kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) dan goethit ($\text{FeO}(\text{OH})$) sehingga dapat dijadikan dasar pengayaan alumina. Indikasi gibsit sebagai mineral utama sesuai dengan lingkungan pembentukan bauksit pada daerah tropis (Esmaeily dkk., 2010). Hasil analisis XRD ditampilkan pada Gambar 4.

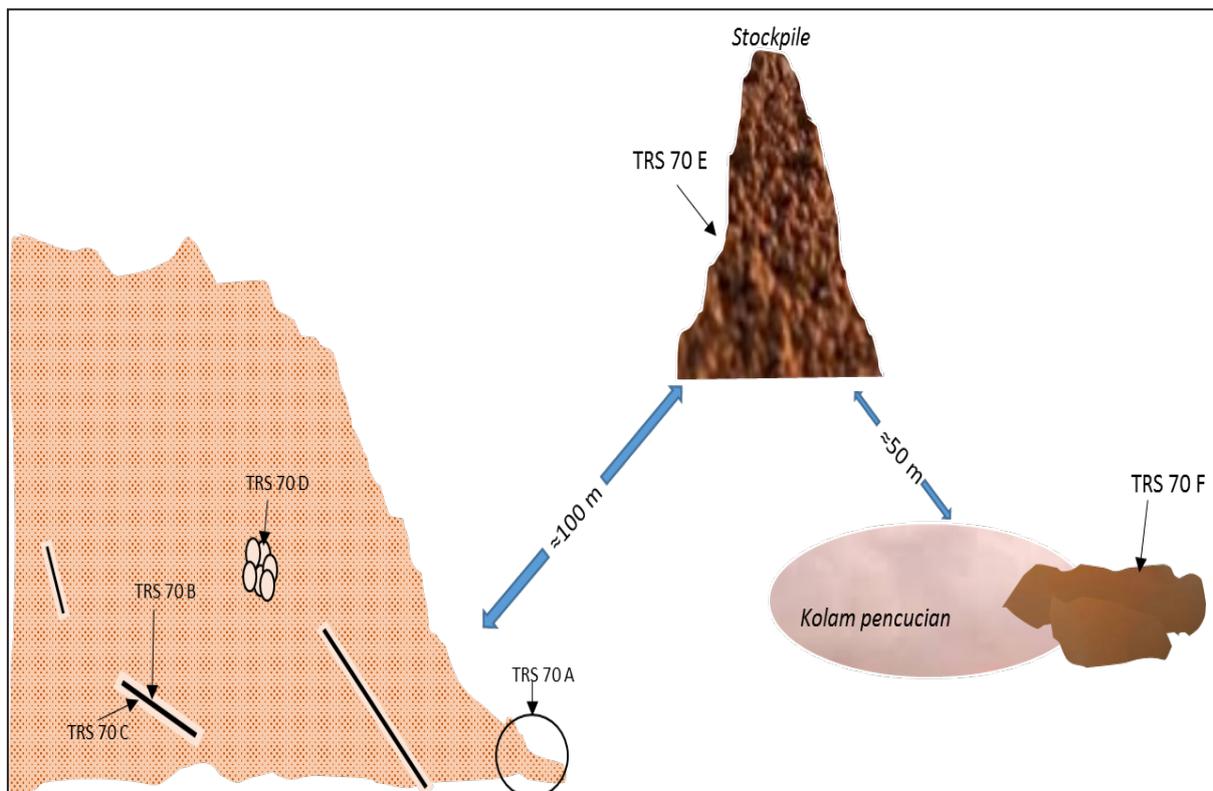
Pengukuran geokimia XRF pada studi ini dilaksanakan untuk mengetahui perubahan kadar oksida utama dari batuan yang mulai mengalami proses bauksitisasi terhadap hasil pencucian. Seluruh conto yang diambil (6 conto) dari Sembuang diperiksa kelimpahan beberapa unsur jarang dan unsur tanah jarang dengan menggunakan ICP-MS. Cerium merupakan UTJ dengan kelimpahan tertinggi pada seluruh conto dengan kisaran 2,95 ppm – 64,13 ppm dan rata-rata 23,72 ppm. Lantanum terdeteksi pada UTJ dengan kelimpahan terbanyak berikutnya, namun

tidak pada dua contoh yang terkait dengan alterasi hidrotermal (TRS 70 B dan TRS 70 C). Kandungan unsur radioaktif, yaitu uranium dan thorium berada pada tingkat rendah sampai sedang dengan

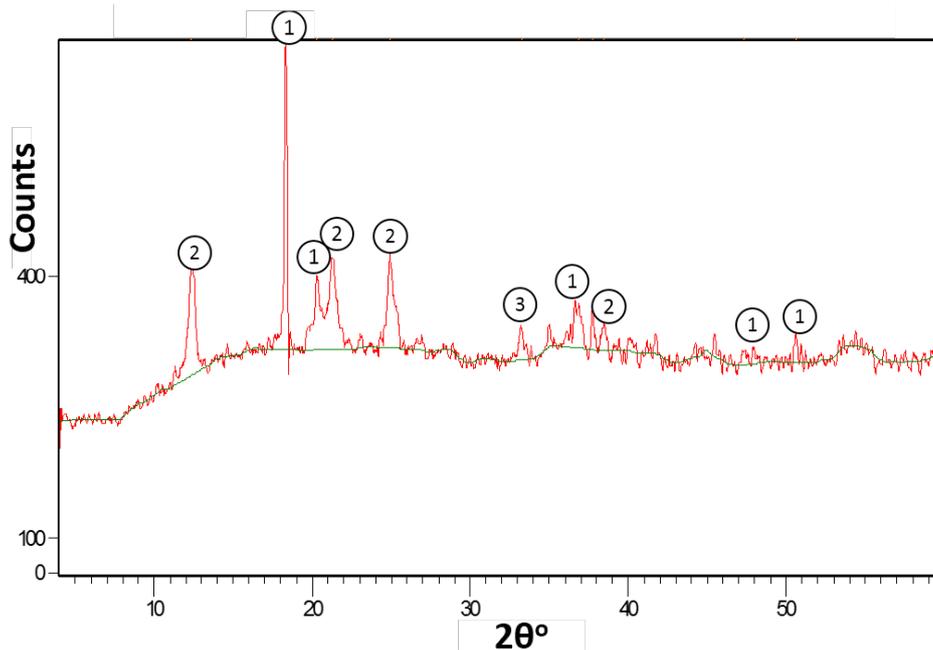
kelimpahan masing-masing 0,9 ppm s.d. 5,55 ppm dan 1,21 ppm s.d. 17,44 ppm. Hasil analisis XRF dan ICP-MS ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Kondisi lapangan pada lokasi studi:
 a) batuan yang berbentuk kumpulan seperti anggur; dan
 b) kolam pada titik pencucian bauksit.



Gambar 3. Sketsa sederhana lokasi setiap contoh saat pekerjaan lapangan (tanpa skala)



Gambar 4. Hasil analisis XRD dari TRS 70 B.

Gibsit terdeteksi sebagai mineral lempung utama yang membuktikan bahwa conto telah mengalami pengayaan Alumina dan terbentuk pada wilayah tropis.

Keterangan: 1 = Gibsit, 2 = kaolinit, 3 = goetit

Tabel 1. Hasil analisis geokimia XRF dan ICP-MS pada conto dari wilayah penambangan bauksit di Pulau Selayar. LOI = *Lost on Ignition*.

Conto	TRS 70 A	TRS 70 B	TRS 70 C	TRS 70 D	TRS 70 E	TRS 70 F
Oksida Utama (%)						
SiO ₂				76,57		14,8
TiO ₂				0,485		2,5
Al ₂ O ₃				10,04		37,39
Fe ₂ O ₃				6,57		23,84
MnO				0,0468		0,0312
CaO				0,0232		0,0021
MgO				0,196		0,0659
Na ₂ O				0,144		0,126
K ₂ O				0,94		0,0892
P				0,0286		0,0683
SO ₃				0,0325		0,182
LOI				4,76		20,71
Unsur jarang dan UTJ (ppm)						
Mn	611,85	2536,50	434,70	412,95	362,85	294,00
Ba	162,84	522,84	71,38	57,56	114,48	7,41
La	11,80	2,17	t,d,	4,62	27,24	9,07
Ce	17,00	6,87	2,95	9,74	64,13	41,64
Pr	1,10	0,52	0,17	0,70	4,91	0,81
Nd	3,29	2,58	1,21	3,17	17,57	2,38
Sm	0,67	1,13	0,79	1,37	4,85	0,57

Conto	TRS 70 A	TRS 70 B	TRS 70 C	TRS 70 D	TRS 70 E	TRS 70 F
Eu	0,39	0,70	0,38	0,84	0,43	0,23
Gd	0,62	1,33	0,89	1,62	4,93	0,73
Tb	0,13	0,33	0,26	0,39	1,28	0,13
Dy	0,79	2,32	1,84	2,69	8,52	0,83
Ho	0,18	0,54	0,43	0,63	1,85	0,19
Er	0,50	1,47	1,15	1,65	4,60	0,65
Tm	0,09	0,24	0,20	0,27	0,77	0,09
Yb	0,84	1,52	1,38	1,64	4,70	0,73
Lu	0,10	0,21	0,19	0,22	0,70	0,12
Th	5,95	1,66	1,21	0,94	17,44	9,30
U	0,90	1,42	1,36	1,60	5,55	2,58
(La/Lu) _N	11,85	1,05	n,d,	2,14	4,02	8,16
Ce/Ce*	1,29	2,44	n,d,	1,70	1,78	13,68
Eu/Eu*	3,37	3,07	1,94	2,99	0,07	1,19
ΣUTJ	37,50	21,92	11,87	29,54	147,47	58,15

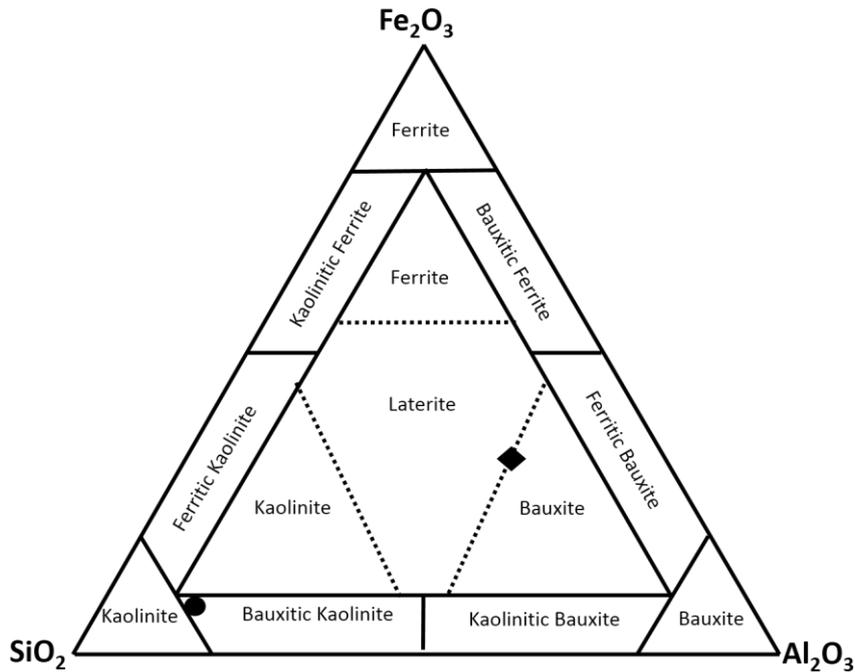
PEMBAHASAN

Komposisi Kimia

Conto berupa batuan yang membentuk kumpulan anggur (TRS 70 D) terbukti telah mulai mengalami proses bauksitisasi dalam tingkat rendah yang ditunjukkan oleh diagram segitiga SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃ (Aleva, 1994). Kandungan Silika masih sangat dominan, dengan kadar oksida alumina dan besi yang tidak begitu tinggi pada conto ini. Kadar LOI yang rendah (4,76%) menunjukkan bahwa batuan memang baru mengalami proses laterisasi tingkat rendah sehingga kadar alumina tidak tinggi, sangat berbeda dengan bauksit yang berada di *stockpile* dengan kenaikan Al₂O₃ dan Fe₂O₃ signifikan terhadap TRS 70 E yaitu 37,39% dan 23,84% secara berurutan. Fakta tersebut diperkuat dengan kenaikan drastis LOI (20,71%) yang berarti bahwa conto TRS 70 E telah mengalami proses lateritisasi kuat. Diagram segitiga SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃ mengklasifikasikan TRS 70 E sebagai bauksit, meski berada diperbatasan antara bauksit dan laterit (Gambar 5). TRS 70 E belum dapat disebut sebagai bauksit yang

bernilai ekonomis dengan kadar Al₂O₃ <45%.

