

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 9 No. 2, Agustus 2014



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Geologi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 9	No. 2	Halaman 69 - 138	Bandung Agustus 2014	Terakreditasi sebagai Majalah Berkala ilmiah kutipan keputusan kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia No. 395/D/2012 Tanggal 24 April 2012
--------------------------------	--------	-------	---------------------	-------------------------	--

KETERANGAN SAMPUL DEPAN

Objek merupakan manifestasi panas bumi berupa mata air panas yang tinggi sekali kadar bi-karbonatnya sehingga menghasilkan endapan kapur berwarna putih, daerah Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara



LEMBAGA
ILMU PENGETAHUAN
INDONESIA

**P2
MI**
Panitia
Penilai
Majalah
Ilmiah



KAN
Komite Akreditasi Nasional
Lembaga Ilmu Pengetahuan
Indonesia
LISMA 016 IDN

SERTIFIKAT

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

Akreditasi Majalah Ilmiah

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

Nama Majalah : Buletin Sumber Daya Geologi

ISSN : 1907-5367

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

Ditetapkan sebagai Majalah Ilmiah

TERAKREDITASI

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

Cibinong, 24 April 2012

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Ketua Panitia Penilai Majalah Ilmiah-LIPI

→ Prof. Dr. Rochadi
NIP 195007281978031001

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



ISSN 1907-5367

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 9 No. 2, Agustus 2014



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Badan Geologi

Pusat Sumber Daya Geologi

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 9	No. 2	Halaman 69 - 138	Bandung Agustus 2014	Terakreditasi sebagai Majalah Berkala ilmiah kutipan keputusan kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia No. 395/D/2012 Tanggal 24 April 2012
--------------------------------	--------	-------	---------------------	-------------------------	--

KETERANGAN SAMPUL DEPAN

Objek merupakan manifestasi panas bumi berupa mata air panas yang tinggi sekali kadar bi-karbonatnya sehingga menghasilkan endapan kapur berwarna putih, daerah Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara

PENGANTAR REDAKSI

Waktu berjalan dengan sangat cepat, Redaksi Buletin Sumber Daya Geologi harus tetap konsisten tepat waktu menyelesaikan dan menghantarkan Edisi nomor 2 ke hadapan para pembaca tanpa mengurangi kualitas nilai ilmiah dari setiap makalah di dalamnya. Kendala klise disetiap terbitan adalah minimnya tulisan berkualitas yang masuk ke meja redaksi dan kecepatan perbaikan oleh penulis setelah proses editing karena kesibukan penulis yang juga seorang peneliti/penyelidik bumi di lapangan. Namun dengan mengucap syukur, hasil kerja sama yang luar biasa redaksi, editor dan para penulis ini dapat sampai ke tangan pembaca terutama kalangan yang berkecimpung dalam pengelolaan sumber daya mineral dan energi di Indonesia.

Untuk edisi nomor 2 ini, redaksi menyajikan lima makalah yang merupakan makalah pilihan yang dua diantaranya adalah tentang sumber daya energi *non* konvensional yaitu mengenai serpih minyak (*oil shale*) dan Gas Metan Batubara (GMB) atau *Coal Bed Methane (CBM)*. Dua makalah tersebut mengenai geokimia organik dan kandungan minyak pada Serpih Silat di Kabupaten Kapuas Hulu dan kajian mengenai permeabilitas yang dibentuk oleh *cleat* dalam batubara yang dapat menentukan besarnya potensi gas metan batubara. Makalah lain tentang batubara dengan topik kajian yang berbeda hadir dalam dua makalah yaitu mengenai analisis anomali kandungan sulfur dalam lapisan batubara dan kestabilan lereng tambang pada tambang terbuka batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara. Tembaga telah dengan resmi digolongkan menjadi mineral strategis (Instruksi Presiden no 3 tahun 2013) sehingga informasi mengenai pengelolaan mineral ini sangat berperan dalam penentuan kebijakan strategis nasional. Untuk itu di edisi nomor 2 ini, Buletin tercinta khusus menghadirkan hasil kajian potensi tembaga Indonesia yang berjudul *Evaluation of Copper Deposits Prospect in Wai Wajo Area, Sikka District, East Nusa Tenggara Province*.

Redaksi tidak pernah bosan mengundang para penulis pemula (para calon pejabat fungsional di bidang geominian) untuk berpartisipasi sekaligus memanfaatkan Buletin Sumber Daya Geologi sebagai sarana mempublikasikan pemikiran, ide, dan hasil kerja lapangan. Sayang sekali apabila ide dan karya cemerlang hanya disimpan tanpa berguna bagi orang lain. Redaksi dan editor akan senantiasa siap membantu untuk meningkatkan kualitas baik substansi maupun redaksional karya ilmiah terutama bagi penulis pemula. Jadi MARI MULAI MENULIS!!!

Selamat menikmati dan salam hangat selalu dari kami.
Dewan Redaksi.

Penasihat

Kepala Pusat Sumber Daya Geologi

Penanggungjawab

Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc

Redaktur

Ir. Rina Wahyuningsih

Ir. Denni Widhiyatna

Ir. Herry Rodiana Eddy, M.Si

Edi Suhanto, ST., M.Si

Ir. Sabtanta Joko Suprpto

Ir. Dwi Nugroho Sunuhadi

Editor

Ir. Bambang Pardiarto

Ir. Kusdarto

Ir. Deddy Amarullah

Ir. Raharjo Hutamadi

Ir. Teuku Ishlah

Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc

Desain Grafis dan Fotografer

Candra, ST

Rizki Novri Wibowo, S.Ds

Sekretariat

Dra. Ella Dewi Laraswati

Retno Rahmawati Lestari, S.Si

Dwi Asmoro Susanto, A.Md

Mitra Bestari Edisi ini

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

Prof. Dr. Bukin Daulay, M.Sc

Dr. Eng. Suryantini, ST

Dr. Imam Sadisun, M.Eng

Dr. Ir. Bambang Tjahjono, M.Sc

DAFTAR ISI

MAKALAH ILMIAH

- 69 - 80 **GEOKIMIA ORGANIK DAN KANDUNGAN MINYAK PADA SERPIH SILAT, DI DAERAH NANGA SILAT, KABUPATEN KAPUAS HULU, PROVINSI KALIMANTAN BARAT**
Oleh : Robet Lumban Tobing
- 81 - 88 **KARAKTERISTIK GEOMETRI *CLEAT* BATUBARA FORMASI TANJUNG DI DAERAH MEGALAU, KABUPATEN KOTABARU, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**
Oleh : Eska Putra Dwitama dan Oktarian Iskandar
- 89 - 104 **KESTABILAN LERENG TAMBANG TERBUKA BATUBARA DI DAERAH DESA PURWAJAYA, KECAMATAN LOAJANAN, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**
Oleh : Sulaeman, Rd. Irvan Sophian, Geni Dipatunggoro, Febri Hirnawan
- 105 - 120 ***EVALUATION OF COPPER DEPOSITS PROSPECT IN WAI WAJO AREA SIKKA DISTRICT, EAST NUSA TENGGARA PROVINCE***
Oleh : Bambang Pardiarto
- 121 - 138 **ANALISIS ANOMALI KANDUNGAN TOTAL SULFUR DALAM PENENTUAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUBARA *SEAM X78* FORMASI BALIKPAPAN DI DAERAH SEPARI, KALIMANTAN TIMUR**
Oleh : Teddy Tresnanto, Yoga Andriana, Budi Muljana

SARI MAKALAH

Oleh : Redaksi

GALERI FOTO

Oleh : Rizki Novri Wibowo, S.Ds

PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH

Oleh : Redaksi

**GEOKIMIA ORGANIK DAN KANDUNGAN MINYAK PADA SERPIH SILAT,
DI DAERAH NANGA SILAT, KABUPATEN KAPUAS HULU,
PROVINSI KALIMANTAN BARAT**

*ORGANIC GEOCHEMISTRY AND OIL CONTENTS IN SILAT SHALE
AT NANGA SILAT AREA, KAPUAS HULU REGENCY,
WEST KALIMANTAN PROVINCE*

Robet Lumban Tobing

Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno-Hatta No 444, Bandung
trebor_dim@yahoo.co.id

diterima : 27 Juni 2014

direvisi : 2 Juli 2014

disetujui : 4 Agustus 2014

ABSTRAK

Serpih minyak merupakan salah satu sumber energi alternatif pengganti minyak bumi konvensional. Di Indonesia, serpih minyak tersebar di banyak tempat, salah satunya Serpih Silat berumur Eosen Atas. Penelitian geokimia organik dan kandungan minyak yang dilakukan pada Serpih Silat di daerah Nanga Silat, Kapuas Hulu bertujuan untuk mengetahui kelimpahan, tipe, kematangan termal, kuantitas minyak, asal mula dan lingkungan pengendapan material organik yang terkandung di dalam conto batuan. Metode yang dipakai adalah menganalisis, mengkompilasi, dan mengestimasi data hasil analisis *TOC (Total Organic Carbon)*, *retort*, pirolisis, ekstraksi dan *GC (Gas Chromatography)*. Plot silang antara *TOC* terhadap *PY*, *HI* terhadap *OI*, dan T_{maks} terhadap *HI* dan hasil analisis *retort* memperlihatkan bahwa material organik memiliki potensi yang baik hingga sangat baik untuk menghasilkan hidrokarbon, merupakan kerogen Tipe II (*oil prone*) dan Tipe III (*gas prone*), berada pada tahap awal matang, dan jumlah rata-rata kandungan minyak yang dihasilkan sebesar 4,55 liter/ton batuan. Dari hasil analisis kromatografi diperoleh bentuk konfigurasi alkana normal dua puncak (bimodal) yaitu C17 dan C27, C17 dan C28, serta C17 dan C23, serta Plot silang antara pristana/nC17 dan fitana/nC18 mengindikasikan adanya kontribusi material organik asal tumbuhan tinggi/darat dan alga lakustrin/laut pada kondisi oksidasi dan reduksi.

Kata kunci : kematangan, material organik, serpih minyak.

ABSTRACT

Oil shale is one of alternative energy to substitute the conventional oil. In Indonesia, oil shales are found in many places, including Silat Shale of Upper Eocene. The studies of organic geochemistry and oil content were performed on this formation in Nanga Silat area of Kapuas Hulu Regency with purposes to determine the abundance, type, thermal maturity, oil quantity, origin and depositional environment of organic material contained in rock samples. The methods used were to analyze, compile, and estimate the results of the total organic carbon, retorts, pyrolysis, extraction and gas chromatography. Cross plot between PY vs. TOC, HI vs. OI, and T_{max} vs. HI and the result of retort analysis showed that the organic material has good to very good potential to produce hydrocarbons, as well as type II (oil prone) and type III (gas prone) kerogen at early mature stage. The average number of produced oil content is 4.55 liters/ton of rock. The chromatographic analysis shows that the normal alkanes configuration form has two peaks (bimodal type), namely C17 and C27, C17 and C28, C17 and C23, as well as the cross plot between pristane/nC17 vs. phytane/nC18 indicates that the organic material in the area is derived from a mixture of higher altitude plants and algae in the oxidized and reduced conditions.

Keywords : maturity, organic material, oil shales.

PENDAHULUAN

Serpih minyak merupakan salah satu sumber energi alternatif pengganti minyak dan gas bumi konvensional. Serpih minyak adalah batuan sedimen berbutir halus yang mengandung material organik yang akan menghasilkan minyak ketika dilakukan *retorting* pada temperatur 550°C (Yen dan Chilingarian, 1976). Nilai ekonomis serpih minyak berkisar 25 hingga 40 liter minyak/ton batuan (Dyini, 2006).

Di Indonesia, serpih minyak tersebar di banyak tempat, salah satunya adalah di daerah Nanga Silat dan sekitarnya, Provinsi Kalimantan Barat. Di lokasi penelitian, endapan serpih minyak ditemukan pada Serpih Silat. Menurut Heryanto, dkk (1993), formasi ini diperkirakan berumur Eosen Atas.

Formasi batuan yang mengandung endapan serpih pada umumnya terendapkan dalam suatu lingkungan yang relatif tenang. Kandungan material organik serpih umumnya berasal dari alga dan sisa-sisa tetumbuhan.

Maksud dari tulisan ini adalah untuk mengetahui geokimia organik dan kandungan minyak di dalam serpih minyak pada Serpih Silat yang meliputi kekayaan, tipe, kematangan termal, kuantitas minyak, asal mula dan lingkungan pengendapan material organik yang terkandung di dalam conto batuan.

Secara administratif, lokasi penelitian berada di wilayah Kabupaten Kapuas Hulu, Provinsi Kalimantan Barat. Yang secara geografis berada pada koordinat 111°42' hingga 111°57' Bujur Timur dan 00°08' hingga 00°23' Lintang Utara (Gambar 1).

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Morfologi di daerah penelitian dibedakan menjadi dua satuan, yaitu satuan perbukitan bergelombang dan perbukitan terjal. Satuan perbukitan bergelombang didominasi oleh batuan Formasi Ingar, Kelompok Selangkai dan Serpih Silat, sedangkan satuan

perbukitan terjal didominasi oleh batuan Batupasir Dangan dan Terobosan Sintang yang menempati bagian tengah daerah penelitian dan menyebar berarah barat hingga timur. Pola aliran sungai yang berkembang adalah pola dentritik dan parallel.

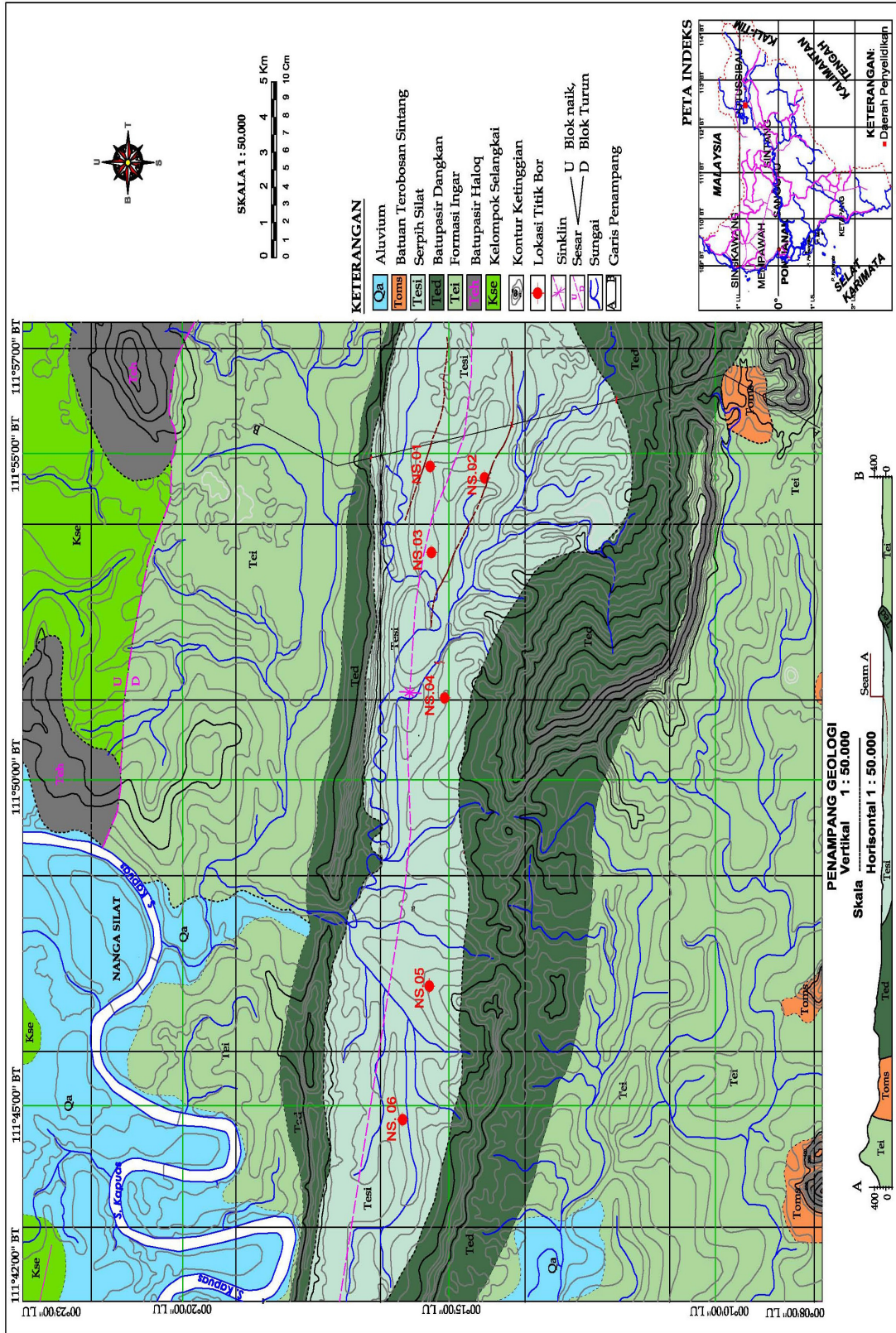
Menurut Heryanto, dkk, (1993), stratigrafi di daerah penelitian tersusun dari yang tertua hingga batuan termuda, yaitu Kelompok Selangkai (Tse), Batupasir Haloq (The), Formasi Ingar (Tei), Batupasir Dangan (Ted), Serpih Silat (Tesi), Batuan Terobosan Sintang (Toms) dan Endapan Aluvium (Qa) (Gambar 2).