Urutan kelimpahan UTJ dari rendah ke tinggi secara berurutan terdapat pada bagian lempungan di sekitar alterasi hidrotermal (TRS 70 C; 11,85 ppm), conto dengan larutan sekunder yang mengisi rekahan (TRS 70 B; 21,92 ppm), batuan yang mulai mengalami bauksitisasi (TRS 70 D; 29,54 ppm), tanah di wilayah tambang (TRS 70 A; 37,5 ppm), sisa pencucian bauksit (TRS 70 F, 58,15 ppm), dan bauksit di *stockpile* (TRS 70 E; 146,47 ppm). Unsur Cerium merupakan UTJ terbanyak pada seluruh conto dengan rerata 23,72 ppm. Unsur Lanthanum terdeteksi sebagai anggota UTJ dengan kelimpahan terbanyak berikutnya dengan rerata 10,98 ppm, kecuali pada conto yang terpengaruh langsung oleh *input* sekunder yaitu TRS 70 B dan TRS 70 C akibat alterasi hidrotermal. Kadar UTJ pada bauksit hasil pencucian masih lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah terendah pada conto Granit Muncung hasil penelitian sebelumnya (Irzon, 2015).



Gambar 5. Diagram segitiga $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (Aleva, 1994) contoh terpilih. TRS 70 D (●) terbukti telah mulai mengalami proses bauksitisasi. Meski telah melalui proses pencucian dan penyaringan, TRS 70 E (◆) belum dikategorikan bernilai ekonomis.

Proses Bayer dikenal luas sebagai metode pemurnian aluminium. Selain menghasilkan aluminium berkadar tinggi, *red mud* (lumpur merah) yang berkadar UTJ lebih tinggi dari pada bahan *input* juga dihasilkan oleh skema tersebut (Wagh dan Pinnock, 1987; Deady dkk., 2014; Abedini dan Calagari, 2014; Cocker, 2012; Borra dkk., 2016). Namun demikian, teknik ini membutuhkan *input* bahan dengan kadar alumina cukup, yakni dengan $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \geq 10\%$, sehingga tidak menurunkan efisiensi proses secara drastis (Goncalves dkk., 2017; Rad dkk., 2017; Yilmaz dkk. 2015; Zhao dkk., 2016). Kadar SiO_2 pada conto TRS 70 D masih cukup tinggi, yaitu 14,8% sehingga rasio $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 2,5. Dapat disimpulkan bahwa *stockpile* bauksit (TRS 70 D) hanya melalui metode pencucian dan diikuti penyaringan karena karakternya masih jauh dari standar *input* Proses Bayer. Oleh karena itu, conto lempungan yang berada dekat kolam air (TRS 70 F) disimpulkan sebagai sisa pencucian bauksit dari pengotornya dan bukan *red mud* sisa Proses Bayer, sehingga menjelaskan

kadar UTJ pada TRS 70 F yang lebih rendah dibandingkan dengan TRS 70 E.

UTJ pada limbah pengolahan bauksit mudah dan murah untuk ditambang karena memang berada di permukaan tanah. Kemudian, UTJ pada material tersebut tergolong mudah diekstrak dan diproses disebabkan sifat bahannya yang lunak dengan permukaan bidang kontak yang luas. Oleh sebab itulah, maka telah dilakukan beragam penelitian untuk mengidentifikasi dan mengeksploitasi UTJ pada bahan buangan tersebut (Wagh dan Pinnock, 1987; Cocker, 2012; Borra dkk., 2016). Meskipun kadar UTJ pada sisa pencucian bauksit hanya berjumlah 58,15 ppm, namun unsur Cerium merupakan porsi terbesar dari conto tersebut (71%), sehingga bahan tersebut dapat menjadi penyedia UTJ cukup potensial. Dalam bentuk murni unsur Cerium dapat dimanfaatkan sebagai agen oksidasi, campuran logam, bahan sepuhan, pemutus rantai karbon dalam penyulingan minyak, dan pewarna keramik (Silva dkk., 2008; Dahle dan Arai, 2015; Basaviah dkk., 2016).

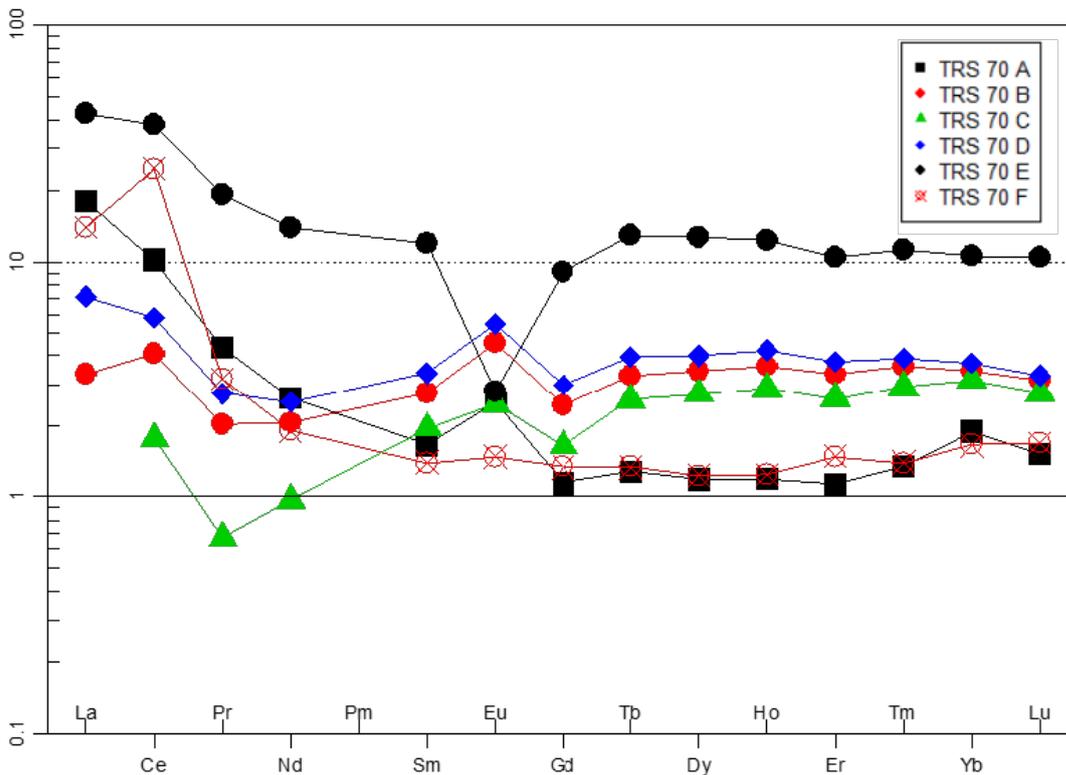
Pola Kelimpahan UTJ

Ketersediaan kadar UTJ telah banyak dimanfaatkan dalam memahami berbagai proses geologi karena bersifat koheren akibat kesamaan sifat fisika dan kimia (Zamanian dan Radmard, 2016). Oleh karena itu, kadar UTJ pada beberapa conto dari tambang bauksit di Pulau Selayar ini telah dinormalisasi terhadap nilai mantel primitif (McDonough dan Sun, 1995) untuk mempelajari proses yang terjadi pada conto, seperti tampak pada Gambar 6. Hampir seluruh UTJ menunjukkan pengayaan terhadap nilai mantel primitif hingga 300 kali, kecuali La dan Pr pada TRS 70 C. Berdasarkan pengamatan, didapati bahwa kelimpahan UTJ-ringannya pada seluruh conto sedikit lebih besar daripada UTJ-berat dan tingkat fraksinasi kecil hingga sedang dengan $(La/Lu)_N < 12$. Alterasi hidrotermal tidak membawa UTJ dengan mengacu pada rendahnya kadar kelompok unsur tersebut pada TRS 70 B dan TRS 70 C. Namun demikian, larutan sekunder yang mengisi pada rekahan batuan disimpulkan sebagai pembawa Mn dan Ba yang diperkuat dengan melonjaknya kadar dua unsur tanah jarang tersebut pada TRS 70 B (Tabel 1).

Unsur Cerium hadir secara alamiah dalam dua bentuk, yakni Ce^{3+} dan Ce^{4+} . Bentuk terakhir disimpulkan memiliki potensial ion lebih besar dengan mobilitas terendah daripada UTJ-ringannya lain, sehingga cenderung lebih mirip dengan UTJ-berat (Esmaily dkk., 2010). Anomali positif Ce tingkat rendah hingga menengah

diperlihatkan pada diagram laba-laba dari keenam conto, sehingga dapat dikatakan bahwa conto telah melalui proses oksidasi (Irzon, 2017; Kalatha dkk., 2017; Karadag dkk., 2009). UTJ ringan telah termobilisasi terlebih dahulu pada horizon lain, sedangkan Ce^{4+} tetap tertinggal akibat mobilitasnya yang rendah.

Plagioklas diketahui sebagai salah satu mineral pembawa Europium (Eu). Oleh karena itu, penambahan jumlah plagioklas dalam satu sistem akan menambah jumlah Eu sehingga menimbulkan anomali Eu positif atau sebaliknya (Zamanian dan Radmard, 2016; Abedini dan Calagari, 2015; Mordberg dkk., 2000). Plagioklas disimpulkan telah mengalami kristalisasi sehingga terpisahkan dari protolithnya pada proses evolusi magma dan menyebabkan anomali Eu negatif (Sun dkk., 2010; Kouske dkk., 2012; Irzon, 2015). Pada proses pelapukan, horizon pelapukan dengan anomali Eu lebih negatif dari pada batuan induk dipengaruhi oleh semakin berkurangnya jumlah plagioklas pada horizon tersebut (Little dan Lee, 2006; Banerjee dkk., 2016; Irzon dkk., 2016). Dengan menganggap tidak ada penambahan mineral apa pun, maka dapat disimpulkan bahwa komposisi plagioklas terhadap mineral lain pada conto bauksit di *stockpile* berkurang selama proses pencucian dan penyaringan berdasarkan indikasi anomali Eu negatif, sedangkan conto lain menunjukkan anomali Eu positif.



Gambar 6. Diagram laba-laba UTJ dari keenam conto di lokasi penambangan bauksit Sembuang dengan normalisasi terhadap komposisi mantel primitif (McDonough dan Sun, 1995). Hampir seluruh conto memperlihatkan anomali positif unsur Ce. Anomali Eu positif ditunjukkan oleh lima conto, kecuali bauksit dari *stockpile* dengan anomali negatif.

KESIMPULAN

Batuan yang berbentuk kumpulan anggur terbukti telah mulai mengalami proses bauksitisasi. Meski demikian, conto di *stockpile* yang telah melewati proses pencucian dan penyaringan, masih belum dapat diklasifikasikan sebagai bauksit bernilai ekonomis karena kadar Al_2O_3 -nya yang rendah. Alterasi hidrotermal yang mengisi rekahan pada singkapan di penambangan bauksit Sembuang terindikasi sebagai pembawa unsur Mn dan Ba, namun bukan pembawa UTJ.

Conto hasil pencucian terdeteksi berkomposisi UTJ tingkat menengah sedangkan conto lain berkadar rendah. Meski kelimpahan UTJ pada sisa hasil pencucian tidak sebesar kandungan pada bauksit hasil pencucian, namun conto ini sebagian besar terdiri dari unsur Cerium.