Struktur geologi yang berkembang adalah struktur sinklin asimetris dengan sumbu lipatan berarah barat hingga timur. Sayap lipatan di bagian utara relatif curam dibandingkan dengan sayap lipatan di bagian selatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan meliputi analisis, kompilasi, dan estimasi data hasil analisis *TOC*, *retort*, pirolisis, ekstraksi dan *GC* conto batuan. Analisis *TOC* bertujuan untuk mengetahui kelimpahan material organik, analisis pirolisis, ekstraksi, dan *GC* bertujuan untuk mengetahui tipe kerogen, kelimpahan, kematangan dan potensi material organik dalam menghasilkan hidrokarbon. Sedangkan analisis *retort* merupakan suatu metode estimasi kuantitas minyak yang dapat dihasilkan dari conto batuan melalui proses pemanasan hingga mencapai temperatur 550°C.

Dalam tulisan ini digunakan data yang diperoleh dari hasil pemetaan geologi dan pengeboran singkapan (*outcrop drilling*) endapan bitumen padat pada Serpih Silat di daerah Nanga Silat dan sekitarnya, yang dilakukan oleh tim pemetaan geologi dan pengeboran, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung. Menurut UU No.4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, serpih minyak dikenal dengan nama bitumen padat.



Gambar 1. Peta geologi dan lokasi titik pengeboran singkanan (*outcrop drilling*) serpilh minyak pada Formasi Serpilh Silat di daerah penelitian (Modifikasi dari Heryanto, dkk., 1993).

Tabel 1. Data hasil analisis TOC, retort, pirolisis, ekstraksi, dan gas chromatography di daerah penelitian.

No	Kode Conto	Kedalaman (m)	Retort (L/ton)	TOC (%)	S1	S2	S3	PY	S2/S3	PI	PC	T _{maks} (°C)	HI	OI	EOM (ppm)	Sat. (% berat)	Aro.	NSO	HC (ppm)	Extract (mg/g TOC)	HC	Sat	Pi/Ph	Ph/n-C17	Ph/n-C18	CPI
1	NS-01-01	2.8 – 5.0	6	2,12	1,25	6,15	0,13	7,4	47,31	0,17	0,61	437	291	6	3110	33,27	11,51	55,22	1393	147	66	49	2,07	0,69	0,36	1,11
2	NS-01-02	5.0 – 7.0	6	1,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	NS-01-03	7.0 – 10.0	6	1,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	NS-01-04	10.0 – 14.0	1	1,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	NS-01-05	14.0 – 16.0	0,0	1,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	NS-01-06	16.0 – 18.0	40	1,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	NS-01-07	18.0 – 20.0	0,0	1,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	NS-01-08	20.0 – 22.0	0,0	1,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	NS-01-09	22.0 – 24.0	0,2	0,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	NS-02-01	3.0 – 6.0	1	1,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	NS-02-02	6.0 – 9.0	0,0	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	NS-02-03	9.0 – 13.0	6	1,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	NS-02-04	23.5 – 25.0	0,2	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	NS-02-05	25.0 – 28.0	0,0	1,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	NS-02-06	28.0 – 31.0	8	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	NS-02-07	31.0 – 34.0	5	1,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	NS-02-08	34.0 – 37.0	10	3,23	1,53	12,94	0,41	14,47	31,56	0,11	1,2	443	401	13	5107	42,91	15,53	41,56	2984	118	69	51	2,4	1,79	0,81	1,07
18	NS-02-09	37.0 – 40.0	12	3,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	NS-02-10	40.0 – 43.0	12	3,49	0,76	13,18	0,33	13,94	39,94	0,05	1,16	444	378	9	5133	50,54	13,1	36,36	3267	104	66	52	2,27	1,24	0,65	1,07
20	NS-02-11	43.0 – 46.0	14	3,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	NS-02-12	46.0 – 49.0	14	2,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	NS-02-13	49.0 – 51.2	10	1,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	NS-03-01	3.0 – 6.0	0,2	1,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	NS-03-02	6.0 – 10.0	0,0	1,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	NS-03-03	10.0 – 12.0	0,0	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No	Kode	Conto	Kedalaman (m)	Retort (L/ton)	TOC (%)	S1	S2	S3	PY	S2/S3	PI	PC	T _{maks} (°C)	HI	OI	EOM (ppm)	Sat. (% berat)	Aro. NSO (ppm)	HC (ppm)	Extract (mg/g TOC)	HC Sat	Pr/Ph	Ph/n-C17	Ph/n-C18	CPI	
26	NS-03-04		12.0 – 14.0	8	1,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27	NS-03-05		14.0 – 16.0	6	2,54	0,91	5,55	0,19	6,46	29,21	0,14	0,54	439	219	7	3343	41,02	13,26	45,72	1814	132	72	54	2,64	0,18	1,1
28	NS-03-06		16.0 – 19.0	8	1,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29	NS-03-07		19.0 – 23.0	4	1,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	NS-03-08		23.0 – 26.0	0,2	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	NS-03-09		26.0 – 29.0	0,0	1,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
32	NS-03-10		29.0 – 32.0	0,0	0,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
33	NS-03-11		32.0 – 35.0	6	2,61	1,06	5,73	0,35	6,79	16,37	0,16	0,56	437	220	13	3401	40,12	15,68	44,2	1898	131	73	52	2,49	0,13	1,17
34	NS-03-12		35.0 – 38.0	0,0	1,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	NS-03-13		38.0 – 41.0	4	1,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
36	NS-03-14		41.0 – 43.0	4	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
37	NS-03-15		43.0 – 47.0	2	1,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
38	NS-03-16		47.0 – 50	0,0	2,25	1,18	5,08	0,37	6,26	13,73	0,19	0,52	435	226	16	2949	45,24	14,34	40,42	1757	131	78	59	2,57	0,14	1,13
39	NS-04-01		5.0 – 7.0	0,0	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	NS-04-02		9.0 – 11.0	2	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
41	NS-05-01		6.0 – 9.0	0,0	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
42	NS-05-02		12.0 – 15.0	0,0	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43	NS-06-01		5.0 – 8.0	0,0	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

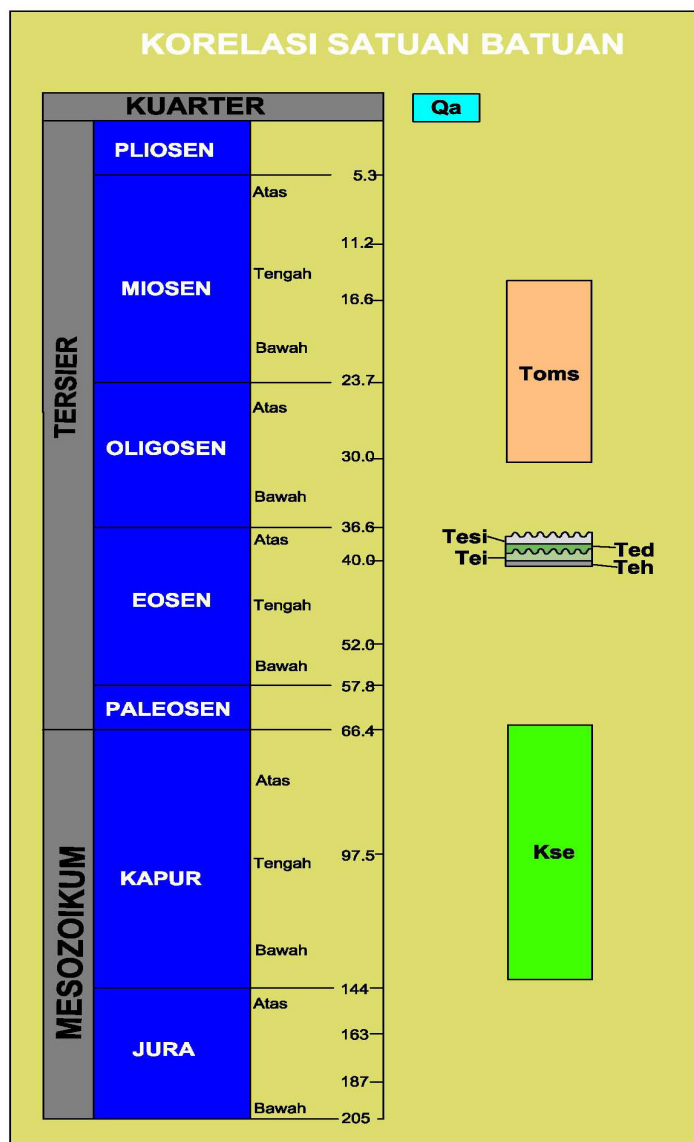
Keterangan:	T _{maks}	Pr	Ph	nC17	CPI	CP11	CP12	HC	Ekstrak
HI : Hydrogen Index	:Maximum Temperatur S2	:Pristane	:Phytane	:Normal alkane	:Carbon preference index	$CP11 = (C25+C27+C29) / (C27+C29+C31) / 2$	$CP12 = (C23+C25) / (C25+C29) / 2$:(extract (ppm) / 10 x TOC	:(extract (ppm) / 10 x TOC
S1 : Volatil Hydrocarbon	OI : Oxygen Index							HC (mg/g) :HC (ppm) / 10 x TOC	Sat (mg/g) :%sat x extract (mg/g TOC)
S2 : Hydrocarbon Generating Potential	TOC :Total organic carbon								
S3 : Organic Carbon Dioxide	EOM :Gram bitumen (gram sample x 10 ⁶ (ppm)								
PY : Potential Yield	Sat :Saturated fraction								
PI :Production Index	Aro :Aromatic fraction								
PC :Pyrolysable Carbon	NSO :Non polars fraction								

HASIL DAN ANALISIS

Sebanyak 43 conto batuan yang berasal dari pengeboran singkapan dilakukan analisis *retorting* dan *TOC*, dan enam conto batuan dilakukan analisis pirolisis, ekstraksi dan analisis *GC*, yaitu notasi NS-01-01, NS02-08, NS-02-10, NS-03-05, NS-03-11 dan NS-03-16. Data hasil analisis ditampilkan pada Tabel 1.

Secara geokimia organik, karakter serpih minyak meliputi kekayaan, tipe, kematangan termal, serta asal mula dan lingkungan pengendapan material organik.

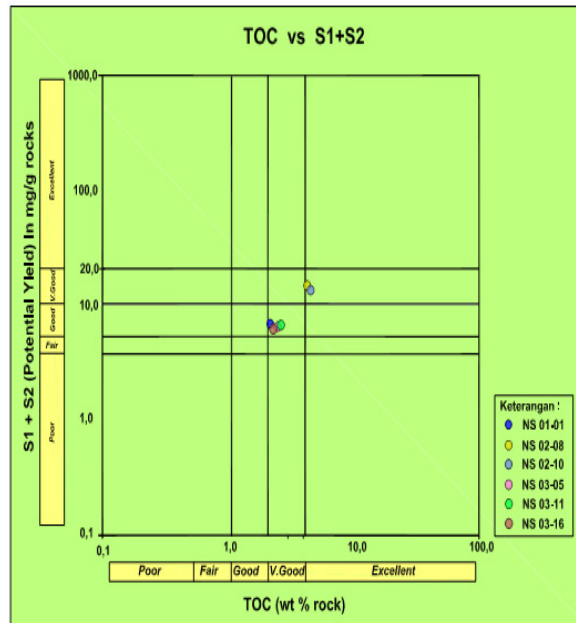
Analisis *TOC* dari suatu conto batuan bertujuan untuk mengetahui kelimpahan material organik pada conto batuan. Analisis *TOC* yang dilakukan terhadap 43 conto batuan menunjukkan bahwa conto batuan mengandung karbon organik berkisar 0,04% hingga 3,49%.



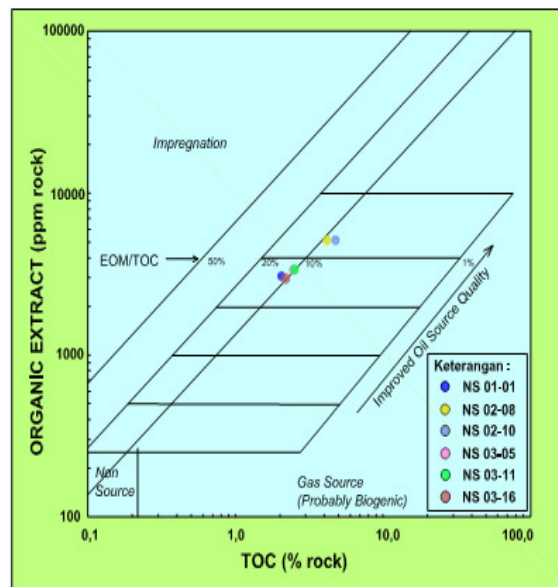
Gambar 2. Kolom stratigrafi daerah penelitian (modifikasi dari Heryanto, dkk., 1993).

Penggunaan parameter *TOC* dan *Potential Yield (PY)* berupa plot silang pada diagram *TOC* terhadap *PY* (Gambar 3) memperlihatkan bahwa potensi conto batuan untuk menghasilkan hidrokarbon termasuk dalam kriteria baik hingga sangat baik (*good to very good*).

Plot silang antara ekstraksi conto batuan dan kandungan karbon organik pada diagram ekstraksi terhadap *TOC* mengindikasikan bahwa conto batuan NS-02-08 dan NS-02-10 memiliki kualitas yang paling baik untuk menghasilkan minyak (Gambar 4).



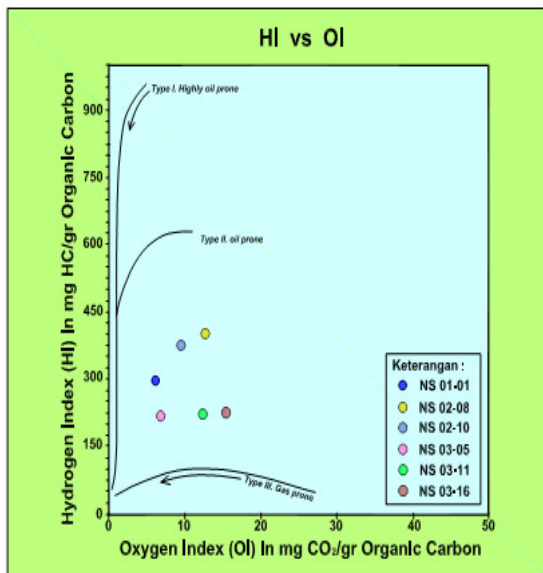
Gambar 3. Korelasi antara *TOC* dan *PY*.



Gambar 4. Plot silang antara *TOC* terhadap total ekstraksi conto batuan.

Berdasarkan analisis pirolisis diperoleh nilai *Hydrogen Index (HI)* sebesar 219 hingga 401 mgHC/gr *TOC*. Nilai *HI* berkisar 200 hingga 300 mgHC/g *TOC* merupakan campuran antara kerogen Tipe II dan Tipe III. Sedangkan nilai *HI* berkisar 300 hingga 600 mgHC/g *TOC* merupakan kerogen Tipe II. Menurut Waples (1985), kerogen tipe II merupakan material organik yang berasal dari polen, spora, lapisan lilin tanaman, resin tanaman, lemak tanaman dan alga laut, sedangkan kerogen tipe III berasal dari material tumbuhan tinggi.

Plot silang antara *HI* terhadap *Oxygen Index (OI)* pada diagram van Krevelen (Gambar 5), memperlihatkan bahwa material organik conto batuan merupakan kerogen Tipe II dan Tipe III. Menurut Waples (1985) kerogen Tipe II memiliki kecenderungan menghasilkan minyak, sedangkan kerogen Tipe III memiliki kecenderungan menghasilkan gas. Kuantitas minyak yang dapat dihasilkan oleh material organik akan ditentukan berdasarkan nilai *HI*. Semakin tinggi nilai *HI*, maka akan semakin besar jumlah minyak yang akan dihasilkan.



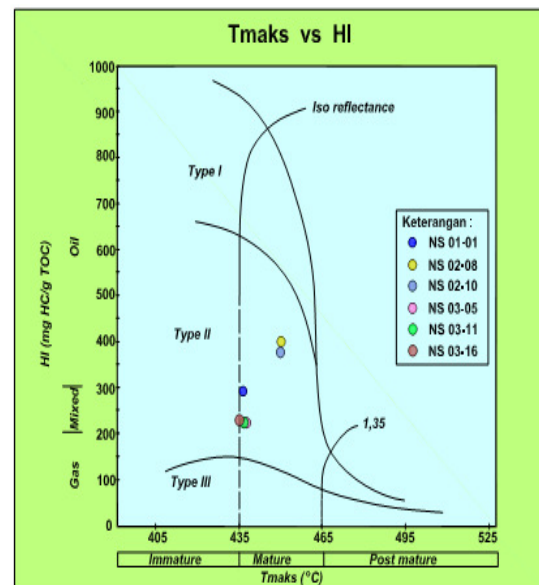
Gambar 5. Plot silang antara *HI* terhadap *OI*.