Kemudian, pertimbangan sebagai material buangan, berada di permukaan tanah, bersifat lunak, dan memiliki bidang permukaan yang luas, mengisyaratkan bahwa sisa pencucian bijih bauksit dapat diolah lebih lanjut untuk menjadi sumber penyedia unsur Cerium. Seluruh conto telah mengalami proses bersifat oksidatif dengan mengacu pada anomali positif unsur Ce. Kadar plagioklas pada conto bauksit di *stockpile* telah menurun akibat pencucian dan penyaringan, berdasarkan pada anomali negatif unsur Eu pada conto tersebut, sedangkan conto lain menunjukkan anomali Eu positif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini adalah bagian dari proyek penelitian unsur tanah jarang di Kabupaten Lingga. Penulis mengucapkan

terimakasih kepada kepala Pusat Survei Geologi atas ijin penggunaan data dalam tulisan ilmiah ini. Profesor Ildrem Syafri dari Universitas Padjadjaran yang telah membuka luas wawasan mengenai penggunaan data geokimia. Begitu juga Bapak Dr. Johannes Hutabarat dari Universitas Padjadjaran, Bapak Dr. Purnama Sendjadja dan Bapak Eko Partoyo dari Pusat Survei Geologi yang membantu dalam memahami proses geologi. Bapak Kurnia, Bapak Joko Soebandrio, dan Ibu Imtihanah telah mendukung kelancaran pengambilan contoh. Validitas data geokimia XRF dan ICP-MS terbantu oleh kinerja Ibu Irfanny Agustiany, Ibu Citra dan Ibu Indah dari Laboratorium Pusat Survei Geologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abedini, A. dan Calagari, A.A., 2014. REE geochemical characteristics of titanium-rich bauxites: the Permian Kanigorgeh horizon, NW Iran. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23, pp.513-532.
- Abedini, A. dan Calagari, A.A., 2015. Rare earth element geochemistry of the Upper Permian limestone: the Kanigorgeh mining district, NW Iran. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24, pp.365-382
- Aleva, G.J.J., 1994. *Laterites: Concepts, Geology, Morphology and Chemistry*. Wageningen, the Netherlands: ISIRC.
- Banerjee, A., Chakrabarti, R. dan Mandal, S., 2016. Geochemical anatomy of a spheroidally weathered diabase. *Chemical Geology*, 440, pp.124-138.
- Basaviah, K., Qarah, N.A.S., dan Abdulrahman S.A.M., 2016. Application of Cerium (IV) as an Oxidimetric Agent for the Determination of Ethionamide in Pharmaceutical Formulations. *Journal of Pharmaceutics*, 9 p.
- Borra, C.R., Blanpain, B., Pontikes, Y., Binnemans, K. dan van Gerven, T., 2016. Recovery of Rare Earths and Other Valuable Metals From Bauxite Residue (Red Mud): A Review. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 2(4), pp.365 – 386.
- Cocker, M.D., 2012. *Lateritic, supergene rare earth element (REE) deposits*, in, Conway, F.M., ed., Proceedings of the 48th Annual Forum on the Geology of Industrial Minerals, Phoenix, Arizona, April 30 - May 4, 2012. Arizona Geological Survey Special Paper #9, Chapter 4, pp. 1-18.
- Dahle, J.T. dan Arai, Y., 2015. Environmental Geochemistry of Cerium: Applications and Toxicology of Cerium Oxide Nanoparticles. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, pp. 1253-1278.
- Deady, E., Mouchos, E., Goodenough, K., Williamson, B. dan Wall, F., 2014. *Rare Earth Elements in Karst-Bauxites: A Novel Untapped European Resource?* 1st European Rare Earth Resources Conference, Milos, 12 p.
- Ellahi, S.S., Taghipour, B., Zarasvandi, A., Bird, M.L. dan Somarin, A.K., 2016. Mineralogy, Geochemistry and Stable Isotope Studies of the Dopolan Bauxite Deposit, Zagros Mountain, Iran. *Minerals*, 6 (11), 21p.
- Esmaeily, D., Rahimpour-Bonab, H., Esna-Ashari, A. dan Kananian, A., 2010. Petrography and Geochemistry of the Jajarm Karst Bauxite Ore Deposit, NE Iran: Implications for Source Rock Material and Ore Genesis. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19, pp. 267-284
- Irzon, R., 2015. Contrasting Two Facies of Muncung Granite in Lingga Regency Using Major, Trace, and Rare Earth Element Geochemistry. *Indonesian Journal on Geoscience*, 2(1), pp. 23-33.

- Irzon, R., Syafri, I., Hutabarat, J. dan Sendjaja, P., 2016. REE Comparison Between Muncung Granite Samples and their Weathering Products, Lingga Regency, Riau Islands. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(3), pp. 149-161.
- Irzon, R., 2017. Pengayaan Logam Berat Mn, Co, dan Cr pada Laterit Nikel di Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12 (2), pp.71 – 86.
- Goncalves, C.C., Mendes, P.N., Bergerman, M.G., de Souza, T.F., de Castro, C.E.V. dan Horta, D.G., 2017. Statistical Evaluation of Scrubbing and Screening Optimization in Bauxite Processing. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 14(1), pp.24-29.
- Kalatha, S., Perraki, M., Economou-Eliopoulos, M. dan Mitsis, I., 2017. On the Origin of Bastnaesite-(La,Nd,Y) in the Nissi (Patitira) Bauxite Laterite Deposit, Lokris, Greece. *Minerals*, 7 (45), 19 p.
- Karadag, M.M., Kupeli, S., Aryk, F., Ayhan, A., Zedef, V. dan Doyen, A., 2009. Rare earthelement (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortas bauxite deposit (Seydisehir/Konya – SouthernTurkey). *Chemie der Erde*, 69, pp.143–159
- Kouske, A.P., Suh, C.E., Ghogomu, R.T. dan Ngako, V., 2012. Na-Metasomatism and Uranium Mineralization during a Two-Stage Albitization at Kitongo, Northern Cameroon:Structural and Geochemical Evidence. *International Journal of Geosciences*, 3, pp. 258-279.
- Little, M.G. dan Lee, C.T.A., 2006. On the formation of an inverted weathering profile on Mount Kilimanjaro, Tanzania: Buried paleosol or groundwater weathering? *Chemical Geology*, 235, pp. 205–221
- Mamengko, D.V., 2013. Potensi Bauksit di Pulau Lingga Provinsi Kepulauan Riau. *Istech*, 5(2), pp.66-70.
- McDonough, W.F. dan Sun, S.S., 1995. The composition of the Earth. *Chemical geology*, 120(3-4), pp.223-253.
- Mordberg, L.E., Stanley, C.J. dan Germann, K., 2000. Rare earth element anomalies in crandallite group minerals from the Schugorsk bauxite deposit, Timan, Russia. *European Journal of Mineralogy*, 12, pp.1229 – 1243.
- Mustafa, M.A. dan Usman, E., 2013. Analisis Perbandingan Geokimia Granit dan Sedimen Dasar Laut di Pulau Singkep Bagian Timur, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Geologi Kelautan*, 11(3), pp.131-140.
- Rad, M.R., Shahhoseini, S., Janfada, M., Mirzaee, H.A., dan Kelidari, P., 2017. Investigation of parameters affecting desilication of diasporicbauxite in Jajarmmine by thermo-chemical treatment. *Journal of Mining & Enviroment*, 8(1), pp.75-81.
- Silva, F.A., Martinez, D.S., Ruiz, J.A.C., Mattos, L.V., Hori, C.E., Noronha, F.B., 2008. The Effect of The Use of Cerium-doped Alumina on The Performance of Pt/CeO₂/Al₂O₃ and Pt/CeZrO₂/Al₂O₃ Catalysts on The Partial Oxidation of Methane. *Applied Catalysis A: General*, 355(2), pp. 145-152
- Sun, X., Deng, J., Zhao, Z., Zhao, Z., Wang, Q., Yang, L., Gong, Q. dan Wang, C., 2010. Geochronology, petrogenesis and tectonic implications of granites from the Fuxin area, Western Liaoning, NE China. *Gondwana Research*, 17, pp. 642–652.
- Sutisna, K., Burhan, G., and Hermanto, B., 1994. *Peta Geologi Lembar Dabo, Sumatera, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Takahashi, G., 2015. Sample Preparation for X-Ray Fluorescence Analysis. III. Pressed and Loose Powder Methods. *Rigaku Journal*, 31(1), pp.26-30.

- Wang, Q., Deng, J., Liu, X., Zhang, Q., Sun, S., Jiang, C. dan Zhou, F., 2010. Discovery of the REE minerals and its geological significance in the Quyang bauxite deposit, West Guangxi, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39, pp.701–712
- Wagh, A.S. dan Pinnock, W.R., 1987. Occurrence of Scandium and Rare Earth Elements in Jamaican Bauxite Waste. *Economic Geology*, 82, pp. 757-761.
- Yilmaz, K., Birol, B., Saridede, M.N. dan Yigit, E., 2015. Pre-beneficiation of Low Grade Diasporic Bauxite Ore by Reduction Roasting. *International Journal of Materials and Metallurgical Engineering*, 9(9), pp.1084-1087.
- Zamanian, H. dan Radmard, K., 2016. Geochemistry of rare earth elements in the Baba Ali magnetite skarn deposit, western Iran – a key to determine conditions of mineralisation. *Geologos*, 22(1), pp.33-47.
- Zhao, A., Zhang, T., Guozhi, L. dan Tian, W., 2016. Kinetics of the Leaching Process of an Australian Gibbsite Bauxite by Hydrochloric Acid. *Advances in Materials Science and Engineering*, 6p.

Diterima	: 11 Januari 2018
Direvisi	: 23 Januari 2018
Disetujui	: 28 Mei 2018

**STRUKTUR SISTEM PANAS BUMI DAERAH CUBADAK
BERDASARKAN PEMODELAN INVERSI 3-D DATA MAGNETOTELURIK****CUBADAK GEOTHERMAL STRUCTURE
BASED ON 3-D INVERSION OF MAGNETOTELLURIC DATA****Wiwid Joni dan Tony Rahadinata**Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi
joniwiwid@gmail.com**ABSTRAK**

Daerah panas bumi Cubadak terletak di Kabupaten Pasaman, Provinsi Sumatera Barat. Keberadaan sistem panas bumi di daerah Cubadak ditandai oleh munculnya mata air panas berupa mata air panas Cubadak, Sawah Mudik, dan Talu dengan temperatur antara 37,1°C dan 74,8°C. Survei magnetotelurik (MT) telah dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Badan Geologi, di daerah tersebut pada Tahun 2012, yang bertujuan untuk mengidentifikasi sistem panas bumi Cubadak. Penggunaan pemodelan inversi 3-D terhadap data MT diharapkan dapat mendelineasi dengan baik struktur sistem panas bumi Cubadak.

Berdasarkan pemodelan 3-D dihasilkan suatu struktur tahanan jenis, yang memiliki zona rendah (lebih kecil dari 11 Ohm-m) di sekitar manifestasi panas bumi Cubadak dan Sawah Mudik, diinterpretasikan sebagai zona alterasi argilik, masing-masing mulai pada kedalaman 100 meter dan 250 meter, serta bertindak sebagai batuan penudung bagi sistem panas bumi Cubadak. Sementara itu, keberadaan *top reservoir* dari sistem tersebut diidentifikasi berada di bawah manifestasi Cubadak pada kedalaman 1.000 meter, sedangkan di bawah manifestasi Sawah Mudik pada kedalaman 1.250 meter.

Kata kunci: Cubadak, Sumatera, magnetotelurik, Inversi 3-D, panas bumi

ABSTRACT

Cubadak geothermal area is located in Pasaman Regency, West Sumatra province of Indonesia. The existence of geothermal system of the area is indicated by hot springs at the temperature varies from 31.7°C to 78.4°C. A magnetotelluric (MT) survey has been conducted by Geological Agency in 2012 in order to identify the Cubadak geothermal system. By utilizing 3-D-inversion model of MT data we delineated a resistivity structure of the geothermal system.

The 3-D model of MT data result, a resistivity structure which indicates low zones (<11 Ohm-m) around Cubadak and Sawah Mudik manifestations and interpreted to be correlated to as argillic alteration zones of the geothermal system at 100 m and 250 m underneath the manifestations respectively. Meanwhile, the existence of top reservoir is identified beneath the Cubadak manifestation at 1,000 meters depth and beneath Sawah Mudik manifestation at 1,250 meters depth.