Nilai T_{maks} conto batuan berkisar 435 hingga 444°C menunjukkan bahwa material organik conto batuan berada

pada kategori awal matang. Plot silang antara T_{maks} dan *HI* pada diagram T_{maks} terhadap *HI* juga mengindikasikan conto batuan berada pada tahap awal matang (Gambar 6).

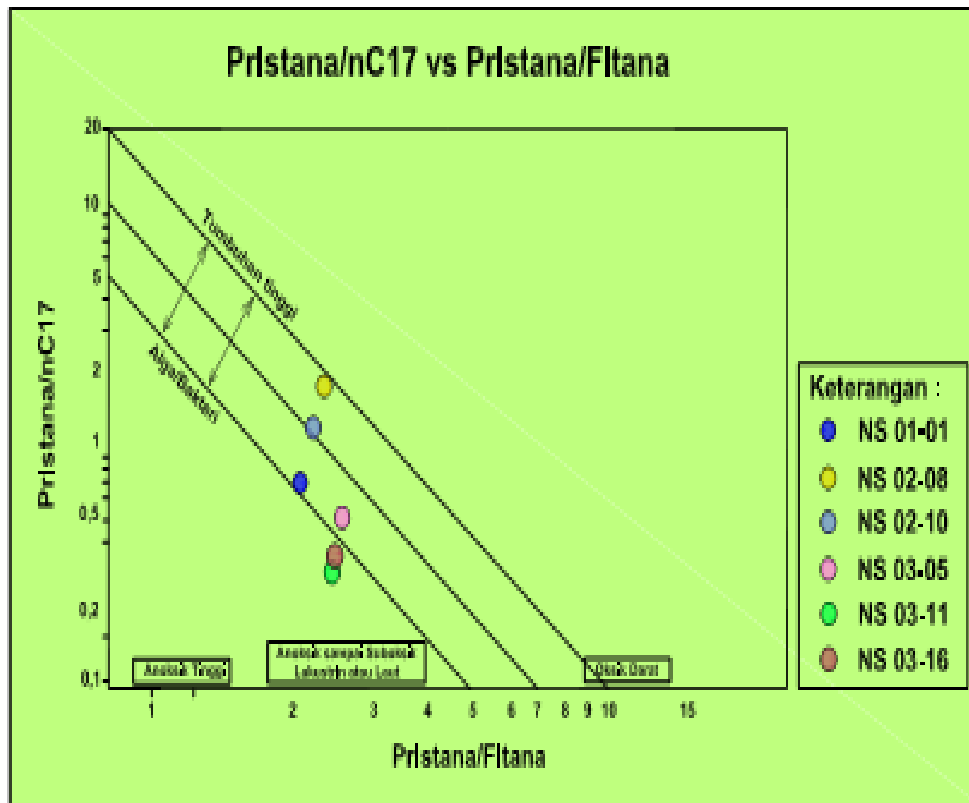
Dari data hasil analisis kromatografi gas (Tabel 1) diperoleh nilai *Carbon Preference Index (CPI)* berkisar 1,00 hingga 1,16. Parameter ini mengindikasikan material organik conto batuan berada pada tahap awal matang (Philp, 1985).

Dari hasil analisis *retort* yang dilakukan pada 43 conto batuan (Tabel 1), menghasilkan minyak berkisar 0 hingga 40 liter/ton batuan dengan rata-rata 4,55 liter/ton batuan.



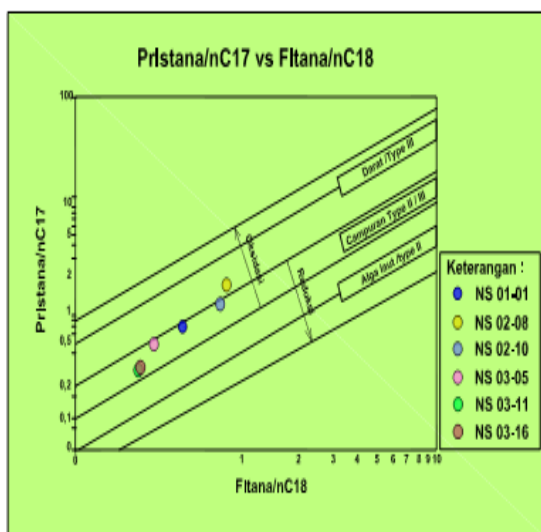
Gambar 6. Plot silang antara T_{maks} terhadap *HI*.

Plot silang antara pristana/nC17 dan pristana/fitana pada diagram pristana/nC17 terhadap pristana/fitana (Gambar 7), menunjukkan bahwa material organik batuan berasal dari alga/bakteri dengan kondisi anoksik hingga suboksik (lakustrin atau laut).



Gambar 7. Plot silang antara pristana/nC17 terhadap pristana/fitana.

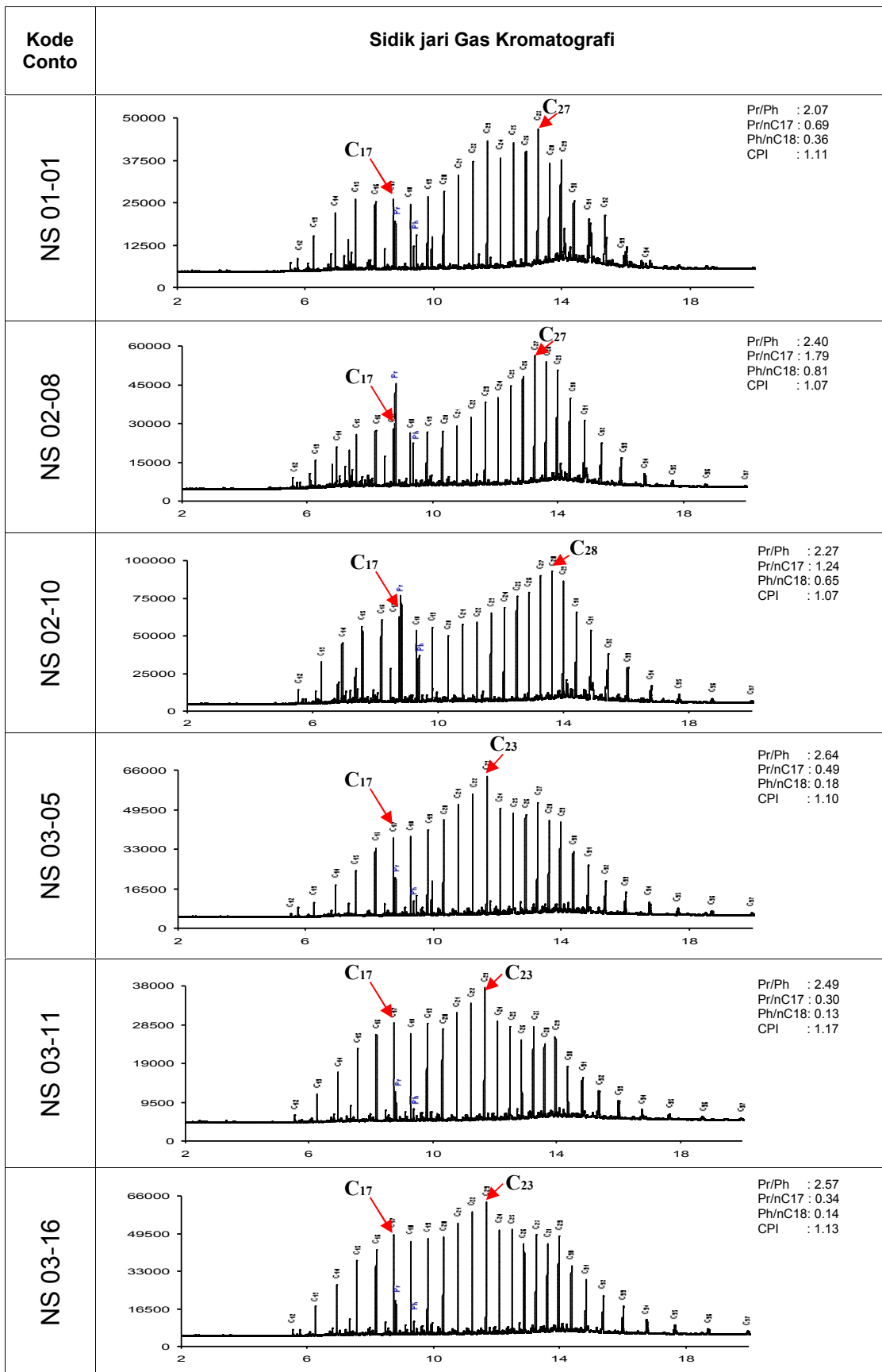
Berdasarkan Plot silang antara pristana/nC17 dan fitana/nC18 pada diagram pristana/nC17 terhadap fitana/nC18 (Gambar 8), mengindikasikan bahwa material organik berasal dari campuran material organik tumbuhan tinggi dan alga lakustrin/ laut dengan kondisi oksidasi dan reduksi.



Gambar 8. Plot silang antara pristana/nC17 terhadap fitana/nC18.

Berdasarkan data hasil analisis kromatografi gas dari enam conto batuan (Gambar 9) diperoleh bentuk distribusi alkana normal yang mengindikasikan asal material organiknya. Keenam conto batuan mempunyai bentuk konfigurasi alkana normal dengan dua puncak (bimodal) yaitu C17 dan C27 (NS 01-01 dan NS 02-08), C17 dan C28 (NS 02-10), serta C17 dan C23 (NS 03-05, NS 03-11, dan NS 03-16) mengindikasikan adanya kontribusi material organik asal alga dan tumbuhan tinggi/darat.

Konfigurasi alkana normal dua puncak (bimodal) seperti ini biasanya terdapat pada sedimen danau atau delta. Rasio pristana/fitana conto batuan sebesar 2,07 hingga 2,64 mengindikasikan bahwa conto batuan terendapkan pada lingkungan oksik (Tissot dan Welte, 1984).



Gambar 9. Sidik jari kromatografi gas conto batuan di daerah penelitian.

PEMBAHASAN

Serpil Silat diendapkan dalam Cekungan Melawi (Williams dan Heryanto, 1986; dalam Harahap, dkk., 2003) pada lingkungan lakustrin dan delta (Margono, dkk., 1995). Formasi ini tersusun oleh batulumpur, karbonan, serpih, serpih sabakan, sedikit batulanau warna tua, batupasir berbutir halus sampai menengah, kalsilit, setempat lapisan tipis batubara, bahan tumbuhan. Lapisan serpih di lokasi ini relatif tebal.

Secara megaskopis, conto batuan serpih hasil pengeboran di daerah penelitian berwarna abu-abu gelap, keras, getas, menyerpih, dan berstruktur laminasi. Semakin ke arah barat batuan serpih semakin jarang ditemukan dan digantikan dengan batulempung dan batupasir berukuran sedang hingga kasar. Dari data di atas diperkirakan endapan serpih di lokasi penelitian terendapkan di bagian tengah cekungan.

Ketebalan lapisan dan kenampakan struktur laminasi pada lapisan serpih mencirikan suatu proses sedimentasi yang terjadi secara terus menerus dan terjadi pada lingkungan pengendapan dengan arus relatif tenang (Tissot dan Welte, 1984).

Berdasarkan data hasil analisis *TOC* (Tabel 1) diketahui bahwa kelimpahan karbon organik conto serpih di daerah penelitian adalah berkisar 0,04% hingga 3,49%. Menurut Waples (1985), batuan yang memiliki kandungan karbon organik >2,0% kemungkinan berpotensi baik hingga sangat baik sebagai batuan induk, sedangkan batuan dengan nilai 1,0% hingga 2,0% kemungkinan cukup berpotensi, nilai 0,5% hingga 1,0% kemungkinan sedikit berpotensi, dan batuan yang memiliki kandungan karbon organik <0,5% kemampuan sebagai batuan induk dapat diabaikan/miskin karena memiliki kecenderungan menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah yang sangat kecil dan kemungkinan tidak terjadi ekspulsif.

Data analisis ekstraksi material organik (EOM) yang dilakukan pada conto batuan, menunjukkan nilai berkisar 2.949

ppm hingga 5.133 ppm. Kandungan ekstraksi terbesar terdapat pada conto NS-02-10. Nilai ekstraksi material organik sebesar 2.000 hingga 4.000 ppm berpotensi menghasilkan hidrokarbon dengan kategori sangat baik dan nilai ekstraksi >4.000 ppm dikategorikan istimewa.

Berdasarkan analisis pirolisis diperoleh nilai *HI* sebesar 219 hingga 401 mgHc/gr *TOC*. Menurut Peters dan Cassa (1994), nilai *HI* berkisar 50 hingga 200 mg HC/g *TOC* merupakan kerogen Tipe III yang memiliki kecenderungan menghasilkan gas, sedangkan nilai *HI* berkisar 200 hingga 300 mg HC/g *TOC* merupakan campuran kerogen Tipe II/III yang memiliki kecenderungan menghasilkan gas dan sedikit minyak.

Material organik pada conto batuan berada pada tahap awal matang yaitu pada 435°C hingga 444°C. Menurut Peters dan Cassa (1994), tahap awal matang suatu conto batuan berada pada 435°C hingga 445°C, puncak matang berada pada 445°C hingga 450°C, dan akhir matang berada pada 450°C hingga 470°C. Nilai rasio *S1* dan *S2* yang diekspresikan sebagai produksi indeks (*PI*) berkisar 0,05 hingga 0,19 merupakan ambang batas suatu batuan sumber yang telah matang secara termal dan telah terjadi pembentukan hidrokarbon bebas hasil degradasi termal dari kerogen.

Hasil analisis *retort* yang dilakukan pada 43 conto batuan, terdapat 28 conto batuan yang menghasilkan minyak rata-rata 4,55 liter/ton batuan. Hal ini mengindikasikan bahwa 15 conto batuan yang tidak menghasilkan minyak cenderung menghasilkan gas.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis geokimia organik, conto batuan serpih minyak di daerah penelitian dan sekitarnya memiliki kandungan material organik berkisar 0,04% hingga 3,49%. Material organik pada conto batuan berasal dari alga dan tumbuhan tinggi yang terendapkan di bagian tengah cekungan dan memiliki kecenderungan menghasilkan minyak dan

gas. Tingkat kematangan material organik dikategorikan awal matang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Ir. Asep Suryana dan Soleh

Basuki Rahmat, ST., yang telah memberikan dukungan dan masukan-masukan dalam pembuatan tulisan ini sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008. Laporan penyelidikan lanjutan bitumen padat di daerah Nanga Silat dan sekitarnya, Kabupaten Kapuas Hulu, Provinsi Kalimantan Barat, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Dyni, J.R., 2006. *Geology and resources of some world oil-shale deposits*, Scientific investigation report 2005-5294, United States Geological Survey, Reston, Virginia.
- Harahap, Bhakti, H., Syaiful B., Baharuddin, Suwarna N., Panggabean H., Simanjuntak T.O. 2003. *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*, (Special Publication No. 29), Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Heryanto, R., Harahap, B.H., Sanyoto, P., Williams, P.R., Pieters, P.E., 1993. Peta Geologi Lembar Sintang, Kalimantan, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hutton, A.C., 1987. *Petrographic classification of oil shales* : International Journal of Coal Geology, 203-231, Elsevier science publisher B.V., Amsterdam.
- Lee, Sunggyu, Speight, J.G., Loyalka, S.K., 2007. *Handbook of alternative fuel technologies*, CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Margono, U., Sujitno, T., Santosa, T. 1995, Peta Geologi Lembar Tumbanghram, Kalimantan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Peters, K.E., Cassa, M.R., 1994. *Applied source rock geochemistry: The petroleum system from source rock to trap*, American Association of Petroleum Geologist, Memoirs 60.
- Philp, R.P., 1985. Biological markers in fossil fuel production, In: Beaumont, E.A. and Foster, N.H. (eds), *Geochemistry*, 337-390.
- Tissot, B.P., Welte, D.H., 1984. *Petroleum formation and occurrence*, Springer Verlag, Berlin.
- Waples, D.W., 1985. *Geochemistry in petroleum exploration*, International Human Resources Development Corporation, Boston.
- Yen, T.F., Chilingarian, G.V., 1976. *Oil Shale*, Elsevier, Amsterdam.