Keywords: Cubadak, Sumatra, magnetotelluric, 3-D Inversion, geothermal

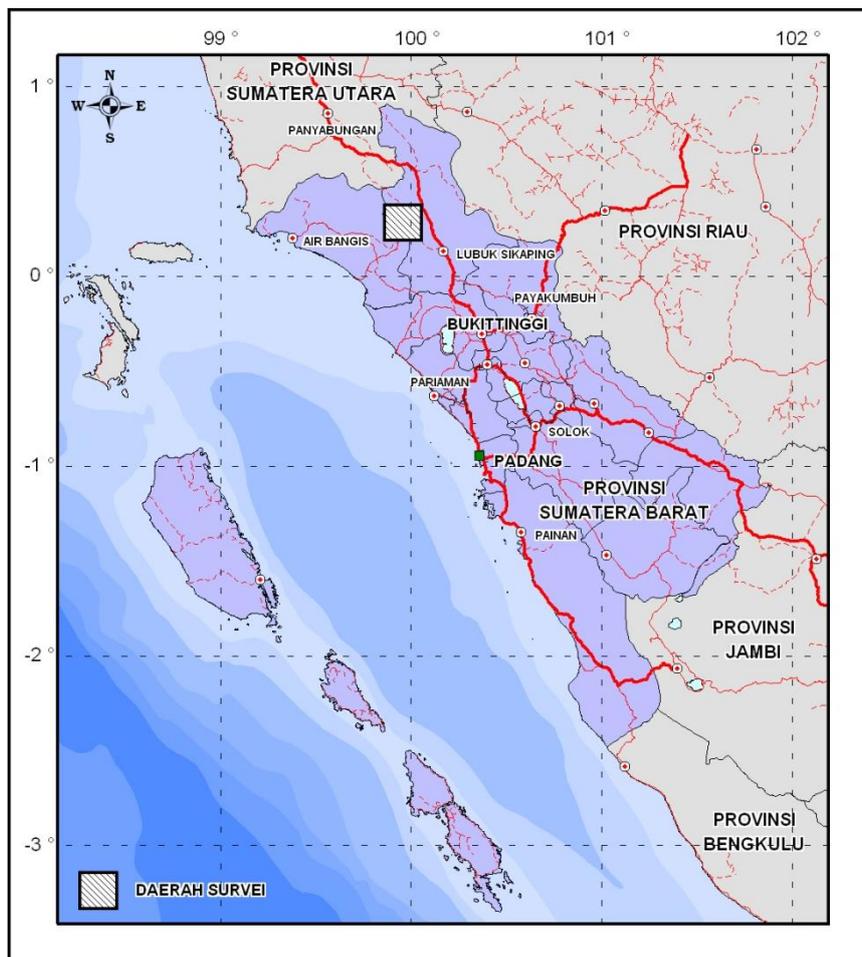
PENDAHULUAN

Sebagian wilayah Indonesia terletak pada busur vulkanik yang berpotensi memiliki energi panas bumi yang sangat besar. Salah satu potensi tersebut terdapat di daerah panas bumi Cubadak, Kabupaten Pasaman, Provinsi Sumatera Barat (Gambar 1).

Identifikasi keberadaan sistem panas bumi di daerah Cubadak ditandai oleh adanya manifestasi berupa kelompok mata air panas Cubadak dengan temperatur antara 68,4°C dan 74,8°C, mata air panas Sawah Mudik dengan temperatur 31,7°C, dan mata air panas Talu dengan temperatur 38,9°C. Survei MT telah dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi di daerah panas bumi Cubadak pada Tahun 2012, yang merupakan kelanjutan dari survei terpadu

3-G (geologi, geokimia, dan geofisika) pada Tahun 2008. Secara geografis, daerah survei berada pada koordinat 597600 – 617700 mT dan 21200– 42500 mU pada proyeksi peta *Universal Transverse Mercator (UTM) Datum WGS 1984 zona 47 N*.

Hasil survei MT ini diharapkan dapat mencitrakan struktur tahanan jenis bawah permukaan sehingga dapat menginterpretasikan keberadaan dari sistem panas bumi di daerah Cubadak. Penulisan makalah ini bertujuan untuk memaparkan hasil inversi pemodelan 3-D data magnetotelurik melalui model struktur tahanan jenis secara vertikal dan lateral, yang dikorelasikan dengan data dukung geologi dan geokimia sehingga dapat memetakan keberadaan sistem panas bumi Cubadak.



Gambar 1. Peta lokasi penyelidikan

METODELOGI

Metode MT adalah metode elektromagnetik (EM) pasif yang melibatkan pengukuran fluktuasi medan listrik (E) dan medan magnet (H) secara ortogonal pada permukaan bumi untuk menentukan struktur tahanan jenis dibawah permukaan bumi (Simpson dan Bahr, 2005).

Variasi medan magnet relatif kecil terhadap tahanan bawah permukaan sedangkan medan listrik secara langsung berhubungan dengan nilai tahanan jenis pada lokasi pengukuran (Cumming dan Mackie, 2010).

Struktur tahanan jenis terhadap reservoir panas bumi dikarakterisasikan oleh kombinasi zona alterasi sebagai lapisan penudung bertahanan jenis rendah yang kaya akan mineral lempung dan zona reservoir bertahanan jenis tinggi berada dibawahnya (Arnason dan Flovenz, 1992; Uchida dan Mitsuhashi, 1995).

Hasil akuisisi data MT ini akan dilakukan pemodelan inversi untuk menghasilkan parameter model yang cocok dengan data, dimana selisih forward model dengan data harus diminimumkan atau disebut sebagai *misfit function* atau fungsi objektif (Grandis, 2009). Hasil inversi sangat bergantung pada forward model, yaitu perhitungan respon model dan sensitivitas, sehingga program matematis forward model yang efisien dan akurat adalah sangat penting. Dengan pendekatan numerik menggunakan metode *Finite Difference* menjadi solusi persamaan Maxwell (Siripunvaraporn, dkk., 2005).

Pemodelan inversi 3-D menggunakan perangkat lunak WSINV3DMT. Perangkat lunak tersebut merupakan kelanjutan dan implementasi dari inversi Occam 2-D (Siripunvaraporn dan Egbert, 2006). Penulis juga mengaplikasikan *joint inversion* dari data tensor impedansi dan matrik distorsi yang independen pada semua nilai frekuensi sehingga

menghasilkan model konduktifitas/resistivitas yang lebih baik terhadap inversi dari tensor impedansi MT tanpa melakukan koreksi akibat efek distorsi. Koreksi distorsi dapat digambarkan sebagai perkalian bilangan kompleks tensor impedansi regional terhadap nilai matrik distorsi yang telah terkoreksi pada semua frekuensi. Dimana $Z(\omega)$ adalah bilangan kompleks tensor impedansi regional, dan C adalah nilai matrik distorsi yang telah terkoreksi pada semua frekuensi (avdeeva, a., dkk, 2015),

$$C = \begin{pmatrix} C_{xx} & C_{xy} \\ C_{yx} & C_{yy} \end{pmatrix}$$

$$Z^{obs}(\omega) = CZ(\omega) = \begin{pmatrix} C_{xx}Z_{xx} + C_{xy}Z_{yx} & C_{xx}Z_{xy} + C_{xy}Z_{yy} \\ C_{yx}Z_{xx} + C_{yy}Z_{yx} & C_{yx}Z_{xy} + C_{yy}Z_{yy} \end{pmatrix}$$

Karena pemodelan ini pada dasarnya hanya menggunakan tensor impedansi data 2-D maka nilai $C_{xx} = C_{yy} = 0$, dan juga nilai $Z_{xx} = Z_{yy} = 0$

TINJAUAN GEOSAIN

Batuan tertua di daerah penyelidikan adalah batusabak berumur Permo-Karbon yang berada di bagian timurlaut daerah penyelidikan. Kegiatan tektonik terjadi sejak zaman Pra-Tersier sehingga ditemukan struktur-struktur berupa sesar normal dan sesar mendatar yang berarah baratlaut-tenggara, baratdaya-timurlaut dan utara-selatan yang bersamaan dengan pembentukan sesar besar Sumatera (Nurhadi, dkk., 2009).

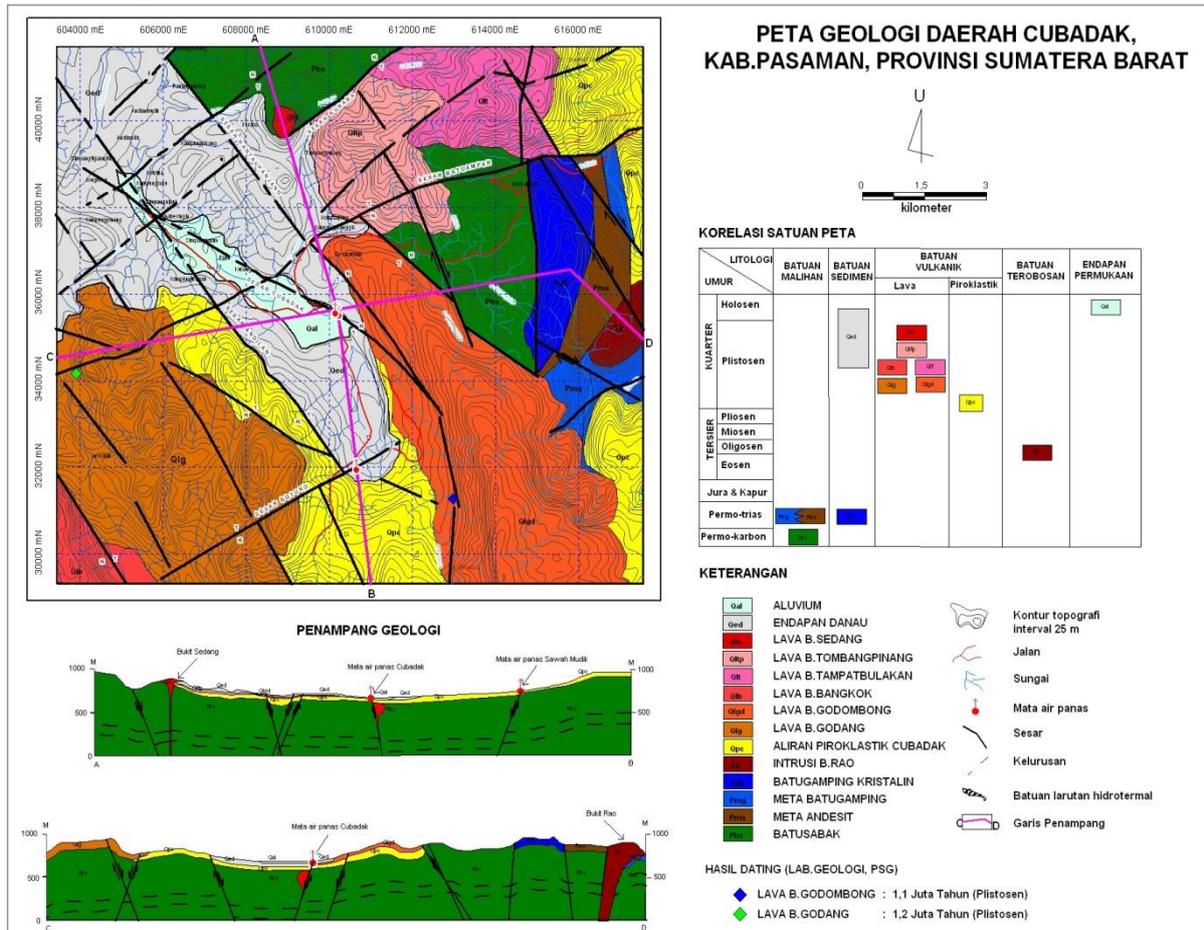
Pada kala Eosen hingga Oligosen aktivitas tektonik memicu terjadinya terobosan magma ke permukaan yang menghasilkan batuan terobosan berkomposisi granodiorit di Bukit Rao. Sedangkan Pliosen hingga Plistosen terjadi pembentukan beberapa struktur sesar normal yang menyebabkan terbentuknya zona depresi Cubadak.

Produk vulkanik berupa aliran piroklastik adalah hasil erupsi celah yang terjadi

sepanjang jalur sesar selama masa Kuartar Awal dan mengisi hampir seluruh bagian dari zona depresi. Produk vulkanik lainnya yang terbentuk kemudian adalah aliran lava yang juga tersebar dari barat hingga timur daerah penyelidikan. Proses pengendapan endapan danau juga mengisi zona depresi di bagian barat laut dan tengah hingga kala Holosen. Dan proses erosi yang berlangsung sampai saat ini menghasilkan endapan aluvium (Gambar 2).

Hasil analisis diagram segitiga $Cl-SO_4-HCO_3$ (Gambar 3) menunjukkan bahwa mata air panas Cubadak dan Sawah Mudik bertipe klorida-bikarbonat, sedangkan mata air panas Talu cenderung bertipe bikarbonat (Nurhadi, dkk., 2009).

Hasil diagram $Na/1000-K/100-\sqrt{Mg}$ menunjukkan bahwa mata air panas Cubadak berada pada zona batas *partial equilibrium* dan *immature water*, sedangkan mata air panas Sawah Mudik dan Talu berada pada zona *immature water*. Perkiraan temperatur bawah permukaan daerah Cubadak dengan menggunakan geotermometer SiO_2 (*conductive-cooling*) berkisar 148 sd. 161° C (enthalpi sedang), sedangkan dengan menggunakan geotermometer Na/K Giggenbach menghasilkan temperatur berkisar antara 218 sd. 250° C, yang menunjukkan temperatur relatif cukup tinggi.

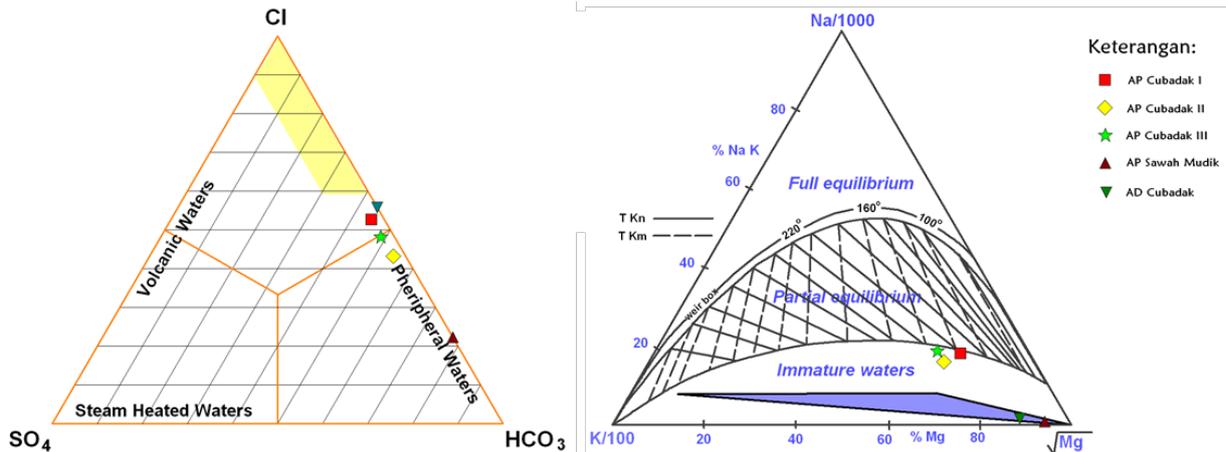


Gambar 2. Peta geologi daerah panas bumi Cubadak (Nurhadi, M., dkk, 2009)

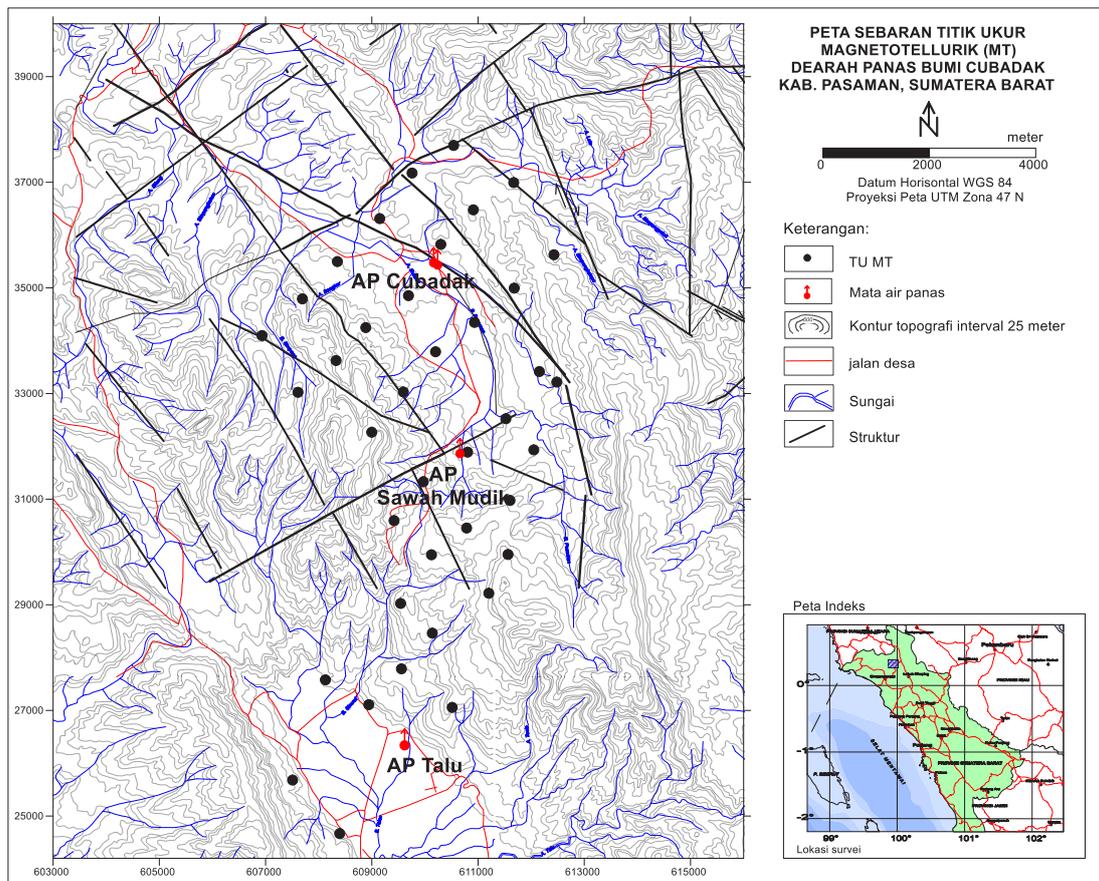
MODEL AWAL INVERSI 3-D

Pada daerah penelitian ini telah dilakukan pengukuran MT sebanyak 39 titik pengukuran yang tersebar melingkupi daerah manifestasi Cubadak, dan Sawah Mudik (Gambar 4). Model awal 3-D dari data MT pada Gambar 5 dibuat dengan

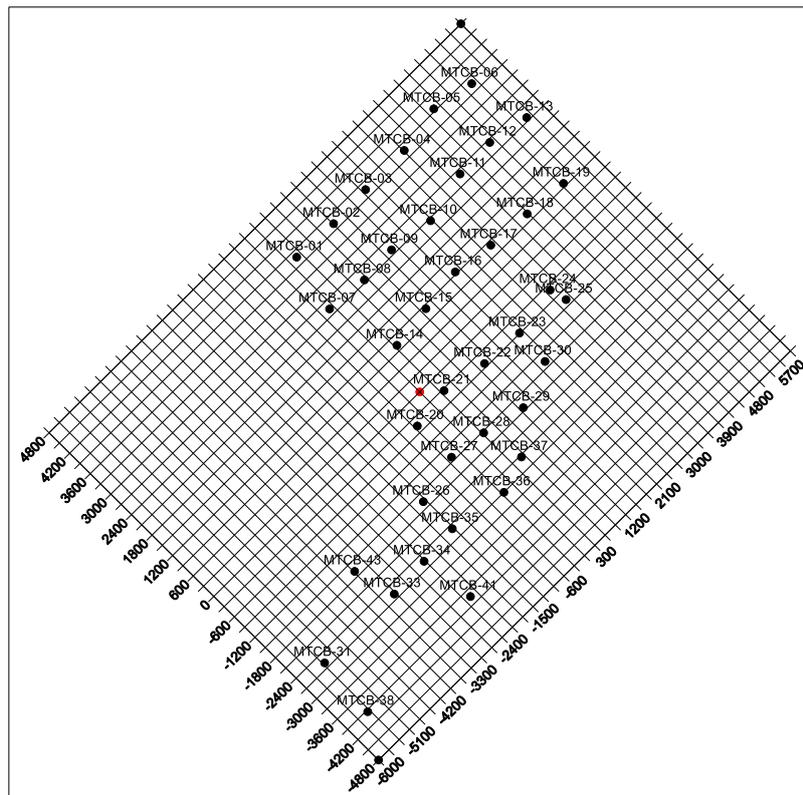
spasi grid 300 meter, dengan jumlah grid 40×32 sel dan dirotasi 315° agar berarah barat-laut-tenggara atau sejajar dengan Sesar Sumatera (Vozoff, 2009). Pemodelan inversi ini hanya melibatkan impedansi tensor 2D dan menggunakan 12 frekuensi (97 hingga 0,04 Hz).



Gambar 3. Hasil diagram segitiga $Cl-SO_4-HCO_3$ and $Na-K-Mg$ (Nurhadi, M., dkk, 2009)



Gambar 4. Peta sebaran titik ukur MT



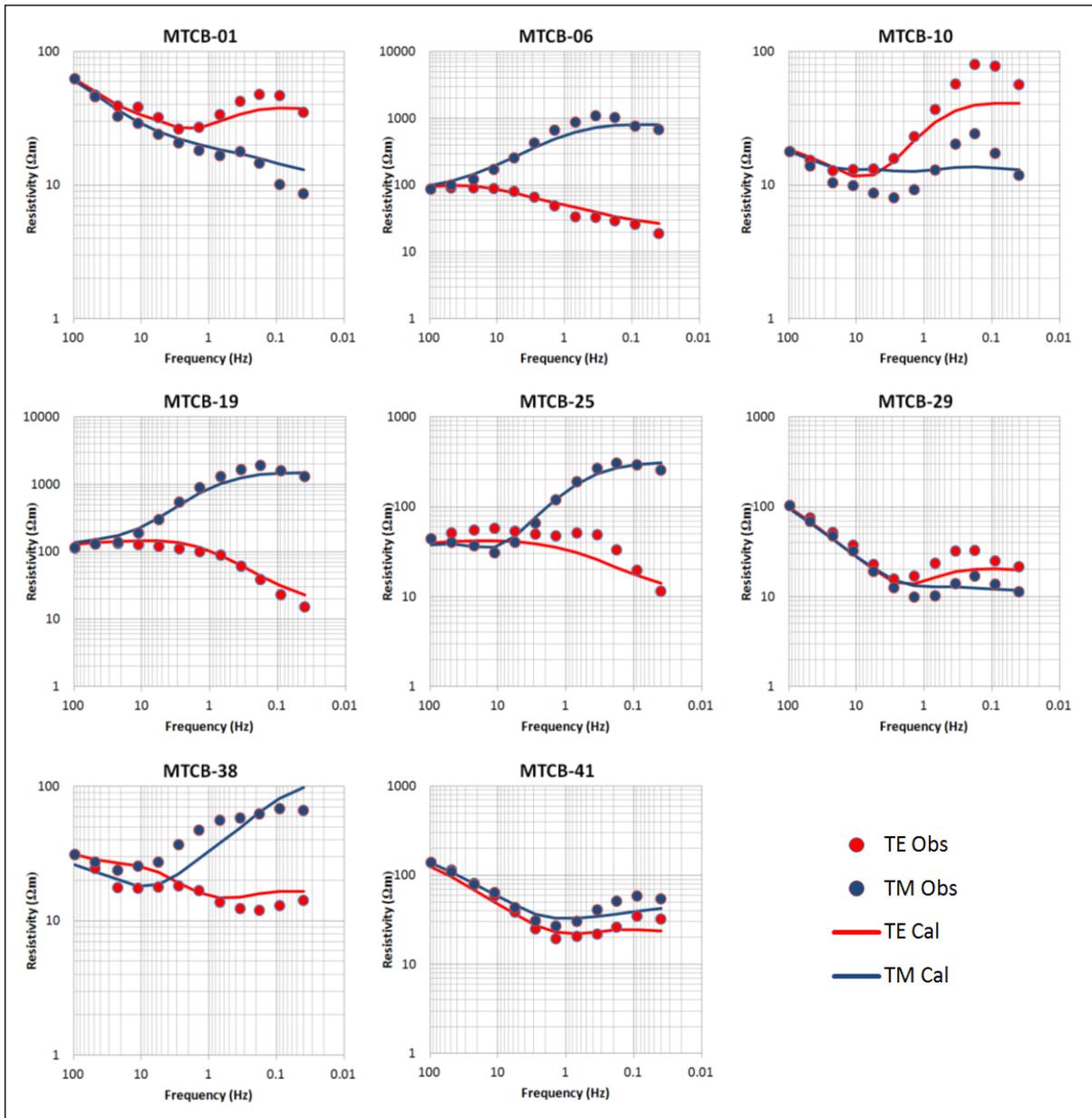
Gambar 5. Model awal untuk inversi 3-D, grid 300 meter, dengan jumlah grid 40 × 32 sel dan dirotasi 315⁰