KARAKTERISTIK GEOMETRI CLEAT BATUBARA FORMASI TANJUNG DI DAERAH MEGALAU, KABUPATEN KOTABARU, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN
COAL CLEAT GEOMETRIC CHARACTERISTICS IN TANJUNG FORMATION AT MEGALAU AREA, KOTABARU REGENCY, SOUTH KALIMANTAN PROVINCE

Eska Putra Dwitama* dan Oktarian Iskandar**

*Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno-Hatta No. 444, Bandung

**Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor

eputradwitama@gmail.com

diterima : 2 Juli 2014

direvisi : 4 Juli 2014

disetujui : 5 Agustus 2014

ABSTRAK

Penelitian pada lapisan batubara Formasi Tanjung di daerah Megalau, Kotabaru ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik geometri *cleat* yang terdapat pada lapisan batubaranya. Objek yang diteliti adalah *cleat* yang terdapat pada lapisan batubara yang tersingkap di permukaan. Orientasi jurus dari *cleat* pada daerah penelitian yaitu berarah relatif Timur – Barat untuk *face cleat* dan berarah relatif Utara-Selatan untuk *butt cleat*. Perbandingan panjang *face cleat* dan *butt cleat* adalah 2 : 1. Frekuensi keterdapatannya *face cleat* lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan *butt cleat*. Permeabilitas rekahan dari singkapan adalah 14,6 mD – 46,7 mD.

Kata kunci : Batubara, *Cleat*, Formasi Tanjung, Permeabilitas.

ABSTRACT

Research of coal seams on Tanjung Formation in Megalau region of Kotabaru Regency aims to understand the characteristics of cleat geometry contained in the coal seams. The object of this study is the cleats of the coal seam exposed on the surface. Cleat orientation on the research area is relatively East - West for face cleats and North-South trending for butt cleats. Ratio of the length for face cleat and butt cleat is 2:1. The frequency of face cleats appears more than butt cleat. Range of fracture permeability from outcrops is between 14.6 mD - 46.7 mD.

Keywords : Coal, Cleat, Tanjung Formation, Permeability.

PENDAHULUAN

Cleat adalah istilah yang biasa digunakan untuk rekahan pada batubara (Dron, 1925). Terdapat 2 tipe rekahan yang merupakan pasangan antara *face cleat* dan *butt cleat* (Laubach et al., 1998). *Face cleat* diartikan sebagai rekahan yang menerus dan paralel dengan jurus batubara sehingga berkesinambungan sepanjang batubara. Sedangkan *butt cleat* adalah rekahan yang tegak lurus dengan jurus dari batubara dan seringkali tidak berkelanjutan karena diputus oleh *face cleat*.

Cleat yang merupakan komponen pada batubara tersebut juga memiliki beberapa karakteristik (Laubach et al, 1998), yaitu : frekuensi, orientasi, panjang, *aperture*, jarak antar *cleat* (*spacing*), dan mineral yang terdapat dalam *cleat*. Frekuensi adalah intensitas dari perkembangan *cleat* yang terbentuk pada batubara dengan nominal jumlah per satuan luas. Panjang merupakan salah satu karakteristik geometri (Laubach et al., 1998) dari *cleat*.

Karakteristik tersebut dapat diukur dan konsisten terlihat pada *cleat* di bagian atas lapisan batubara pada setiap stasiun pengamatan. Dapat

terlihat konsistensi yang dapat mengidentifikasi perbedaan 2 jenis *cleat*, bahwa *butt cleat* hampir selalu terpotong dan terhenti oleh *face cleat*. Hal tersebut berpengaruh terhadap panjang dari pasangan *face* dan *butt cleat*, dimana terdapat perbedaan panjang dari *cleat* dan salah satu terlihat lebih panjang dibandingkan dengan pasangannya. Orientasi *cleat* merupakan arah yang dibentuk oleh *cleat* itu sendiri baik *face cleat* maupun *butt cleat* nya. *Aperture* merupakan lebar *cleat* dan jarak antar *cleat* (*spacing*) merupakan jarak yang dibentuk oleh satu *face* atau *butt cleat* dengan *face* atau *butt cleat* lainnya. Mineral pengisi merupakan mineral yang mengisi *cleat* batubara, keberadaan mineral pengisi ini tergantung pada ada tidaknya proses mineralisasi yang terjadi setelah terbentuknya *cleat* tersebut.

Penelitian ini berdasarkan data *cleat* batubara yang terdapat pada singkapan, bertujuan untuk mengetahui karakteristik geometri *cleat* batubara pada Formasi Tanjung. Selanjutnya data geometri *cleat batubara* dapat digunakan untuk menghitung permeabilitas. Angka permeabilitas dapat digunakan untuk menentukan potensi *Coal Bed Methane (CBM)*.

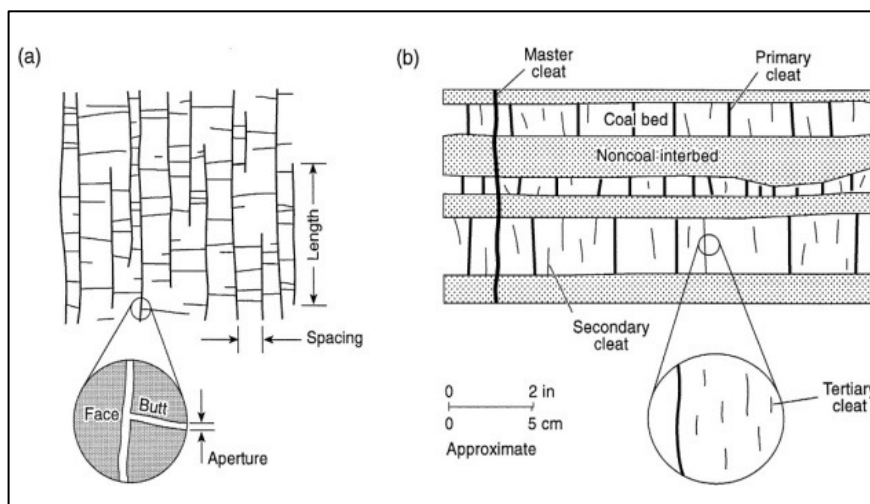
Geologi Regional

Daerah Penelitian termasuk ke dalam Cekungan Asem-asem. Stratigrafi

daerah penelitian dari tua ke muda terdiri dari Batuan Ultrabasa, Formasi Batununggal, Formasi Haruyan, dan Formasi Pitap yang berumur Pra Tersier, Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Pamaluan, Formasi Warukin Dan Formasi Dahor yang berumur Tersier (Heryanto, dkk. 1994).

Formasi Tanjung yang berumur Eosen menutupi secara tidak selaras batuan Mesozoikum. Di atas Formasi Tanjung diendapkan secara selaras Formasi Berai yang berhubungan menjemari dengan Formasi Pamaluan dengan umur Oligosen-Miosen.

Formasi Tanjung di daerah penelitian terdiri dari perselingan konglomerat, batupasir dan batulempung dengan sisipan serpih, batubara dan batugamping. Formasi Tanjung bagian bawah diendapkan dalam lingkungan fluvial yang beralih ke delta. Hal tersebut dicirikan oleh batupasir yang butirannya makin halus ke bagian atas, dan terdapatnya endapan rawa yang diselingi batubara. Sedangkan bagian atas diendapkan dalam lingkungan litoral, yang dicirikan oleh batupasir gampingan dengan sisipan batugamping klastika. Jadi secara keseluruhan diendapkan dalam lingkungan delta dan paralas sampai neritik. Tebal satuan diperkirakan melebihi 1500 m dan menindih takselaras Formasi Pitap dan Formasi Manunggul.



Gambar 1. Ilustrasi skematik dari geometri *cleat* batubara. (a) Pandangan atas (b) Pandangan samping (Laubach and Tremain, 1991).

Struktur geologi yang terdapat di lokasi penelitian berupa sesar dan lipatan. Sesar naik umumnya berarah relatif utara-selatan; sesar geser relatif barat timur; dan sesar normal, relatif utara-selatan. Arah sumbu lipatan dalam batuan sedimen Pra-Tersier maupun Tersier, umumnya timurlaut-baratdaya atau hampir utara-selatan.

METODE PENELITIAN

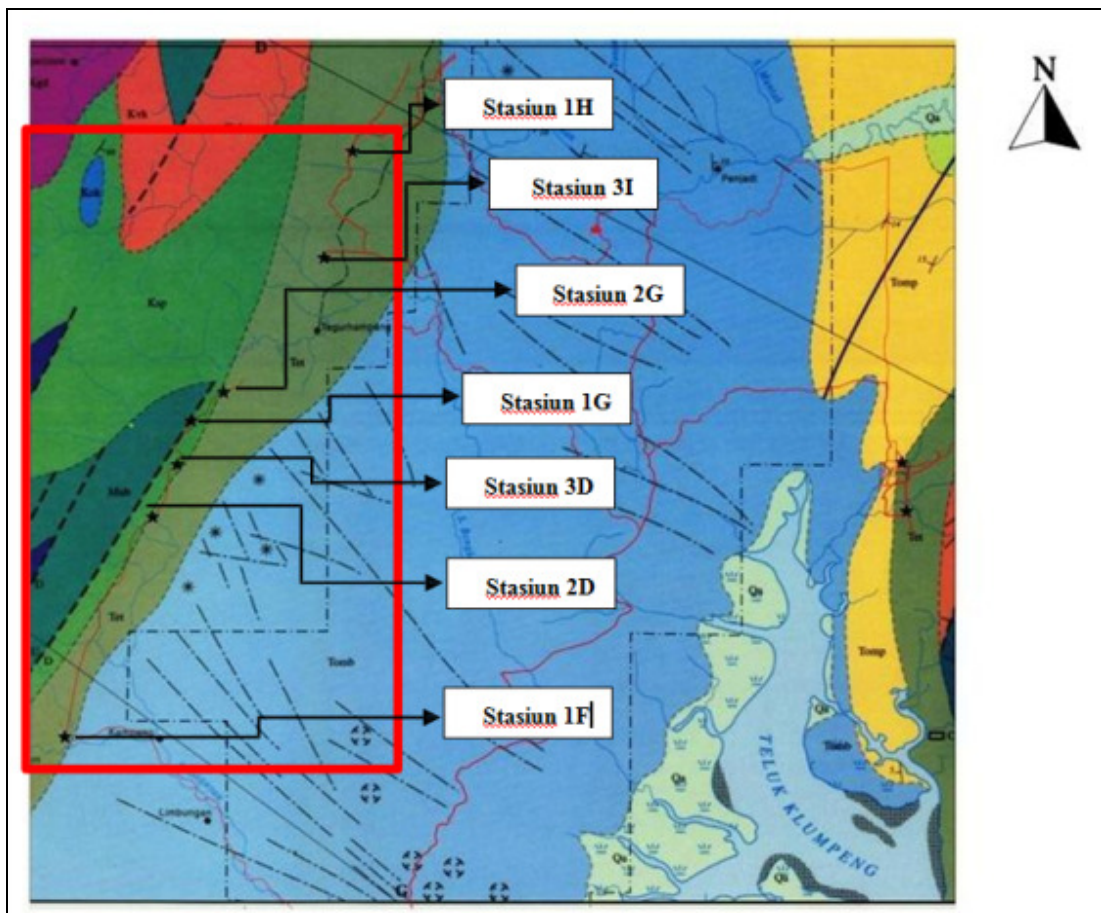
Metode penelitian yang digunakan meliputi identifikasi dan pengukuran karakteristik *cleat*, pengolahan dan interpretasi data.

Karakteristik *cleat* meliputi tipe *cleat* (*face cleat* atau *butt cleat*), orientasi *cleat*, frekuensi, panjang, kontinuitas, jarak antar *cleat* (*spacing*), *aperture cleat* dan jumlah *cleat* yang terisi mineral. Pengukuran karakter-karakter tersebut dilakukan pada jendela pengamatan 1 m x 1 m.

Pengolahan data meliputi rekapitulasi data, pembuatan peta penyebaran stasiun pengamatan menggunakan perangkat lunak GIS, membuat diagram *rosette*, identifikasi karakteristik geometri *cleat*, serta penghitungan permeabilitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Singkapan batubara yang terdapat pada lokasi penelitian ditemukan pada 7 lokasi (Gambar 2). Tujuh singkapan batubara tersebut tersebar pada bagian Utara hingga Selatan lokasi penelitian, dan semua ditemukan pada Formasi Tanjung. Pengamatan dan identifikasi karakteristik *cleat* dilakukan pada singkapan Stasiun 1F, Stasiun 1G, Stasiun 1H, Stasiun 2D, Stasiun 2G, Stasiun 3D, dan Stasiun 3I (Tabel 1).



Gambar 2. Peta Stasiun pengamatan singkapan batubara (modifikasi dari peta geologi lembar Sampanahan, Heryanto, 1994)

Tabel 1. Rekapitulasi frekuensi *cleat* dan *strike/dip* singkapan yang diukur pada setiap stasiun.

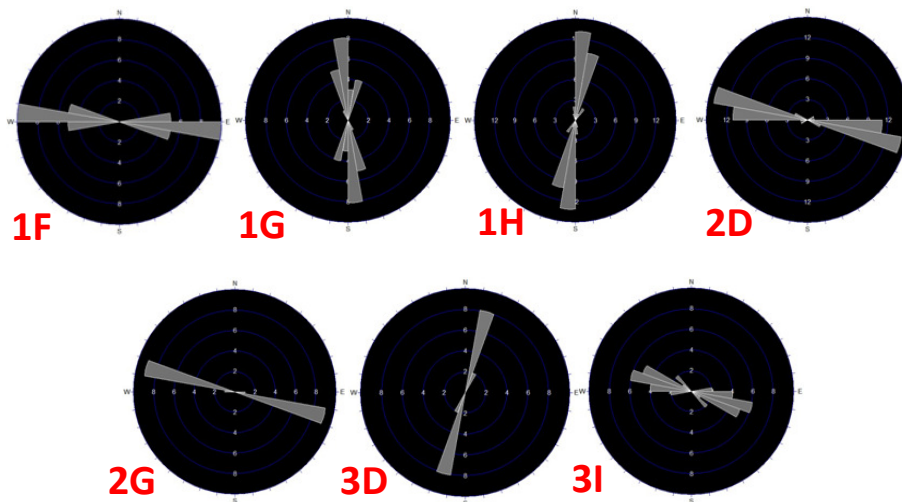
Stasiun	Frekuensi		Strike/Dip Singkapan
	Face	Butt	
1F	33	17	N314 ⁰ E/11 ⁰
1G	40	26	N52 ⁰ E/5 ⁰
1H	35	15	N357 ⁰ E/18 ⁰
2D	32	22	N54 ⁰ E/11 ⁰
2G	38	28	N121 ⁰ E/7 ⁰
3D	47	13	N41 ⁰ E/9 ⁰
3I	44	28	N12 ⁰ E/21 ⁰

Sudut yang terbentuk dari arah orientasi dominan *face* yaitu N260°E dan *butt* N350°E adalah 90°. Sudut yang dihasilkan dari 2 arah orientasi *cleat* pada stasiun pengamatan ini relatif tegak lurus.

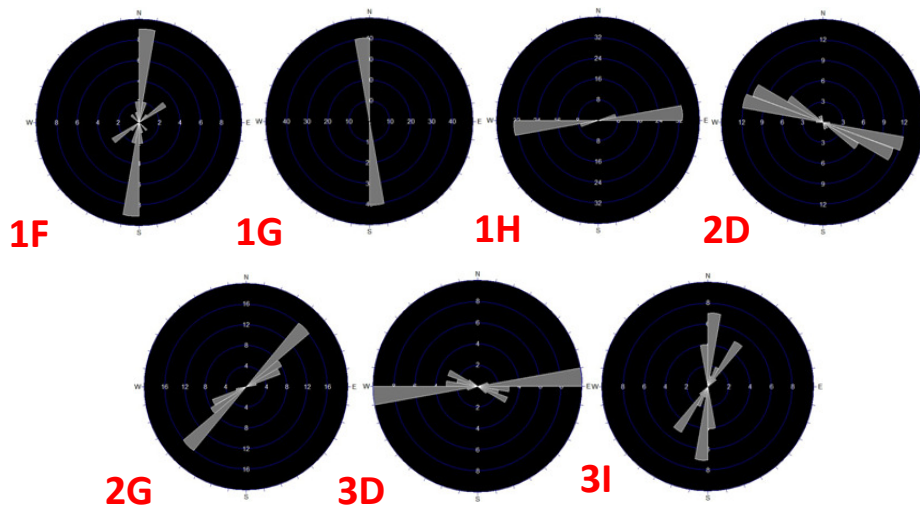
Dari analisa pengukuran orientasi strike dari *cleat* yang berada pada setiap stasiun pengukuran, ditemukan 2 arah umum yaitu *face cleat* dengan arah relatif Timur – Barat dan *butt cleat* dengan arah relatif Utara-Selatan. Terdapat anomali

pada 2 stasiun pengamatan dimana *face cleat* dengan arah relatif Utara – Selatan dan *butt cleat* dengan arah relatif Timur – Barat (Gambar 3 dan 4).