HASIL PEMODELAN 3-D DATA MT

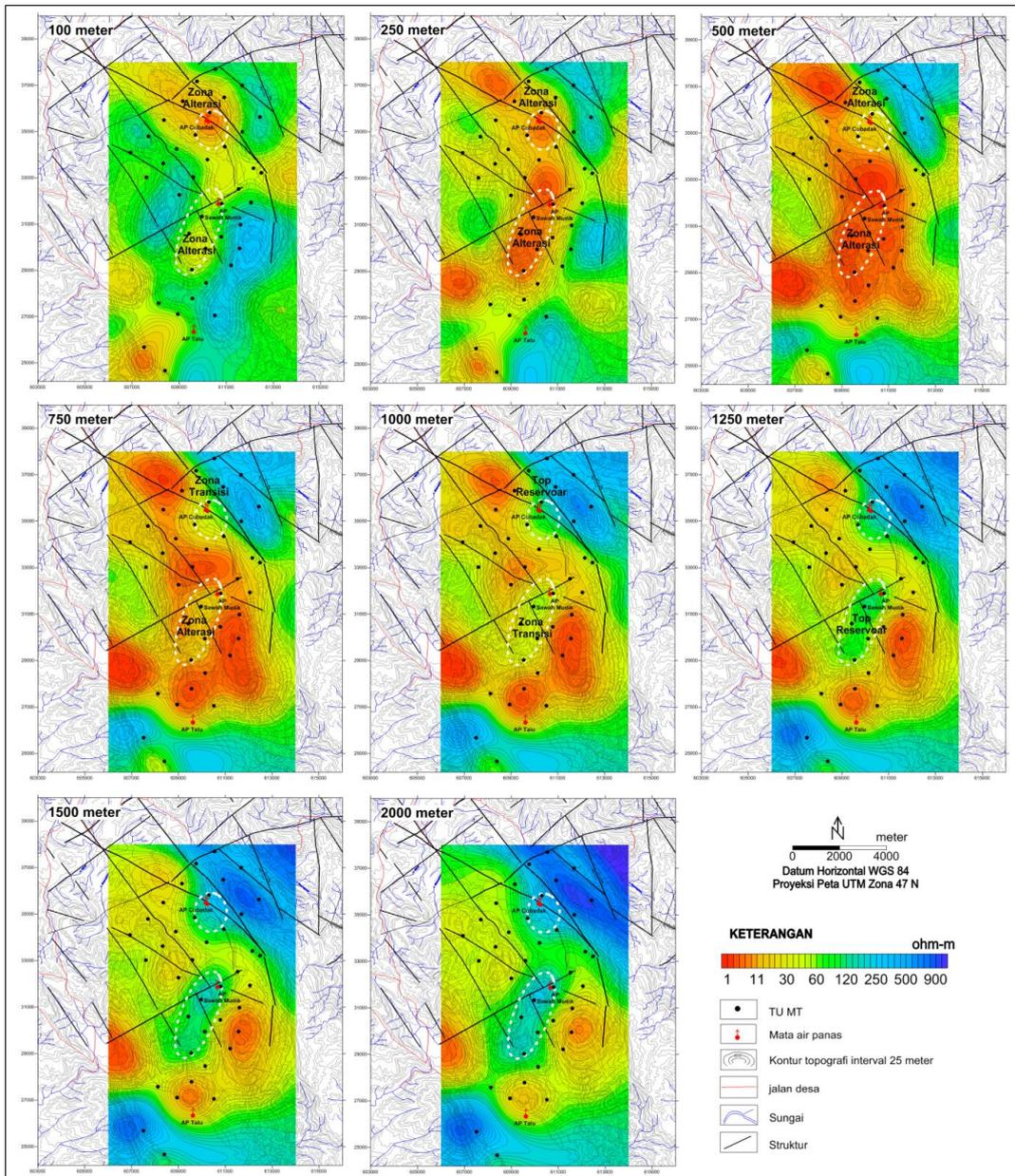
Hasil pemodelan inversi 3-D ini dipilih pada iterasi ke 7 dari 12 total iterasi yang dilakukan dengan *rms error* sebesar 2.56. Kurva tahanan jenis TE dan TM untuk membandingkan data observasi (data pengukuran) terhadap data kalkulasi (*forward model*) untuk beberapa titik pengukuran yang mewakili. Beberapa hasil kurva menunjukkan hasil kedua kurva yang relatif berimpit, namun beberapa data relatif berbeda seperti terlihat pada titik ukur MTCB-10, dan MTCB-38 (Gambar 6).

Hasil pengolahan data inversi 3-D kemudian dipetakan secara lateral pada kedalaman 100, 250, 500, 750, 1.000, 1.250, 1.500, dan 2.000 meter (Gambar 7). Pada kedalaman 100 meter, sebaran tahanan jenis rendah lebih kecil dari 11 Ohm-m terkonsentrasi di sekitar manifestasi Cubadak, sedangkan pada kedalaman 250 m tahanan jenis rendah tersebut meluas relatif ke arah selatan

daerah penyelidikan yang diduga sebagai zona alterasi yang hampir mengisi seluruh bagian dari zona depresi dan bertindak sebagai batuan penudung bagi sistem reservoir panas bumi Cubadak. Pada kedalaman 500 m, sebaran tahanan jenis rendah ini mulai meninggi di sekitar manifestasi Cubadak, namun di sekitar manifestasi Sawah Mudik semakin melebar ke arah barat dan timur daerah penelitian. Pada kedalaman 1.000 meter, sebaran tahanan jenis rendah di sekitar manifestasi Cubadak semakin meninggi ≥ 60 Ohm-m yang merupakan zona top reservoir dari sistem panas bumi, sedangkan sebaran tahanan jenis rendah di sekitar manifestasi Sawah Mudik semakin meninggi ≤ 60 Ohm-m yang diduga sebagai zona transisi antara batuan penudung dan reservoir. Pada kedalaman 1.250 meter, sebaran tahanan jenis di sekitar manifestasi Sawah Mudik semakin meninggi ≥ 60 Ohm-m yang diduga sebagai zona top reservoir dari sistem panas bumi.



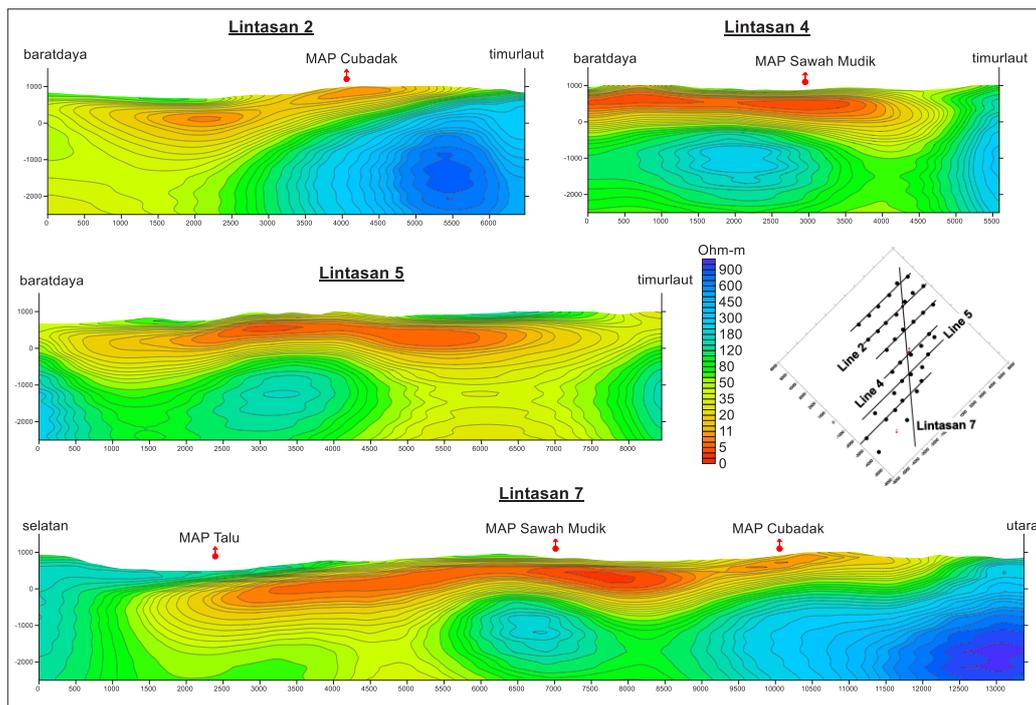
Gambar 6. Perbandingan respon kurva hasil Inversi 3-D terhadap data pengukuran pada beberapa titik ukur yang mewakili.



Gambar 7. Peta tahanan jenis hasil pemodelan 3-D dengan kedalaman bervariasi

Pada Gambar 8, hasil lintasan 2 menunjukkan bahwa lapisan tahanan jenis rendah lebih kecil dari 11 Ohm-m di bawah manifestasi Cubadak diduga sebagai lapisan penudung, sedangkan *body* bertahanan jenis tinggi dibagian timur laut diperkirakan sebagai respon batuan malihan yang bertindak sebagai batuan dasar di daerah penelitian. Lapisan tahanan jenis rendah lebih kecil dari 11 Ohm-m di bawah manifestasi Sawah Mudik pada lintasan 4 juga diduga sebagai lapisan penudung yang menerus hingga ke lintasan 5. Hasil lintasan 7 merupakan

lintasan berarah selatan-utara yang hampir memotong keberadaan manifestasi Talu, Sawah Mudik, dan Cubadak yang terlihat zona sebaran tahanan jenis rendah lebih kecil dari 11 Ohm-m memiliki pola kemenerusan dan juga terlihat pada peta sebaran tahanan jenis pada kedalaman 500 meter (Gambar 6). Pola kemenerusan zona lapisan tahanan jenis rendah lebih kecil dari 11 ohm-m yang menerus ke arah manifestasi Talu diperkirakan sebagai respon dari aliran piroklastik Cubadak yang telah teralterasi.



Gambar 8. Penampang tahanan jenis hasil pemodelan inversi 3-D pada lintasan 2, 4, 5, dan 7

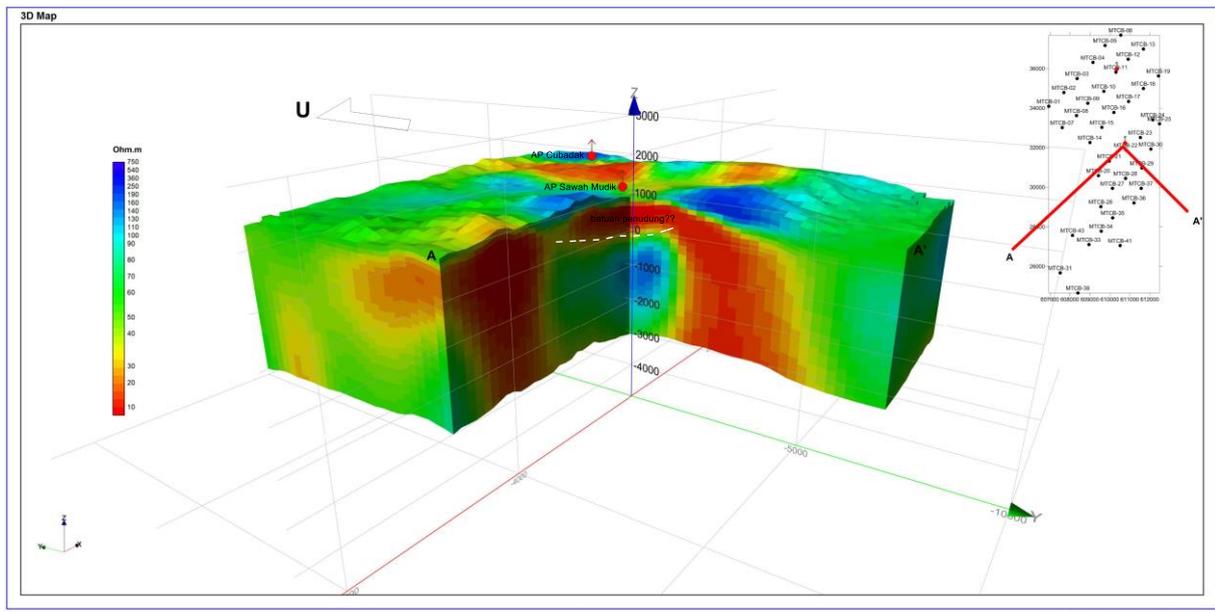
PEMBAHASAN

Pembentukan sistem panas bumi daerah Cubadak diduga muncul akibat aktivitas vulkanik berupa erupsi celah. Erupsi celah ini menghasilkan tubuh-tubuh intrusi muda di lingkungan graben Cubadak, sehingga sisa panasnya diduga merupakan sumber panas untuk aktivitas sistem panas bumi ini. Keberadaan sesar Cubadak dan sesar Botung diduga merupakan struktur sesar yang mengontrol pemunculan mata air panas di daerah penyelidikan (Nurhadi, dkk., 2009).

Berdasarkan hasil data MT, keberadaan nilai tahanan jenis rendah di sekitar manifestasi Cubadak dan Sawah Mudik diduga sebagai zona alterasi argilik yang kaya akan mineral lempung yang bertindak sebagai batuan penudung dan berada pada satuan batuan piroklastik yang hampir mengisi seluruh zona depresi Cubadak. Keberadaan zona transisi di bawah manifestasi Cubadak terletak pada kedalaman 750 meter, sedangkan zona transisi di bawah manifestasi Sawah Mudik berada pada kedalaman 1.000 meter. Sebaran tahanan jenis ≥ 60 Ohm-

m di sekitar manifestasi Cubadak pada kedalaman 1000 meter, dan di sekitar manifestasi Sawah Mudik pada kedalaman 1.250 meter diduga sebagai zona alterasi propolitik yang diinterpretasikan sebagai puncak reservoir dari sistem panas bumi Cubadak. Keberadaan zona reservoir diduga berada pada satuan batusabak yang kaya akan rekahan dan bersifat permeabel, dimana batusabak ini diperkirakan sebagai batuan dasar di daerah penyelidikan.

Gambar 9 merupakan visualisasi hasil pemodelan inversi 3-D yang memotong keberadaan manifestasi Sawah Mudik. Lapisan tahanan jenis rendah lebih kecil dari 11 Ohm-m yang berada di bawah mata air panas Sawah Mudik hingga kedalaman 1.000 meter, telah berubah sifat fisis batumannya oleh fluida panas yang naik kepermukaan. Nilai tahanan jenis sedang ≥ 60 Ohm-m yang tertindih di bawahnya pada kedalaman sekitar 1.250 meter, diinterpretasikan sebagai top reservoir dari sistem panas bumi Cubadak.



Gambar 9. Hasil Visualiasi pemodelan 3-D yang memotong keberadaan mata air panas Sawah Mudik.

KESIMPULAN

Keberadaan nilai tahanan jenis rendah lebih kecil dari 11 Ohm-m di sekitar manifestasi Cubadak dan Sawah Mudik diduga sebagai zona alterasi argilik dan bertindak sebagai lapisan penudung dari sistem panas bumi di daerah ini yang mulai terdeteksi pada masing-masing pada kedalaman 100 dan 250 meter. Sebaran tahanan jenis rendah tersebut meninggi ≥ 60 Ohm-m di sekitar manifestasi Cubadak pada kedalaman 1.000 meter, dan di sekitar manifestasi Sawah mudik pada kedalaman 1.250 meter yang diinterpretasikan sebagai zona top reservoir dari sistem panas bumi Cubadak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi atas pemberian ijin untuk penulisan makalah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Bidang Panas Bumi dan rekan-rekan di Bidang Panas Bumi yang telah bersedia berdiskusi dengan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnason, K., dan Flovenz, O.G., 1992, *Evaluation of physical methods in exploration of rifted volcanic crust: Geothermal Resources Council Transactions*, 16, 207-214.
- Avdeeva, A., Moorkamp, M., Avdeev, D., Jegen, M., and Miensoopust, M., 2015, *Three-dimensional inversion of magnetotelluric impedance tensor data and full distortion matrix" Geophysical Journal International* 202, 464-481.
- Cumming, W., dan Mackie, R., 2010, *Resistivity Imaging of Geothermal Resources Using 1D, 2D, and 3D MT Inversion and TDEM Static Shift Correction Illustrated by a Glass Mountain Case History*.
- Grandis, H., 2009, Pengantar pemodelan inversi geofisika, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Nurhadi, M., Widodo, S., Soetoyo, Sulaeman, B., 2009, Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Terpadu Daerah Panas Bumi Terpadu Cubadak, Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat, Prosiding Hasil Kegiatan Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Siripunvaraporn, W., Egbert, G., Lenbury, Y., Uyeshima, M., 2005, *Three Dimensional magnetotelluric inversion: data-space method*, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 150, 3-14.

Siripunvaraporn, W., 2006, *WSINV3DMT version 1.0.0 for Single Processor Machine, User Manual*, Department of Physics, Faculty of Science Mahidol University, Rama 6 Rd., Rachatawee, Bangkok 10400.

Simpson, F. and Bahr, K., 2005, *Practical Magnetotellurics*, Cambridge University Press.

Uchida, T., and Mitsuhashi, Y., 1995, *Two-dimensional inversion and interpretation of magnetotelluric data in the Sumikawa geothermal field, Japan: Geological Survey of Japan, Report No. 282*, 17-49.

Vozoff, K., 1990, *Magnetotelluric: Principle and Practice*, Volume 99, No 4, pp. 441-471, *Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci.)*.

Diterima	: 24 Januari 2018
Direvisi	: 12 Februari 2018
Disetujui	: 31 Mei 2018

UCAPAN TERIMA KASIH

Dewan Redaksi dalam kesempatan ini ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para editor dan mitra bestari atas kerjasama yang baik dalam penyiapan artikel-artikel untuk edisi kesatu. Secara khusus, kami mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang berkontribusi sesuai keahliannya untuk edisi ini, antara lain Prof. Dr. Binarko Santoso, Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Mega Fatimah Rosyana, M.Sc, Dr. Euis Tintin Yuningsih, S.T, M,Sc dan Ir. Sabtanto Joko Suprpto, MT.

Kami juga mengucapkan terimakasih kepada semua unsur Dewan Redaksi atas usaha yang sangat baik dalam menyelesaikan penerbitan Buletin Sumber Daya Geologi Volume-13 Nomor-1 Tahun 2018. Kami berharap kehadiran Buletin Sumber Daya Geologi kepada masyarakat umum dalam bentuk cetakan maupun digital secara on line dapat memberikan informasi yang bermanfaat dan akurat tentang potensi sumber daya geologi di Indonesia.

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 13 Nomor 1 Tahun 2018

ISSN 1907-5367, eISSN 2580-1023

INDEKS PENULIS

Aldrin Ramadian
Fakultas Teknik Geologi, Universitas
Padjadjaran
Email: aldrin.ramadian@unpad.ac.id

Dzil Mulki Heditama
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara
dan Panas Bumi
Email: dzil.mulki@gmail.com

Herry Rodiana Eddy
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara
dan Panas Bumi
Email: h_rodiana@yahoo.com

Ignatius Forza Yoga Gautama
Universitas Gadjah Mada
Email: ignatius.forza@gmail.com

Nining Widaningsih
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara
dan Panas Bumi
Email: nwidaningsih@yahoo.com

Nisa Nurul Ilmi
Fakultas Teknik Geologi, Universitas
Padjadjaran
Email: nisa.nurul.ilmii@unpad.ac.id

Ronaldo Irzon
Pusat Survei Geologi
Email: ronaldoirzon18@gmail.com

Tony Rahadinata
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara
dan Panas Bumi
Email: tony.rahadinata@gmail.com

Yudi Aziz Muttaqin
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara
dan Panas Bumi
Email: satrio99aziz@gmail.com

Wiwid Joni
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara
dan Panas Bumi
Email: joniwiwid@gmail.com

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 13 Nomor 1 Tahun 2018

ISSN 1907-5367, eISSN 2580-1023

INDEKS KATA KUNCI

Analisis laboratorium 15, 26
Bahan acuan baku 15, 19, 21-24, 26, 28
Batuan induk 31, 32, 34, 37-39, 41, 42, 46, 48, 53
Bauksit 45-56
Cekungan Jawabarat Selatan 31
Chargeability 9-11, 13-16, 21
Cubadak 59-64 66-68
Desa Satar Punda 15, 17
Desa Pace 15, 18, 19
Emas 1-3, 5-7, 13, 18, 19, 23, 28
Formasi Walat 31-36, 42
Geokimia 31-33, 36, 47, 48, 50, 55, 56
Hidrokarbon 31-33, 37-40, 42
Inversi 3-D 59, 61, 63-65, 67
Magnetotelurik 59, 60
Mangan 15, 16-24, 26-29
Mineralisasi 1-8, 13, 19, 47
panas bumi 1, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 24, 27, 28, 59-62, 64, 67, 68
Polarisasi terinduksi 1, 2
Resistivitas 1-3, 5-8, 13
Sisa pencucian 45, 47, 48, 51-53
Sumatera 59-61, 63, 68
Sumber Cerium 45
UTJ 45-48, 50-54

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Mei 2018

ISSN 1907-5367, eISSN 2580-1023

DDC:

Ignatius Forza Yoga Gautama¹, Dzil Mulki Heditama², dan Yudi Aziz Muttaqin²

(¹Prodi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

²Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi)

POTENSI ZONA URAT KUARSA BERDASARKAN ANALISIS GEOFISIKA DENGAN METODE POLARISASI TERINDUKSI DI DAERAH OLAT TANAH MERAH - PLAMPANG, KABUPATEN SUMBAWA, PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2018 Vol. 13 No. 1 Hal. 1 - 14

Penelitian dengan menggunakan metode polarisasi terinduksi telah dilakukan di daerah Olat Tanah Merah - Plampang, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran dan potensi zona urat kuarsa yang diduga mengandung mineralisasi emas di bawah permukaan. Pengukuran metode polarisasi terinduksi dilakukan dalam kawasan waktu menggunakan konfigurasi dipol-dipol dengan jarak antar elektroda 50 m. Data polarisasi terinduksi yang terukur sebanyak 14 lintasan dengan panjang tiap lintasan 1000 m dan jarak antar lintasan 100 m s.d. 200 m. Pemodelan 2D dilakukan untuk mendapatkan penampang dengan nilai resistivitas dan chargeability dari tiap lintasan, sedangkan pemodelan 3D dilakukan untuk mengetahui arah kemenerusan zona mineralisasi emas dan memperkirakan potensi volume zona urat kuarsa. Berdasarkan hasil penampang 2D resistivitas dan chargeability, diketahui bahwa zona mineralisasi emas memiliki nilai resistivitas >250 Ω m dan chargeability >300 ms yang diinterpretasikan sebagai mineral-mineral sulfida yang berasosiasi dengan bijih emas dan alterasi argilik - silisik pada batuan tuf dan diorit. Berdasarkan hasil model 3D diketahui adanya kemenerusan zona mineralisasi emas utama yang memanjang dengan arah utara-selatan dan volume zona urat kuarsa yang mengandung mineralisasi emas diperkirakan sebesar 519.000 m³.

Kata kunci: polarisasi terinduksi, resistivitas, chargeability, mineralisasi, emas

DDC:

Nining Widaningsih dan Herry Rodiana Eddy
(Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi)

PEMBUATAN BAHAN ACUAN BAKU UNTUK ANALISIS CONTO MANGAN

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2018 Vol. 13 No. 1 Hal. 15 - 29

Pembuatan bahan acuan baku untuk analisis conto mangan dilakukan guna mencari alternatif lain dari penggunaan Certified Reference Material produksi lembaga asing yang harganya relatif mahal serta jumlahnya yang terbatas. Conto mangan yang digunakan untuk bahan acuan baku diperoleh dari wilayah konsesi PT Arumbai Mangabekti, di

Desa Satar Punda, Kecamatan Lamba Leda, Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur dan di Desa Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan International Manganese Institute, conto mangan yang memiliki kandungan Mn total berkisar antara 35% s.d. 48% dikategorikan sedang, dan yang lebih besar dari 50%, tinggi. Kegiatan pemercontaan di Kabupaten Manggarai Timur dengan kode conto BWN, SATARNANI dan STN-2, sedangkan di Kabupaten Jember dengan kode conto SDG-1. Preparasi conto mangan dilakukan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, untuk mendapatkan conto yang homogen dengan ukuran 150 mesh. Analisis kimia dilakukan untuk menentukan major dan minor elements yang terkandung di dalam conto mangan. Data hasil analisis kimia yang dilakukan di delapan laboratorium termasuk Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, kemudian dilakukan pengolahan data dengan beberapa metoda statistik. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa ke empat conto tersebut memenuhi kriteria kandungan Mn total kadar sedang dan tinggi. Conto bahan acuan baku dengan kriteria kandungan Mn total kadar sedang terdapat pada kode conto BWN (Mn total 35,01%), kode conto SATARNANI (Mn total 44,24%) dan SDG-1 (Mn total 48,90%), sedangkan kandungan Mn total kadar tinggi terdapat pada kode conto STN-2 (Mn total 55,85%).