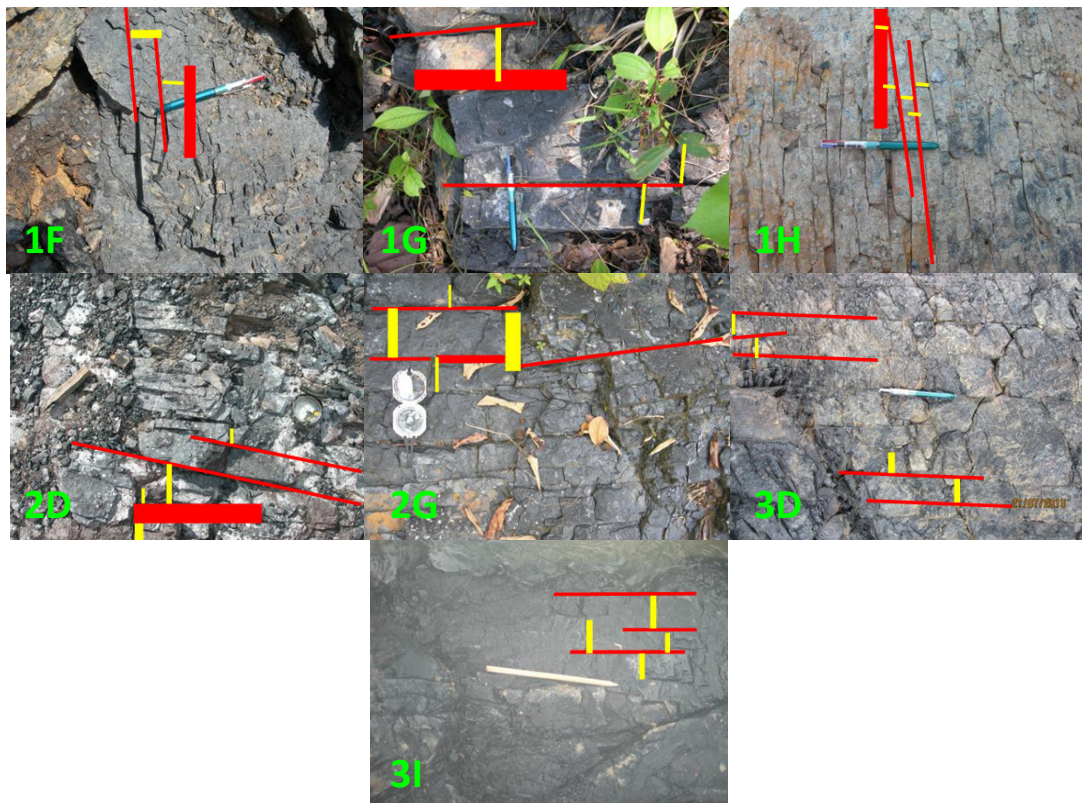
Pada setiap singkapan pengamatan terdapat satu kondisi yang selalu muncul, yakni sudut yang terbentuk antara *face* dan *butt cleat* cenderung membentuk sudut yang relatif tegak lurus (Gambar 5).



Gambar 3. Diagram Rossete Face Cleat



Gambar 4. Diagram Rossete *Butt Cleat*



Gambar 5. Gambar kenampakan *face cleat* (merah) dan *butt cleat* (kuning) pada; (A) Stasiun 1F, (B) Stasiun 1G, (C) Stasiun 1H, (D) Stasiun 2D, (E) Stasiun 2G, (F) Stasiun 3D dan (G) Stasiun 3I.

Setelah dilakukan pengukuran dan pengklasifikasian jenis *cleat* maka didapat perbandingan panjang rata-rata yang dimiliki oleh *face* dan *butt cleat*

adalah 2 : 1 (Tabel 2). Sehingga dapat terlihat pada pasangan *cleat*, panjang *face cleat* konsisten selalu lebih besar dibandingkan dengan *butt cleat*.

Tabel 2. Rekapitulasi kisaran Panjang *cleat* pada setiap stasiun

Stasiun	Panjang (cm)	
	Face	Butt
1F	2,3 - 15,3	1,1 - 3,7
1G	4,5 - 20,4	0,6 - 5,2
1H	5,2 - 25,6	0,4 - 7,5
2D	4,1 - 23,1	3,2 - 11,2
2G	2,4 - 17,2	0,4 - 8,4
3D	3,9 - 10,3	1,5 - 6,3
3I	2,8 - 12,7	0,1 - 10,4

Dari kumpulan data *aperture* tidak terdapat perbedaan yang berarti antara lebar apertur *face* dan *butt* cleat (Tabel 3). Perhitungan ukuran lebar dari *cleat* berkisar antara 0,50 mm hingga 63,5 mm.

Hasil pengukuran *spacing* antar *cleat* menunjukkan jarak antar *face cleat* 2 - 3 cm, jarak antar *butt cleat* 3 - 7 cm. Spasi antar *face cleat* lebih kecil dibandingkan dengan *butt cleat* (Tabel 4).

Tabel 3. Rekapitulasi kisaran lebar apertur pada setiap stasiun.

Stasiun	Apertur (mm)	
	Face	Butt
1F	0,50 - 31,5	0,50 - 23,5
1G	0,50 - 63,5	0,50 - 34,5
1H	0,50 - 31,0	0,50 - 19,5
2D	0,50 - 12,5	0,50 - 11,5
2G	0,50 - 56,5	0,50 - 21,5
3D	0,50 - 15,0	0,50 - 13,0
3I	0,50 - 5,0	0,50 - 4,5

Tabel 4. Rekapitulasi *spacing* antar *cleat* pada setiap stasiun.

Stasiun	Rata-rata <i>spacing</i> (cm)	
	Face	Butt
1F	3,03	5,882
1G	2,5	3,846
1H	2,857	6,667
2D	3,125	4,545
2G	2,632	3,521
3D	2,128	7,692
3I	2,273	3,571

Tabel 5. Hasil estimasi permeabilitas pada setiap stasiun.

Stasiun	Apertur	Spacing (cm)	Permeabilitas (mD)	
			Match Stick	Cubes
1F	16	5,882	24,07	32,23
1G	32	3,846	15,85	21,1
1H	17,5	6,667	27,55	36,7
2D	6,5	4,545	18,95	25,2
2G	28,5	3,521	14,65	19,3
3D	7,75	7,692	35,05	46,7
3I	2,75	3,571	14,6	19,46

Dari ketujuh singkapan batubara yang dijumpai tidak ditemukan adanya mineral sekunder yang mengisi *cleat* pada setiap singkapannya.

Permeabilitas diestimasi menggunakan rumus dari Scott (1999), Lucia (1983) atau Aguillera (1995). Lucia (1983) melakukan studi pada karbonatan rekah yang menghasilkan relasi antara permeabilitas, banyak rekahan dan apertur rekahan, yaitu;

$$K = (84.4 \times 10^5)W^3/Z$$

K: permeabilitas (darcy), W: rekah apertur (cm), and Z: jarak antar rekah (cm). Lalu Aguilera (1995) menghubungkan ini dengan hukum Darcy, yakni;

$$cubes, k_2 = (2/3) (k_f W^2/Z)$$

$$match sticks, k_2 = (1/2) (k_f W^2/Z).$$

$$dengan k_f = 8.35 \times 10^6 W^2;$$

k_f : Permeabilitas rekahan pada sifat titik tunggal ; k_2 : Permeabilitas rekahan pada satu set rekahan parallel.

Data permeabilitas yang terdapat pada singkapan-singkapan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Berdasarkan analisis *cleat* pada singkapan pada setiap stasiun maka kisaran permeabilitas adalah 14,6 mD – 46,7 mD.

KESIMPULAN

- Orientasi jurus dari *cleat* pada daerah penelitian berarah relatif Timur – Barat untuk *face cleat* dan berarah relatif Utara-Selatan untuk *butt cleat*.
- Face *cleat* lebih panjang dan menerus dibandingkan pasangannya *butt cleat* dan mempunyai perbandingan ukuruann 2 : 1.
- Intensitas munculnya face lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan *butt*.
- Permeabilitas rekahan dari singkapan adalah 14,6 mD – 46,7 mD. Ini berarti beberapa lapisan batubara pada daerah penelitian memiliki permeabilitas yang baik untuk CBM dimana menurut Peter Cockroft (2008) Permeabilitas yang baik untuk CBM adalah 30mD – 50 mD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada Kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Satui Basin Gas yang memfasilitasi penulis dalam pengambilan data, serta Agus Pudjobroto, Eri Saferi, Ismawan, Nurdrajat dan Rezki yang telah membantu dalam pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilera, R., 1995, Naturally fractured reservoirs, 2nd Ed., PennWell Publishing Company, Oklahoma .
- Apriyani, N., Suharmono, Momen, M., Djaelani, S., Sodli, S., Satria, S., Murtani, A. S. 2013. *Integrated Cleat Analysis And Coal Quality On Cbm Exploration Insangatta li Field, Kutai Basin, East Kalimantan*. Proceedings, Indonesian Petroleum Association Thirty-Seventh Annual Convention & Exhibition.
- Diamond, W. P., McCulloch, C. M., dan Bench, B. M. 1976. Use of Surface Joint and Photolinear Data for Predicting Subsurface Coal Cleat Orientation. *Bureau of Mines Report of Investigation 8210*. United States Department of The Interior.
- Heryanto, R., Supriatna, S., Rustandi, E., Baharuddin. 1994. *Peta Geologi Lembar Sampanahan, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Iskandar, O, 2014. Analisa Karakteristik geometri cleat pada surface dan subsurface, serta pengaruhnya terhadap potensi CBM lokasi XX. Universitas Padjadjaran.
- Laubach, S. E., Marret, R. A., Olson, J. E., Scott, A.R., 1998. *Characteristics and Origin of Coal Cleat: a review*, Int. J. Coal Geol. 35, 175-207.
- Lucia, F.J., 1983, Petrophysical parameters estimated from visual descriptions of carbonate rocks: a field classification of carbonate pore space: Journal of Petroleum Technology.
- McCulloch, C. M., Deul, M., Jeran, P. W. 1974. Cleat in Bituminous Coalbeds. *Bureau of Mines Report of Investigation 7910*. United States Department of The Interior.

**KESTABILAN LERENG TAMBANG TERBUKA BATUBARA
DI DAERAH DESA PURWAJAYA, KECAMATAN LOAJANAN,
KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**
*COAL OPEN MINE SLOPE STABILITY AT PURWAJAYA AREA,
LOAJANAN DISTRICT, KUTAI KARTANEGARA REGENCY,
EAST KALIMANTAN PROVINCE*

***Sulaeman, **Rd. Irvan Sophian, **Geni Dipatunggoro, **Febri Hirnawan**

*Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno-Hatta No.444, Bandung

**Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor

sul_geo08@yahoo.co.id

diterima : 9 Juni 2014

direvisi : 13 Juli 2014

disetujui : 1 Agustus 2014

ABSTRAK

Pertambangan batubara pada 10 tahun terakhir mengalami peningkatan. Kegiatan pertambangan tidak terlepas dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi. Tambang terbuka maupun tambang bawah permukaan erat hubungannya dengan kajian geoteknik dan menjadi persyaratan dalam mengajukan izin kegiatan penambangan. Lokasi administrasi daerah penelitian terletak di daerah Desa Purwajaya, Kecamatan Loajanan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Dalam kegiatan di lapangan dilakukan pemetaan geologi teknik dan pengeboran geoteknik. Dari hasil kegiatan tersebut data diolah di laboratorium dan menghasilkan sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan untuk dapat mengetahui kekuatan massa batuan.

Analisis laboratorium menghasilkan data sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan. Hasil analisis tersebut digabungkan dengan hasil deskripsi pengeboran geoteknik yang kemudian digunakan untuk menentukan kekuatan massa batuan (*RMR*) di setiap titik bor. Pada titik bor GT 01 dengan *RMR* kisaran 37 termasuk dalam kelas IV (*poor rock*) dan kelas III (*fair rock*). Titik bor GT 02 dengan kisaran *RMR* 35 termasuk kelas IV (*poor rock*) dan 68 untuk kelas II (*good rock*). Titik bor GT 03 dengan kisaran *RMR* 30 termasuk kelas IV (*poor rock*) dan 73 untuk kelas II (*good rock*). Simulasi kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan data hasil analisis laboratorium pada kedalaman dan sudut lereng tertentu dan menghasilkan nilai FS 1,265 untuk *highwall* dan 1,311 untuk *lowwall*.

Kata kunci : analisis geoteknik, longsor, tambang terbuka, *RMR*.

ABSTRACT

During 10 years, coal mining shows increasing activities. Mining activities cannot be separated from the activities of exploration and exploitation. Open pit or underground mining activities are related to geotechnical studies and become the requirements for applying mining permits. Study area is located at Purwajaya Village, District of Loajanan, Kutai Kartanegara Regency of East Kalimantan. In the fieldwork, engineering geological mapping and geotechnical drilling are carried out to obtain field data. Field samples are analysed in the laboratory to obtain the physical and mechanical properties of soils, which are used for slope stability simulation.

The combination of laboratory results and description from geotechnical drilling are used to determine the Rock Mass Rating (RMR). The GT 01 drill hole has RMR range of 37, included in class IV (poor rock) and class III (fair rock). The GT 02 has RMR range of 35 included in class IV (poor rock) and 68 for class II (good rock). The GT 03 has RMR range of 30

included in class IV (poor rock) and 73 for class II (good rock). The slope stability analysis shows that the safety factor (FS) has values of 1.265 for highwall and 1.311 for lowwall.

Keywords : geotechnical analysis, landslide, open pit mining, RMR.

PENDAHULUAN

Dalam metode penambangan terbuka (*open pit mining*) kondisi kestabilan lereng menjadi hal yang sangat penting. Hal ini tidak terlepas dari aktivitas pembentukan jenjang dari lereng alaminya untuk kepentingan eksploitasi. Semakin dalam jenjang penambangan maka beban lereng akan semakin bertambah besar pula, sehingga masalah kestabilan lereng menjadi sangat penting untuk diperhatikan.

Dalam kerangka pengawasan dan evaluasi kestabilan lereng tambang, kajian geoteknik memiliki peran yang penting dalam penentuan batasan pembentukan geometri lereng dan evaluasi maksimum *pit floor*-nya secara menerus serta melakukan upaya-upaya penstabilan lereng untuk mencegah dan meminimalisir terjadinya longsor pada dinding tambang yang dapat menimbulkan berbagai macam kerugian (Hoek, 2006; Hirnawan dan Zakaria, 2002). Bieniawski (1989) menjelaskan bahwa kestabilan lereng

diantaranya tercermin dari nilai kekuatan massa batuan (*rock mass rating, RMR*). Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan massa batuan dan desain lereng stabil di daerah penelitian.

Geologi

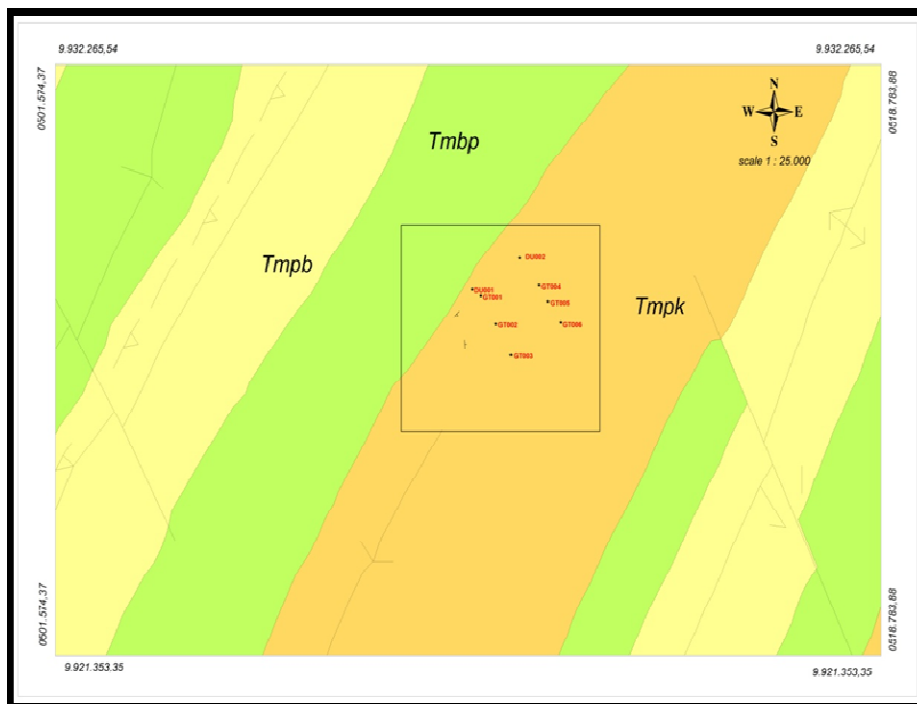
Supriatna, dkk (1995) menjelaskan bahwa secara geologi regional daerah penyelidikan merupakan bagian dari Cekungan Kutai yang disusun oleh sejumlah formasi batuan sedimen berumur Tersier seperti yang dijelaskan berikut ini :

1. Formasi Balikpapan (Tmbp)

Formasi ini berumur Miosen Akhir bagian bawah sampai Miosen Tengah bagian atas, yang tersusun oleh perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan batulanau, serpih, batugamping dan batubara.

2. Formasi Kampung Baru (Tpkb)

Formasi ini berumur Miosen Akhir sampai Plio-Pleistosen yang terdiri dari batu pasirkuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, lanau, dan batubara.



Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (modifikasi dari Supriatna, dkk, 1992).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini objek yang dikaji yaitu sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan, karakteristik batuan dan tanah serta faktor eksternal yang mempengaruhi kestabilan lereng di daerah penelitian. Pemetaan geologi teknik dilakukan dengan tujuan mengetahui penyebaran tanah secara keteknikan dan kondisi geologinya. Dari hasil pemetaan tersebut dihasilkan peta sebaran tanah yang didasarkan pada klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)* menurut Hoek (2006). Kegiatan penelitian dilanjutkan dengan pengeboran geoteknik yang bertujuan untuk mengetahui litologi lapisan penyusun bawah permukaan serta kondisi geologi di daerah penelitian. Dari pengeboran tersebut diambil sampel tanah dan batuan untuk keperluan analisis laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan.

Analisis laboratorium yang dilakukan seperti uji triaxial, *direct shear*, dan *UCS (Uniaxial Compressive Strength)* masing-masing akan menghasilkan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada sampel tanah serta nilai kekuatan batuan. Dari hasil uji laboratorium tersebut dikombinasikan dengan hasil deskripsi *core* pada saat pengeboran geoteknik akan digunakan untuk pembobotan massa batuan/*RMR (Rock Mass Rating)* untuk mengetahui kualitas massa batuan dan setelah itu dilakukan simulasi kestabilan lereng pada kedalaman dan sudut lereng tertentu (Hirawan & Zakaria, 2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Daerah Penelitian

Morfologi daerah penelitian tergolong kedalam bentang alam dataran rendah, dengan ketinggian antara 36 m s.d. 86 m di atas permukaan laut. Kemiringan lereng umumnya 0,75° atau 1,3% sampai 8,8° atau 15,5% sehingga masuk dalam kelas lereng datar hingga landai (bergelombang).

Pemetaan Geologi Teknik

Pemetaan Geologi Teknik merupakan orientasi lapangan di daerah penelitian dalam upaya mengetahui jenis tanah dan batuan di daerah penelitian berdasarkan klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)* serta penyebaran dari tanah dan batuan di daerah penelitian. Dalam Pemetaan geologi teknik ini akan menghasilkan peta sebaran tanah yang berdasarkan klasifikasi *USCS*, seperti yang ditunjukkan pada gambar.

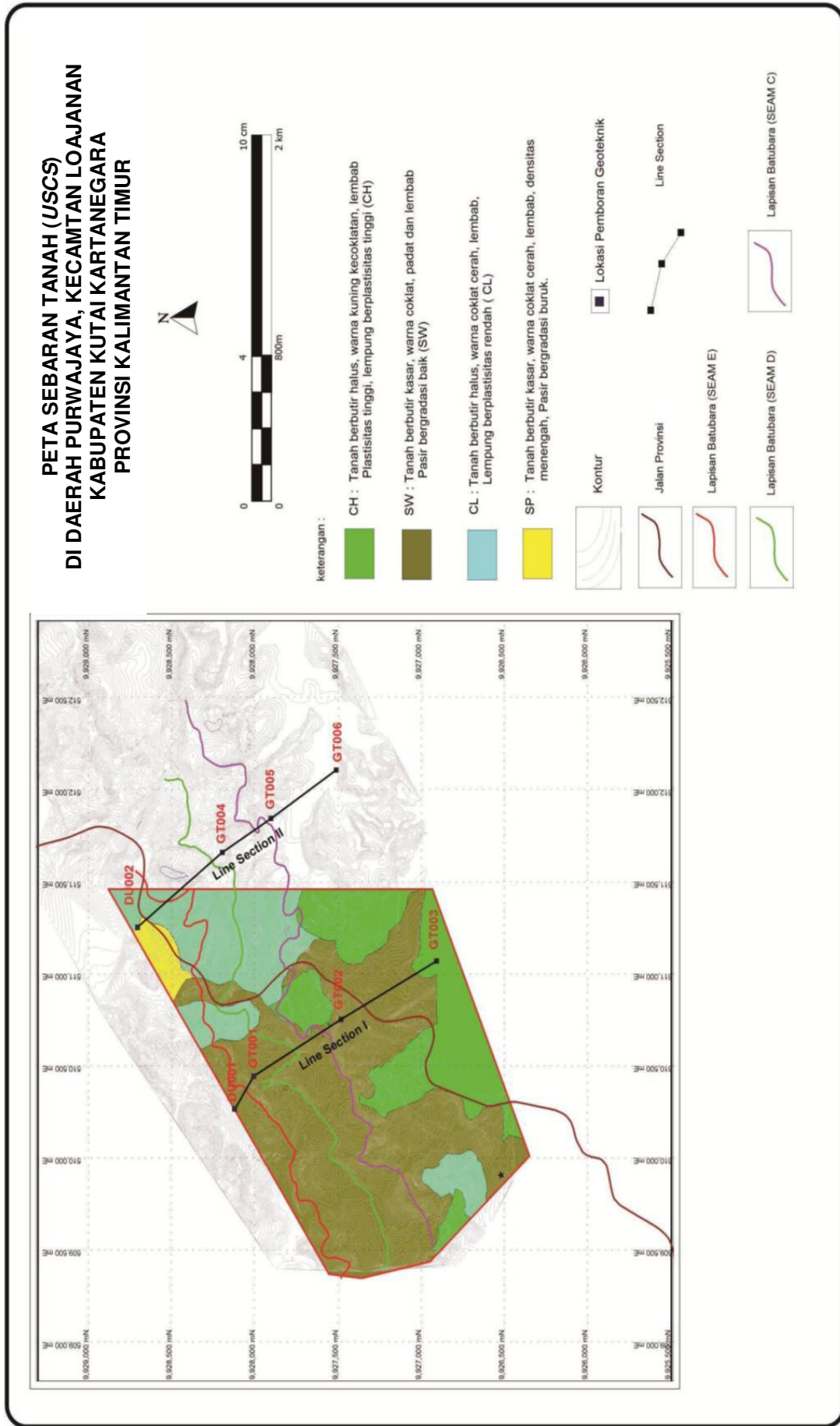
Dari peta sebaran tanah *USCS* dapat dilihat penyebaran tanah yang terdapat di daerah penelitian. Hasil dari pemetaan geologi teknik di atas dapat dikelompokkan menjadi 4 satuan tanah yang mengacu pada klasifikasi *USCS*, yaitu :

a. Sand Poor Graded (SP), dengan karakteristik ukuran butir kasar, warna coklat terang, lembab, kepadatan sedang, bergradasi buruk, terdapat mineral kuarsa, jenis tanahnya pasir (Gambar 3).

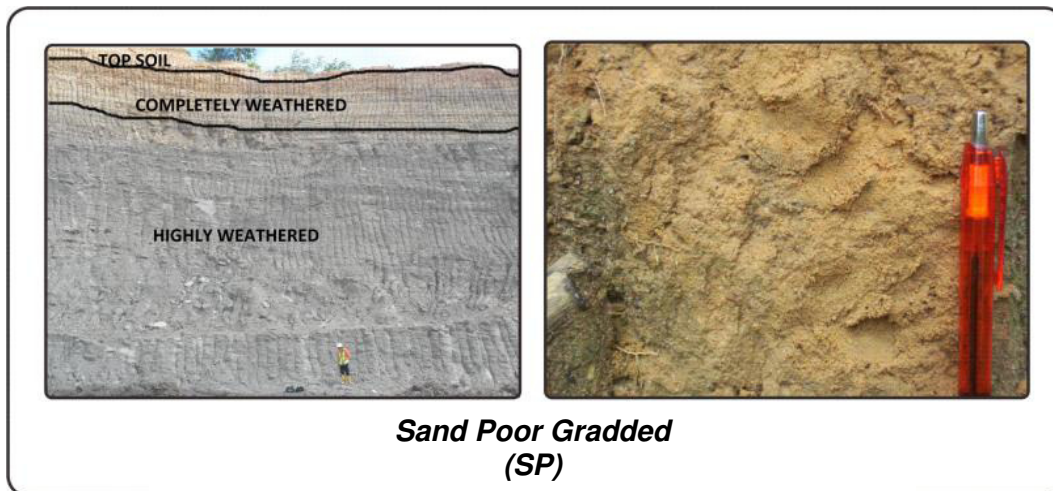
b. Sand Well Graded (SW), dengan karakteristik ukuran butir kasar, warna coklat, padat, lembab, bergradasi buruk, jenis tanahnya pasir (Gambar 4).

c. Clay High Plasticity (CH), dengan karakteristik ukuran butir halus, warna kuning kecoklatan, lembab, plastisitas tinggi, jenis tanah lempung (Gambar 5).

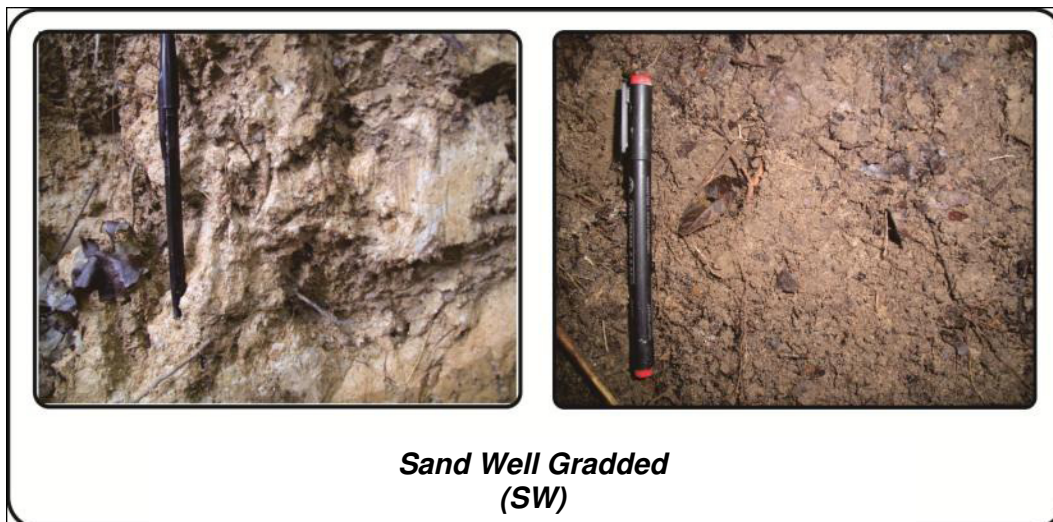
d. Clay Low Plasticity (CL), dengan karakteristik ukuran butir halus, warna coklat terang, lembab, plastisitas rendah, jenis tanahnya lempung (Gambar 6).



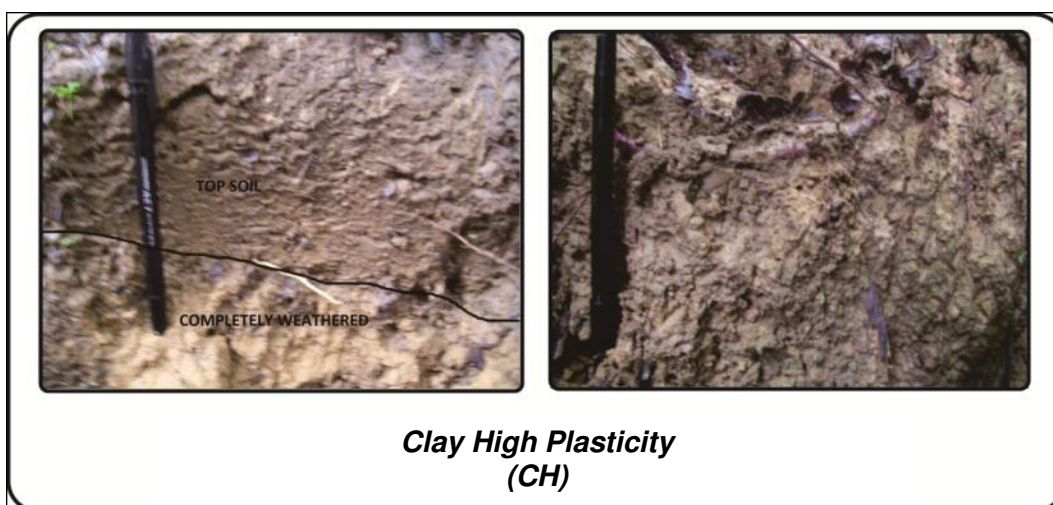
Gambar 2. Peta Sebaran Tanah daerah penelitian didasarkan pada klasifikasi USCS.



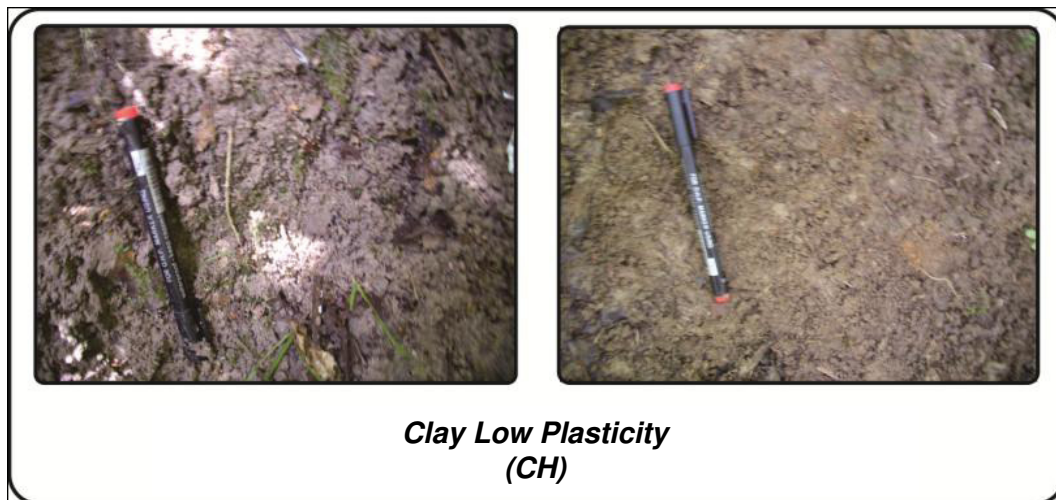
Gambar 3. Tanah SP (*Sand Poor Graded*) pada stasiun TEK 01



Gambar 4. Tanah SW (*Sand Well Graded*) pada stasiun TEK 22



Gambar 5. Tanah CH (*Clay High Plasticity*) pada stasiun TEK 20



Gambar 6. Tanah CL (*Clay Low Plasticity*) pada stasiun TEK 42

Pengeboran Geoteknik

Selain dilakukannya pemetaan geologi teknik, upaya kajian geoteknik agar data yang diambil di lapangan valid dan memenuhi persyaratan maka dilakukan pengeboran geoteknik (Gambar

7 dan Gambar 8). Posisi pengeboran dilakukan dengan arah tegak lurus terhadap permukaan mengingat kemiringan lapisan batuan relatif datar (18°).