Kata kunci: bahan acuan baku, mangan, analisis laboratorium, Desa Satar Punda, Desa Pace

DDC:

Nisa Nurul Ilmi dan Aldrin Ramadian
(Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran)

KARAKTERISTIK GEOKIMIA BATUAN INDUK FORMASI WALAT, KABUPATEN SUKABUMI, PROVINSI JAWA BARAT

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2018 Vol. 13 No. 1 Hal. 31 - 43

Kajian karakteristik geokimia batuan induk Formasi Walat di Sukabumi, Jawa Barat merupakan suatu langkah untuk mendapatkan informasi mengenai sistem minyak dan gas bumi yang ada. Lebih lanjut lagi, kajian ini juga diharapkan dapat mengungkap kesamaan sistem minyak dan gas bumi di daerah studi, dengan potensi hidrokarbon terbukti di Cekungan Jawabarat Utara. Kekayaan material organik, tingkat kematangan, serta tipe hidrokarbon yang dihasilkan merupakan parameter penting yang menunjukkan karakter batuan induk secara geokimia. Sistematika pemercontaan singkapan Formasi Walat yang diyakini berpotensi sebagai batuan induk, dianalisis ke laboratorium untuk penyelidikan karakteristik geokimia. Sebanyak tujuh belas percontoh terpilih, dan selanjutnya dianalisis karakter geokimianya melalui parameter Total Organic Carbon dan Rock Eval Pyrolysis (nilai S1, S2, dan S3 beserta turunannya).

Berdasarkan tingkat kematangan, semua percontoh berada pada tingkatan matang hingga matang akhir dengan kualitas kerogen tipe III yang menghasilkan gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Formasi Walat memiliki karakter batuan induk dengan kekayaan sedang hingga sangat baik, dan memiliki potensi untuk menghasilkan hidrokarbon jenis gas. Berdasarkan penemuan sumber batuan induk potensial di formasi ini, maka dapat dikatakan

bahwa di daerah studi terdapat sistem minyak dan gas bumi yang setara dengan Cekungan Jawabarat Utara, sehingga eksplorasi migas pada wilayah selatan Jawa Barat menjadi menarik.

Kata kunci: batuan induk, geokimia, hidrokarbon, Formasi Walat, Cekungan Jawabarat Selatan

DDC:

Ronaldo Irzon
(Pusat Survei Geologi)

LIMBAH PENCUCIAN BAUKSIT SEBAGAI SUMBER UNSUR TANAH JARANG POTENSIAL; STUDI KASUS PULAU SELAYAR, PROVINSI KEPULAUAN RIAU

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2018 Vol. 13 No. 1 Hal. 45 - 57

Bauksit dihasilkan dari proses pelapukan batuan kaya mineral alkali, telah mulai dieksploitasi di Pulau Selayar, wilayah Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau yang menjadi lokasi penelitian ini. Sumber daya aluminium di daerah ini tergolong ke dalam kelompok laterit-bauksit, karena terbentuk akibat proses pelapukan dan belum pernah ditemukan keterdapatan karst. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kadar dan karakter unsur tanah jarang pada beberapa jenis conto dari lokasi tambang bauksit di Sembuang, Pulau Selayar. Selain itu, juga bertujuan untuk mengetahui jenis mineral dan jenis bijih bauksit. Perangkat analisis pada studi ini adalah ICP-MS, XRF, dan XRD dari Laoratorium Geologi – Pusat Survei Geologi yang secara berturut-turut dimanfaatkan untuk mengetahui kelimpahan unsur tanah jarang, kadar oksida utama, dan jenis mineral lempung pada contoh. Gibsit terdeteksi sebagai mineral alumina utama dan menjadi petunjuk bahwa proses bauksitisasi berlangsung pada kondisi tropis. Walaupun batuan yang berada di stockpile dapat dikategorikan sebagai bauksit, namun belum memiliki kadar alumina ekonomis. Meski terindikasi lebih tinggi dari pada lima conto lainnya, kadar UTJ pada bauksit hasil pencucian berada dalam tingkat menengah. Namun, karakteristik konsentrasi Cerium (Ce) yang tinggi, sebagai bahan buangan di atas permukaan, dengan tekstur yang lunak, dan luas bidang permukaan yang besar dapat dijadikan pijakan bahwa sisa pencucian layak diproses dalam pemurnian unsur Cerium menjadi material ekonomis. Berdasarkan data anomali positif unsur Ce, hampir seluruh conto telah mengalami proses oksidasi. Komposisi plagioklas terhadap mineral lain pada conto bauksit di stockpile, sangat mungkin telah menurun akibat proses pencucian dan penyaringan berdasarkan pada anomali negatif unsur Europium (Eu), sedangkan conto lain justru menunjukkan anomali positif.

Kata kunci: bauksit, sisa pencucian, sumber Cerium, UTJ

DDC:

Wiwid Joni dan Tony Rahadinata
(Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi)

STRUKTUR SISTEM PANAS BUMI DAERAH CUBADAK BERDASARKAN PEMODELAN INVERSI 3-D DATA MAGNETOTELURIK

Buletin Sumber Daya Geologi

BSDG Mei 2018 Vol. 13 No. 1 Hal. 59 - 69

Daerah panas bumi Cubadak terletak di Kabupaten Pasaman, Provinsi Sumatera Barat. Keberadaan sistem panas bumi di daerah Cubadak ditandai oleh munculnya mata air panas berupa mata air panas Cubadak, Sawah Mudik, dan Talu dengan temperatur antara 37,1oC dan 74,8oC. Survei magnetotelurik (MT) telah dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Badan Geologi, di daerah tersebut pada Tahun 2012, yang bertujuan untuk mengidentifikasi sistem panas bumi Cubadak. Penggunaan pemodelan inversi 3-D terhadap data MT diharapkan dapat mendelineasi dengan baik struktur sistem panas bumi Cubadak.

Berdasarkan pemodelan 3-D dihasilkan suatu struktur tahanan jenis, yang memiliki zona rendah (lebih kecil dari 11 Ohm-m) di sekitar manifestasi panas bumi Cubadak dan Sawah Mudik, diinterpretasikan sebagai zona alterasi argilik, masing-masing mulai pada kedalaman 100 meter dan 250 meter, serta bertindak sebagai batuan penudung bagi sistem panas bumi Cubadak. Sementara itu, keberadaan top reservoir dari sistem tersebut diidentifikasi berada di bawah manifestasi Cubadak pada kedalaman 1.000 meter, sedangkan di bawah manifestasi Sawah Mudik pada kedalaman 1.250 meter.

Kata kunci: Cubadak, Sumatera, magnetotelurik, Inversi 3-D, panas bumi



Brine Chloride Water dan Travertine Deposit yang membentuk kolam air panas siria-ria dengan temperatur 60°C, Tarutung, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara



Salah satu kawah yang terdapat pada Gunung Inielika dan mengalami erupsi terakhir pada tahun 2001 berupa erupsi phreatik, Provinsi Nusa Tenggara Timur

GALERI FOTO



Sublimasi Belerang di daerah Wolo Puti, Jerebuu, Kabupaten Ngada, Provinsi Nusa Tenggara Timur



Komparator Alami dan Buatan (Sinter silika) Daerah Panas Bumi Nage, Kabupaten Ngada, Provinsi Nusa Tenggara Timur



Influx air panas bertemperatur 77°C, debit 60 lpm pada sumur PNT-1, Survei Landaian Suhu Daerah Panas Bumi Panti, Kabupaten Pasaman, Provinsi Sumatera Barat



Jejak tumbuh kristal pada rekahan di inti bor Sumur PSR-1, Pulau Pantar, Provinsi Nusa Tenggara Timur

GALERI FOTO



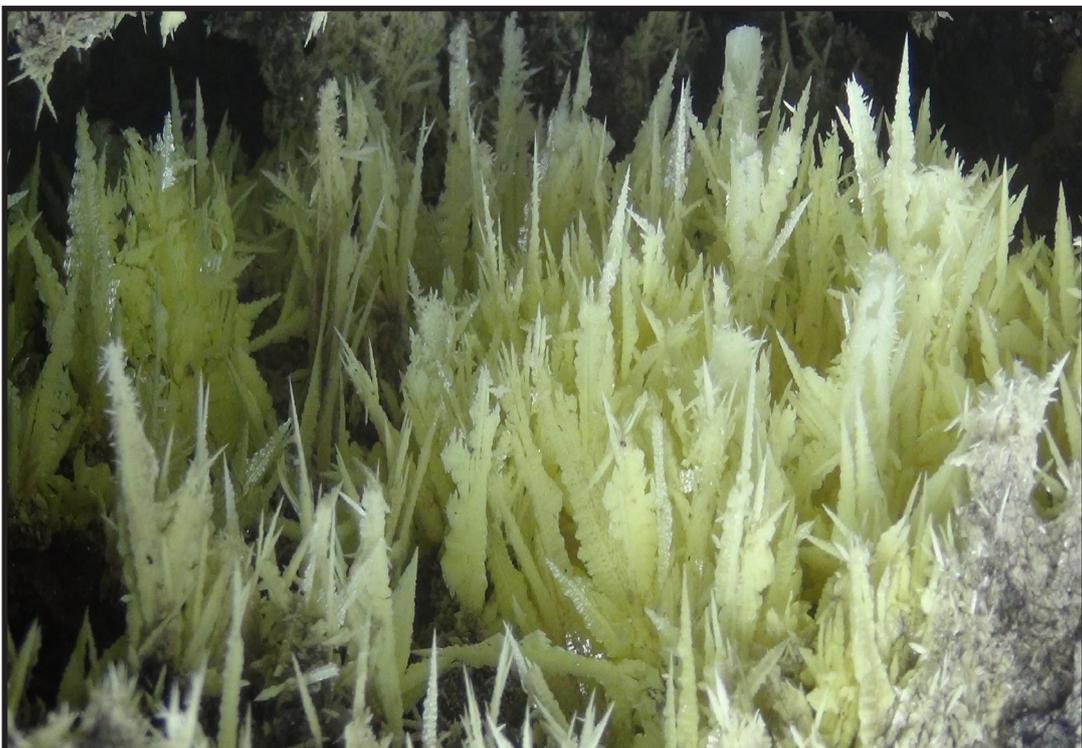
Pengukuran Temperatur Air Panas, Nage, Kabupaten Ngada,
Provinsi Nusa Tenggara Timur



Influx air panas bertemperatur 77°C, debit 60 lpm pada sumur PNT-1, Survei Landaian
Suhu Daerah Panas Bumi Panti, Kabupaten Pasaman, Provinsi Sumatera Barat



Singkapan batubara diukur rekahan untuk mendapatkan arahnya, Sukajaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan



Belerang menyerupai tumbuhan paku, yang terdapat di Fumarol Wolo Puti, Nage, Kabupaten Ngada, Provinsi Nusa Tenggara Timur

GALERI FOTO



Contoh batuan inti terdapat offset yang dapat dilihat. Sukajaya,
Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan



Kegiatan deskripsi batuan oleh seorang *geologist*. Daerah Panas Bumi Gou,
Kabupaten Ngada, Provinsi Nusa Tenggara Timur



Mesin bor CS10 lokasi eksplorasi CBM. Sukajaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan



Mengamati dan menganalisa manifestasi yang terletak di kawah Gunung Inelika dari jauh. Puncak Gunung Inelika, Kabupaten Bajawa, Provinsi Nusa Tenggara Timur

GALERI FOTO



Non Termal Manifestasi Panas Bumi, yaitu alterasi hidrotermal (temperatur alterasi sekitar 21°C) dan air dingin asam kawah. Kabupaten Bajawa, Provinsi Nusa Tenggara Timur



Lokasi eksplorasi CBM disaat matahari akan terbit.
Sukajaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan

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 Mineral Batubara dan Panas Bumi. 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 dialih bahasa/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 *point*. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut:

NO	POKOK BAHASAN	POKOK PIKIRAN
I	Judul (<i>Title</i>)	Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxsimile serta email.
II	Abstrak dan <i>Abstract</i>	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 hingga 6 kata. <i>Abstract</i> atau abstrak yang ditulis di bawah abstrak atau <i>abstract</i> menggunakan <i>italic font</i> .

PEDOMAN PENULIS

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

Beberapa contoh penulisan sumber acuan:

Jurnal

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

Buku

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

Bab dalam Buku

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

Prosiding

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

Skripsi/Tesis/Disertasi

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

Informasi dari Internet

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

Wewenang Redaksi

- Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa mengubah 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 eksemplar naskah asli baik *hardcopy* maupun *softcopy* kepada:

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



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

Alamat Redaksi

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