Gambar 7. Aktifitas Pengeboran di Lokasi Titik Bor GT 02



Gambar 8. Data hasil pemboran (*core*) pada titik bor GT 02

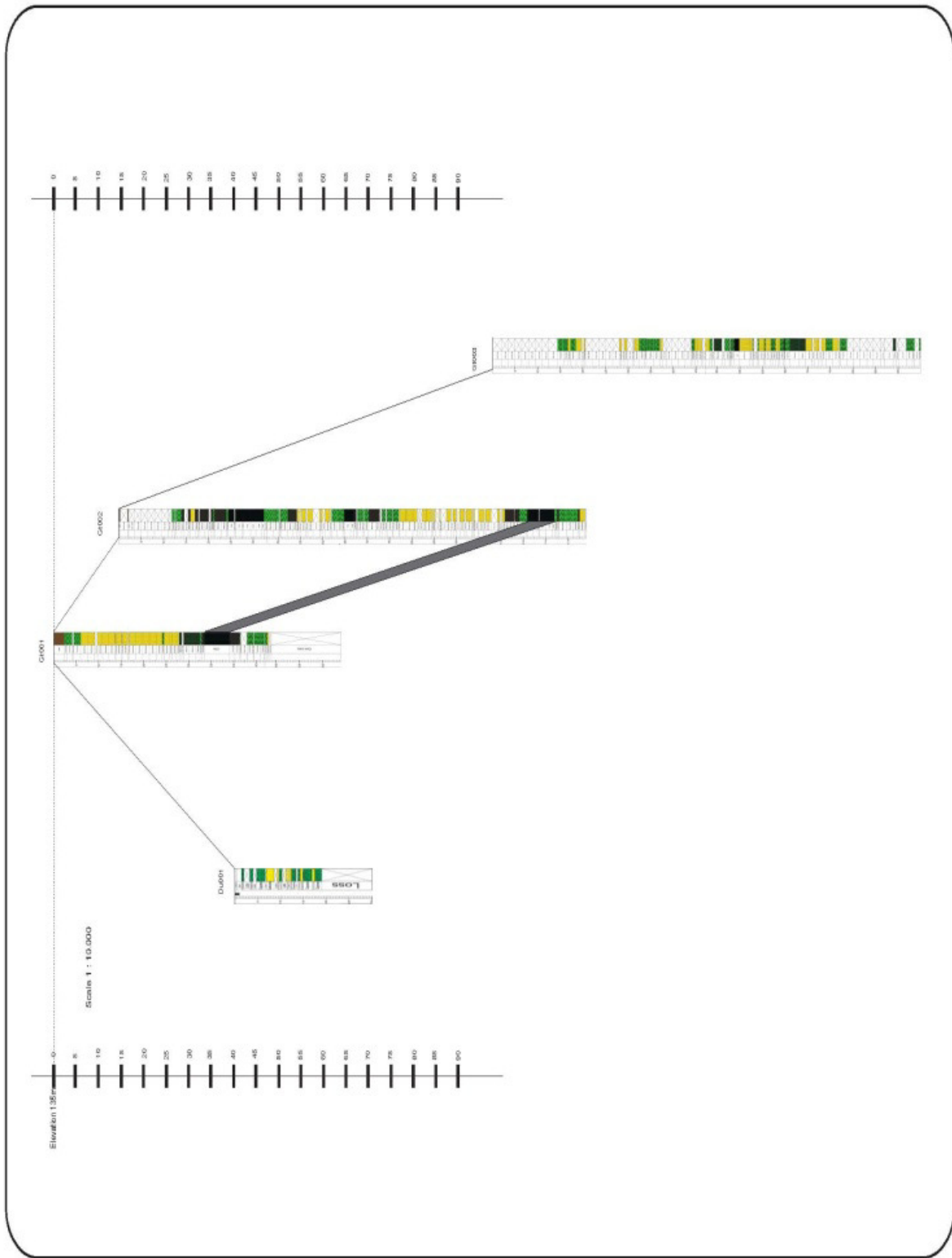
Penampang bawah permukaan daerah penelitian dapat dilihat dari setiap penampang titik bor geoteknik (GT 01, GT 02, dan GT 03) yang dikorelasikan satu sama lain. Dari penampang bawah permukaan pada Gambar 9 dan Gambar 10, dapat diketahui litologi penyusun daerah penelitian sebagai berikut :

1. *Soil*/Tanah Permukaan, pada umumnya memiliki karakteristik warna coklat terang, ukuran butiran halus, permeabilitas sedang, basah, lunak, padat, lempung pasiran, dan homogen.
2. Batupasir, memiliki karakteristik warna abu-abu terang, masif, kekerasan sedang, ukuran butir halus, pemilahan baik, permeabilitas sedang, sementasi baik, dan karbonan.
3. Batulempung, memiliki karakteristik; warna abu-abu, kekerasan sedang sampai keras, masif, lembab, dan *low slacking potential*.
4. Batulanau, banyak ditemukan dengan karakteristik; warna abu-abu terang, lembab, kekerasan sedang, dan *low slacking potential*.
5. Batubara, memiliki karakteristik warna hitam, keras, kekuatan sedang, lembab, goresan hitam, dan *dull*.

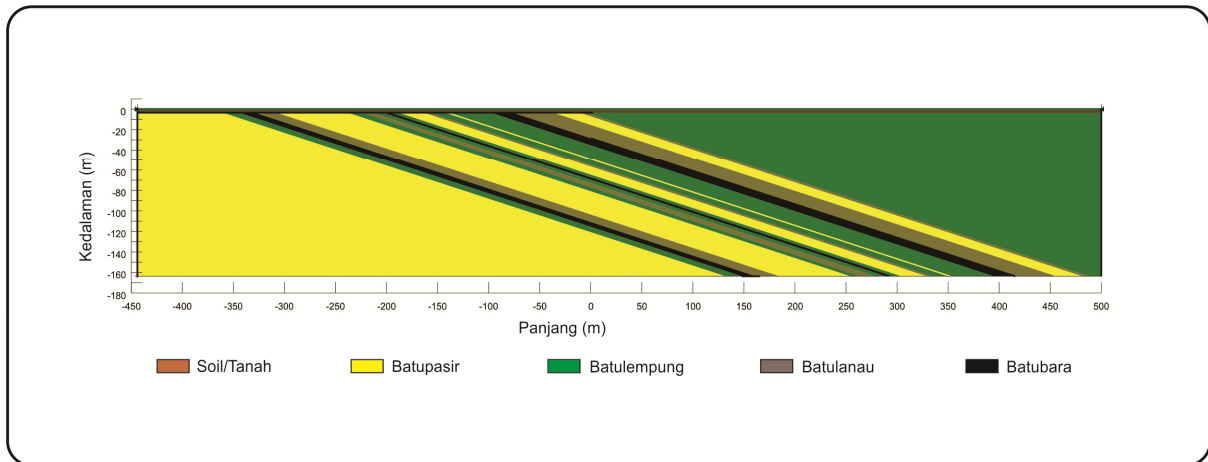
Sifat Fisik dan Mekanik Tanah dan Batuan

Dari Uji Triaxial atau uji kuat geser didapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dari suatu batuan dan tanah yang diuji. Berikut di bawah ini hasil uji Triaxial dari beberapa sampel yang diambil dari lubang bor GT 02 (Tabel 1).

Uji *direct shear* merupakan salah satu uji geser pada material tanah atau batuan yang menghasilkan nilai kohesi dan sudut geser dalam. Berikut di bawah ini dicantumkan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada setiap batuan pada salah satu titik bor di daerah penelitian pada tabel 2.



Gambar 9. Korelasi litologi pada lubang bor GT 01, GT 02, dan GT 03



Gambar 10. Penampang litologi bawah permukaan daerah penelitian

Tabel 1. Hasil Uji *Triaxial* dari sampel pada titik bor GT 02

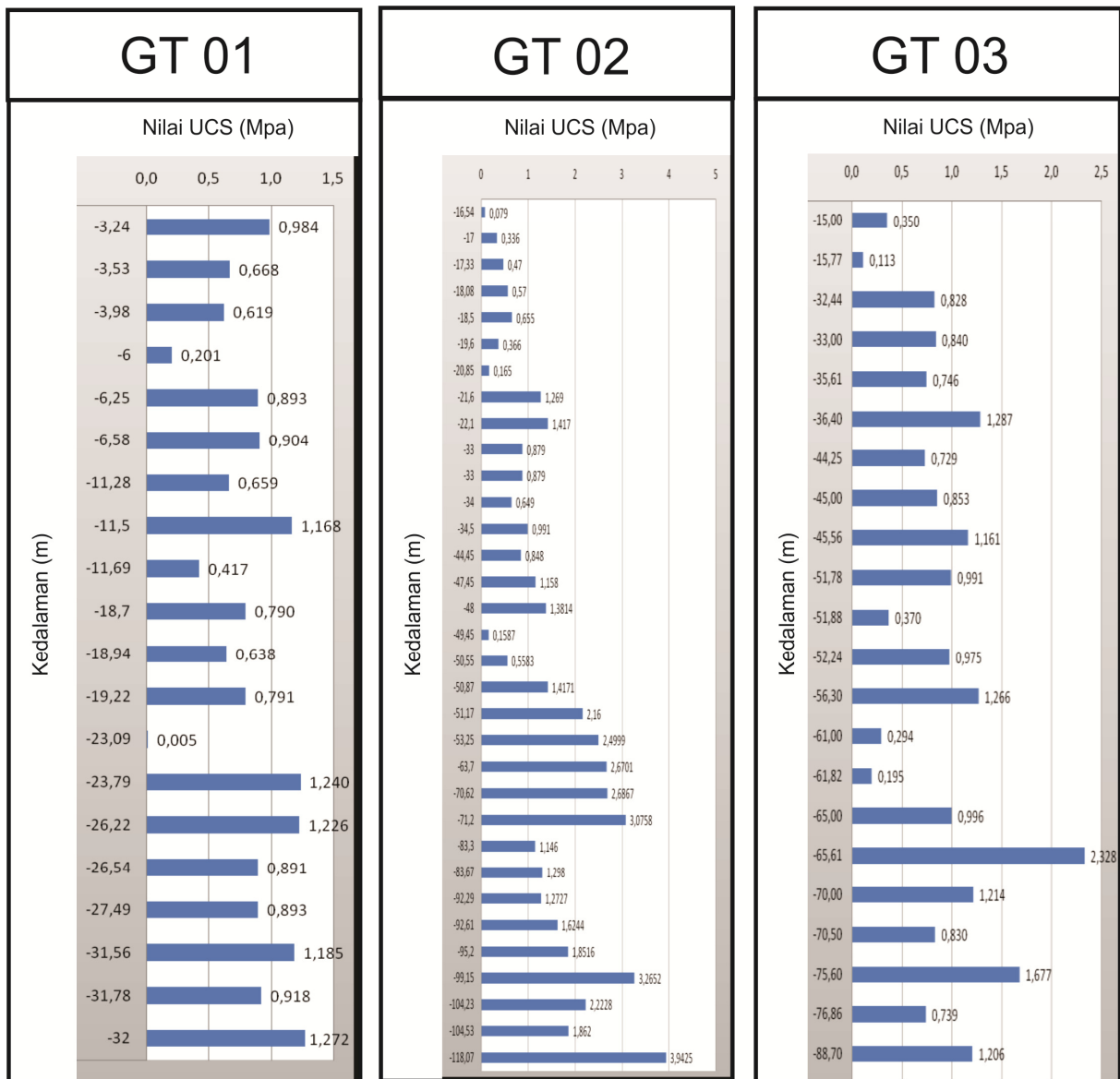
No	Kedalaman (m)	Kohesi (KN/m ²)	Sudut Geser dalam (°)	Litologi
1	13,65-13,92	1062,09	19,85	Batulempung
2	16,30-16,54	726,62	26,07	Batupasir
3	18,08-18,33	413,81	31,45	Batulanau
4	28,05-28,35	1207,81	11,38	Batubara
5	38,00-38,50	666,81	18,78	Batulempung
6	47,45-47,95	594,24	24,42	Batulempung

Tabel 2. Hasil Uji *Direct Shear* pada sampel dari titik bor GT 02

No	Kedalaman (m)	c peak (KN/m ²)	φ peak (°)	c residual (KN/m ²)	φ residual (°)	Litologi
1	13,65-13,92	27,4568	9,03	1,8828	5,42	Batulempung
2	16,30-16,54	191,8054	10,06	28,0452	5,27	Batupasir
3	28,05-28,35	413,9113	15,11	121,6925	7,42	Batubara
4	33,00-33,50	305,9472	10,58	102,8846	6,58	Batulempung
5	38,00-38,50	258,8784	16,82	35,9880	10,92	Batulempung
6	44,45-44,82	256,9172	15,82	12,0614	12,77	Batulempung

Hasil Uji *UCS* dilakukan untuk mengetahui nilai dari berat satuan suatu batuan dan tanah, hasil uji *UCS* pada titik

bor GT 01, GT 02 dan GT 03 ditampilkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Grafik UCS vs Kedalaman (Titik Bor GT 01, GT 02, dan GT 03)

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji UCS yang didapatkan dari setiap titik bor, maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. GT 01

Terdapat variasi besaran nilai UCS dari setiap kedalaman. Pada titik bor GT 01 nilai UCS antara 0,005 sampai dengan 1,27, sehingga material diklasifikasikan antara *very soft soil* sampai *very weak rock* (Hoek & Bray, 1977).

2. GT 02

Pada titik bor GT 02 nilai UCS menunjukkan antara 0,07 sampai dengan

3,94, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai *soft soil* sampai *very weak rock* (Hoek & Bray, 1977).

3. GT 03

Pada titik bor GT 03 nilai UCS menunjukkan angka antara 0,11 sampai dengan 2,32, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai *firm soil* sampai *very weak rock* (Hoek & Bray, 1977).

Kualitas massa batuan dapat ditentukan dengan pembobotan *RMR (Rock Mass Rating)* berdasarkan metode *Bieneawsky, (1989)* yang klasifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi *RMR* berdasarkan Bieniawski, (1989)

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS								
Parameter		Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred	
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa
	Rating	15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality <i>RQD</i>	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%		
	Rating	20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities	> 2 m	0.6 - 2. m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	<60 mm		
	Rating	20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)	Very rough surfaces	Slightly rough surfaces	Slightly rough surfaces	Slickensided surfaces	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm		
		No separation	Separation < 1 mm	Separation < 1 mm	or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm	Continuous		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
6	General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
		Rating	15	10	7	4	0	
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)								
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable		
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12		
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25		
	Slopes	0	-5	-25	-50			
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS								
Rating	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21			
Class number	I	II	III	IV	V			
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock			
D. MEANING OF ROCK CLASSES								
Class number	I	II	III	IV	V			
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span			
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100			
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15			
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions								
Discontinuity length (persistence)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			
Rating	6	4	2	1	0			
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			
Rating	6	5	4	1	0			
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided			
Rating	6	5	3	1	0			
Infilling (gouge)	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm			
Rating	6	4	2	2	0			
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed			
Rating	6	5	3	1	0			
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**								
Strike perpendicular to tunnel axis				Strike parallel to tunnel axis				
Drive with dip - Dip 45 - 90°		Drive with dip - Dip 20 - 45°		Dip 45 - 90°		Dip 20 - 45°		
Very favourable		Favourable		Very unfavourable		Fair		
Drive against dip - Dip 45-90°				Drive against dip - Dip 20-45°				
Fair		Unfavourable		Dip 0-20 - Irrespective of strike°				
				Fair				

Klasifikasi *RMR* dipakai dalam memperkirakan kestabilan lereng suatu massa batuan. Penilaian kestabilan lereng menggunakan data hasil penelitian di lapangan dan data laboratorium sehingga

dalam pembobotan dapat dilihat dari nilai *RMR*. Massa batuan dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Tabel 4) :

Tabel 4. Klasifikasi dan kualitas batuan berdasarkan nilai *RMR*

Kelas	Kualitas Massa Batuan	Nilai <i>RMR</i>
I	<i>Very Poor Rock</i>	0 - 20
II	<i>Poor Rock</i>	21 - 40
III	<i>Fair Rock</i>	41 - 60
IV	<i>Good Rock</i>	61 - 80
V	<i>Very Good Rock</i>	81 - 100

Berikut hasil pembobotan massa batuan/*RMR* pada masing-masing titik bor di daerah penelitian.

1. Titik Bor GT 01

Nilai *RMR* berkisar antara 37 sampai 52. Nilai tersebut menunjukkan batuan pada titik bor GT 01 termasuk ke dalam kelas IV (*Poor Rock*) dan kelas III (*Fair Rock*).

Nilai *RMR* terkecil pada titik bor GT 01 dengan kelas IV (*Poor Rock*) didapat karena salah satu dari batuan penyusunnya itu adalah batulempung, dengan RQD 43,99%, jarak antar kekar 13 cm/kekar, nilai *UCS* 1,3 Mpa, dan kandungan air pada batuan dalam kondisi basah. Untuk nilai *RMR* yang terbesar pada titik bor ini yaitu 53 termasuk kelas III (*Fair Rock*), dengan salah satu batuan penyusunnya batupasir, dengan RQD 93,11%, jarak antar kekar 40 cm/kekar, dengan nilai *UCS* 0,2 Mpa, dan pada kondisi lembab (*moist*).

2. Titik Bor GT 02

Hasil pembobotan nilai *RMR* pada GT 02 berdasarkan klasifikasi *Bieneawski* (1989), didapat nilai *RMR* berkisar antara 35 sampai 68. Nilai tersebut menunjukkan batuan di GT 02 termasuk kelas IV (*Poor Rock*) dan kelas II (*Good Rock*).

Nilai *RMR* terkecil pada titik bor GT 02 dengan kelas IV (*Poor Rock*) didapat karena salah satu batuan penyusunnya batupasir, dengan RQD 57,3%, jarak antar kekar 12,2 cm/kekar, nilai *UCS* 3,9 Mpa, dan kandungan air pada batuan dalam kondisi basah. Untuk nilai *RMR* yang terbesar pada titik bor ini yaitu 68 termasuk kelas II (*Good Rock*) dengan salah satu batuan penyusunnya adalah batulanau, dengan RQD 93,8%, jarak

antar kekar 0 cm/kekar, dengan nilai *UCS* 2,5 Mpa dan pada kondisi basah (*wet*).

3. Titik Bor GT 03

Hasil pembobotan nilai *RMR* pada GT 03 berdasarkan klasifikasi *Bieneawski* (1989) didapat nilai *RMR* berkisar antara 30 sampai 73. Nilai tersebut menunjukkan batuan di GT 03 termasuk batuan kelas IV (*Poor Rock*) dan kelas II (*good Rock*).

Nilai *RMR* terkecil pada titik bor GT 03 dengan kelas IV (*Poor Rock*) didapat karena salah satu batuan penyusunnya adalah batupasir, dengan RQD 43,99%, jarak antar 1,5 cm/kekar, nilai *UCS* 0,830 Mpa, dan kandungan air pada batuan dalam kondisi basah. Untuk nilai *RMR* yang terbesar pada titik bor ini yaitu 73 termasuk kelas II (*good Rock*) dengan salah satu batuan penyusunnya adalah batulempung dengan RQD 100%, jarak antar kekar 0 cm/kekar, dengan nilai *UCS* 0,350 Mpa dan pada kondisi basah (*wet*).

Desain Kestabilan Lereng

Data-data parameter sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan penyusun lereng yang dipergunakan untuk simulasi analisis kestabilan lereng antara lain kohesi (*c*), bobot isi jenuh (γ_{sat}), dan sudut geser dalam (ϕ) diambil dari data hasil uji laboratorium (Tabel 5). Faktor keamanan lereng dapat dihitung dengan menggunakan metode *Fellenius*. Dalam mengantisipasi lereng longsor, nilai FS yang diambil adalah nilai FS yang terkecil, dengan demikian antisipasi akan diupayakan maksimal. Nilai FS ditentukan pada prinsipnya menggunakan persamaan sebagai berikut :

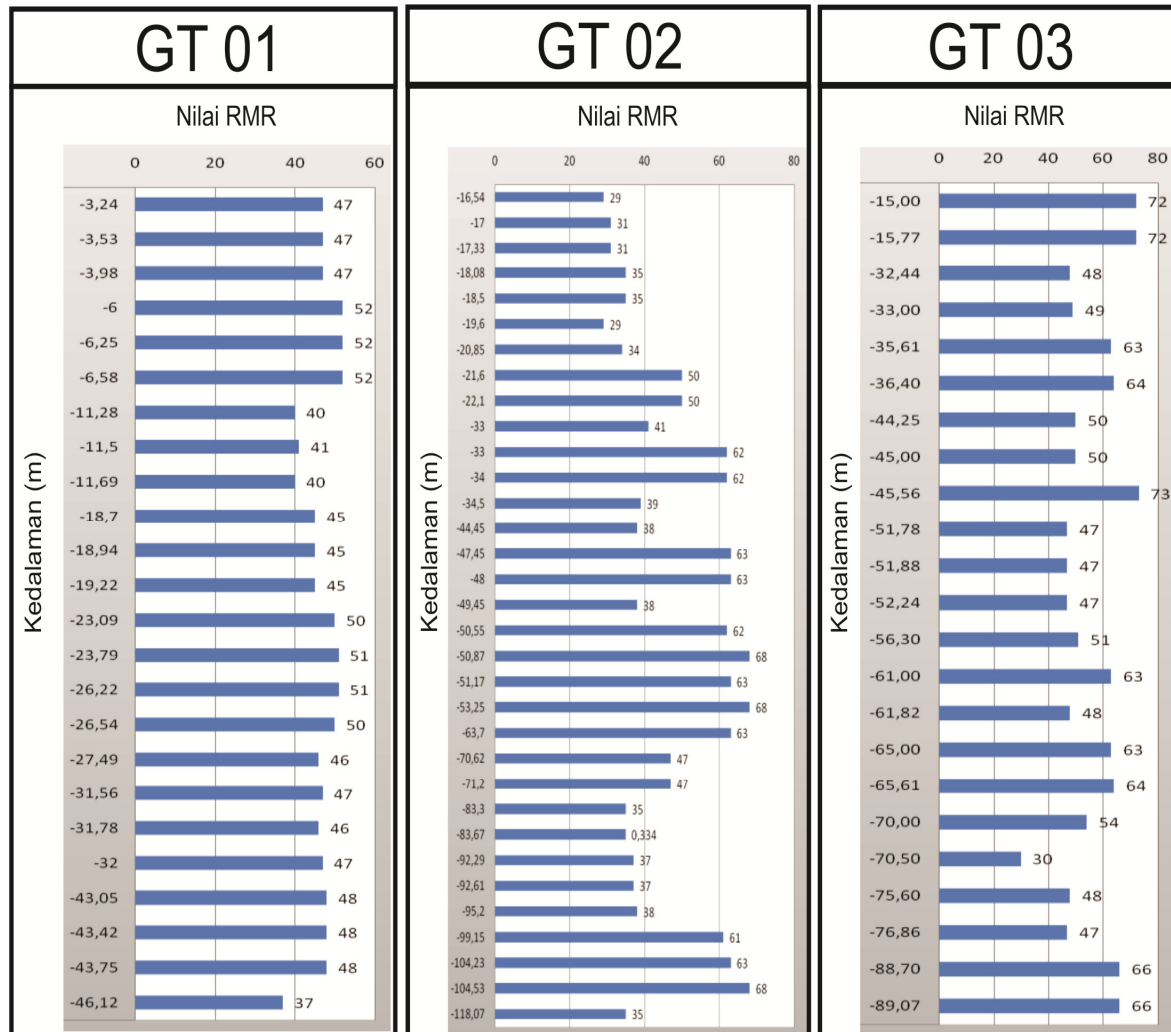
$$FS = \frac{cL + \tan\phi \sum (W_i \cos \alpha_i - u_i \times L_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

Keterangan :

c = Kohesi (KN/m^2), Φ = sudut geser dalam (derajat), α = sudut bidang gelincir pada tiap sayatan, μ = tekanan air pori (KN/m^2), l = panjang bidang gelincir pada tiap sayatan (m), L = jumlah panjang bidang

gelincir, W = luas tiap bidang sayatan (m^2) x bobot satuan isi tanah.

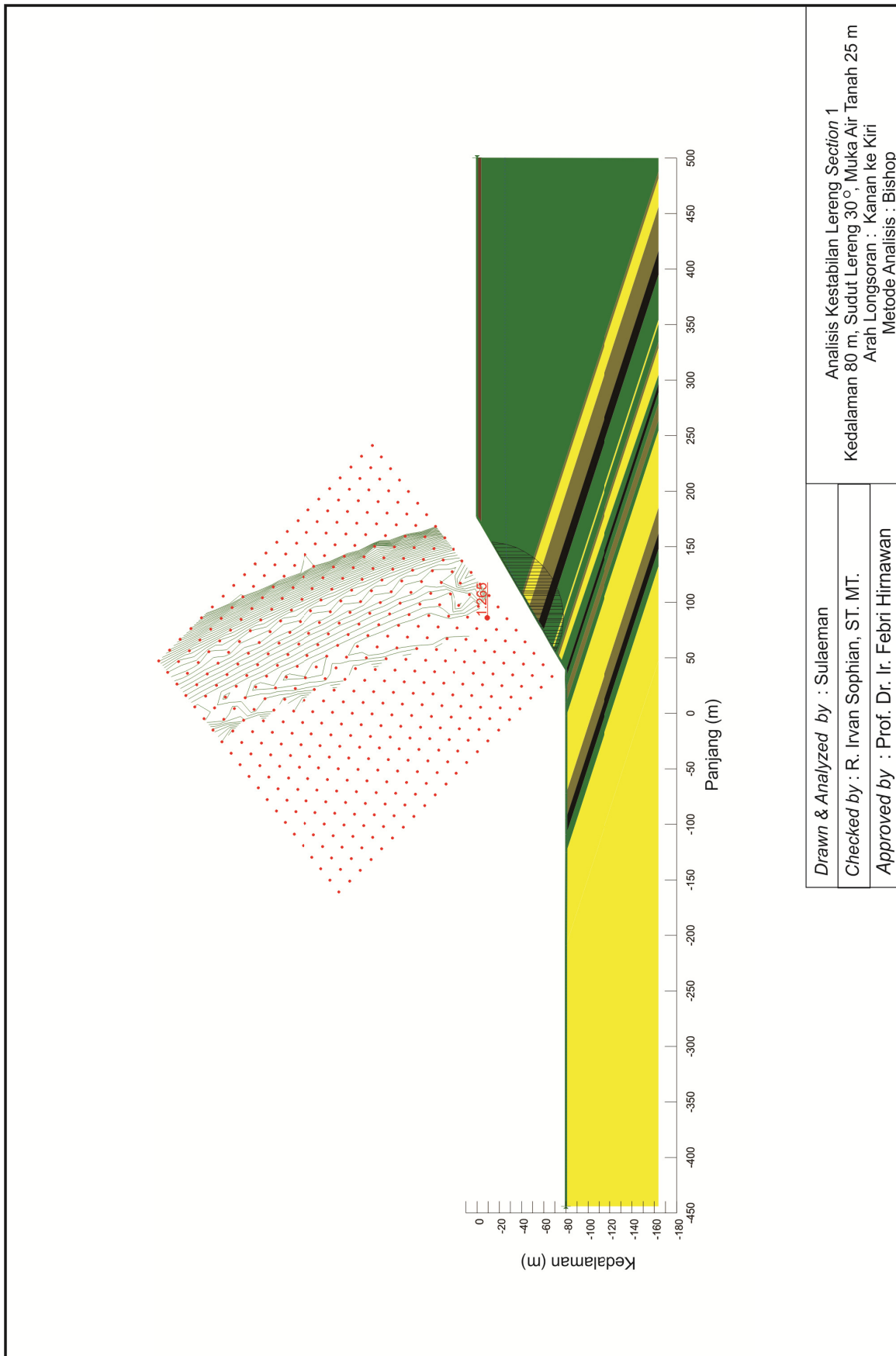
Hasil dari simulasi lereng dengan menggunakan perangkat lunak didapat nilai FS untuk lereng *highwall* dan *lowwall* yaitu FS = 1,265 dan FS = 1,311 (Gambar 14 dan Gambar 15).



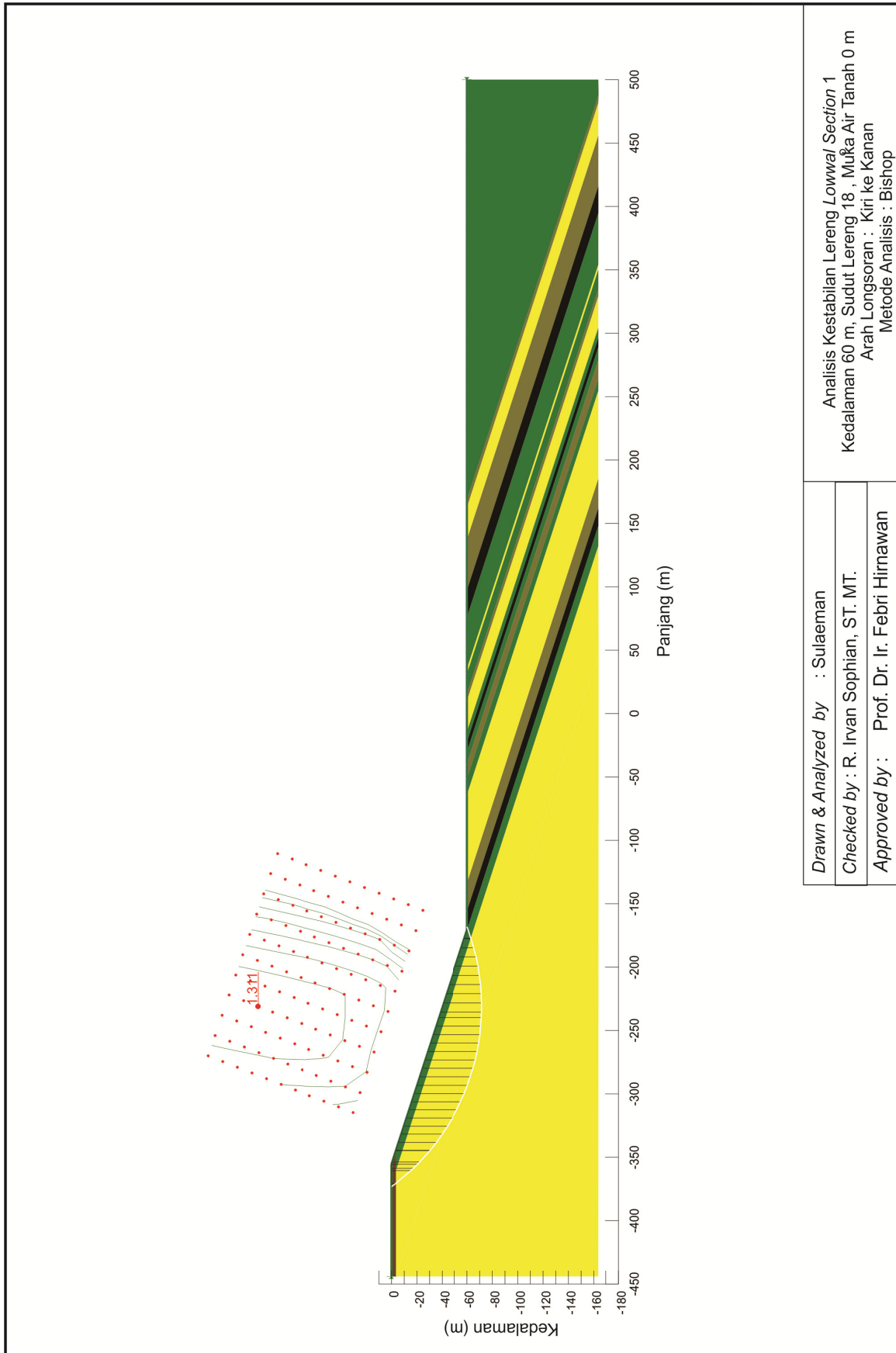
Gambar 13. Grafik RMR vs Kedalaman (pada bor GT 01, GT 02, dan GT 03)

Tabel 5. Nilai bobot isi jenuh, kohesi, dan sudut geser dalam

No.	Material	γ_{sat} (kN/m^3)	c (MPa)	ϕ ($^\circ$)
1	Soil/Tanah	18,531	15,788	2,34
2	Batupasir 1	22,24	155	14,03
3	Batulanau 1	20,298	100	10
4	Batulempung 1	19,484	131,4	11
5	Batubara	14,6	207	25
6	Batupasir 2	21,573	155,52	6,33
7	Batulempung 2	22,26	134,54	13,44
8	Batulanau 2	22,298	191,81	11,33
9	Batulempung 3	24,613	200,44	9,79



Gambar 14. Simulasi lereng stabil (Highwall) pada kedalaman 80 meter, Slope 30° pada kondisi muka air tanah 25 meter.



Gambar 15. Simulasi lereng Stabil (Lowwall) pada kedalaman 60 meter, Slope 18° pada kondisi muka air tanah di permukaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan sifat fisik dan mekanik batuan dari setiap titik bor dapat disimpulkan bahwa kualitas massa batuan di daerah penelitian tergolong pada kelas II (*Good Rock*) sampai kelas IV (*Poor Rock*).

Keberadaan muka air tanah dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan, sehingga air tanah

dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Nilai F_s yang didapat dari simulasi lereng tambang di dapat F_s 1,265 untuk *highwall*. dan F_s 1,311 untuk *lowwall*. Nilai faktor keamanan lereng dari kedua lereng tersebut lebih dari 1,25 yang artinya menunjukkan lereng tersebut jarang terjadi longsor atau lereng tersebut relatif stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2012. *Report of Geotechnical and Hidrogeology Study, Purwajaya, Loajanan, East Borneo*. PT Britmindu. Bandung.
- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification: A Complete Manual for Engineer and Geologist in Mining, Civil and Petroleum*.
- Hirawan, F., dan Zakaria, Z. 2002. *Geoteknik dan Geomekanik*. Bandung. Laboratorium Geoteknik-Fakultas Teknik Geologi. Universitas Padjadjaran.
- Hoek, E. 2006. *Rock Engineering: Rock Mass Classification*. Canada.
- Supriatna, S.dkk. 1995. *Peta Geologi Regional Lembar Samarinda, Kalimantan Timur, Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Zakaria, Z. 2011. *Analisis Kestabilan lereng*. Bandung: Laboratorium Geoteknik-Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran.

**EVALUATION OF COPPER DEPOSITS PROSPECT IN WAI WAJO AREA OF
SIKKA REGENCY, EAST NUSA TENGGARA PROVINCE**

*EVALUASI PROSPEK ENDAPAN TEMBAGA DI DAERAH WAIWAJO,
KABUPATEN SIKKA, PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR*

Bambang Pardiarto

Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekrano Hatta No 444, Bandung
b.pardiarto@yahoo.com

diterima : 3 Juni 2014

direvisi : 5 Juli 2014

disetujui : 5 Agustus 2014

ABSTRACT

Lowo Deba prospect in Sikka Regency, East Nusa Tenggara Province shows significant evidences for copper deposit. The prospect is discovered by joint cooperation activity between Directorate of Mineral Resources Inventory (DMRI) and Korea Resources Corporation (KORES) in the systematic exploration program. The evaluation based on the quantitative analysis of rock and mineral characteristics as well as geologic mapping, petrography, mineragraphy, fluid inclusion, spectra analysis (PIMA), geochemical and geophysical data. The geology of the prospect area consists of Miocene volcanics of Kiro Formation and Tanahau Formation, intrusion of granodiorite and Quaternary volcanics. The volcanic rock shows the characteristic of tholeiitic magma. The predominant system of lineaments in the prospect area tends to be NE-SW trend. This fault structure appears to have closely relationship with the mineralization in Lowo Deba prospect.

The mineralization and alteration outcrops appear to be structural controlled to form epithermal deposit type. Most of the mineralizations are hosted by phyllic – argillic altered andesitic to dacitic tuff which is intruded by granodiorite. Rock samples indicate the mineralization type is quartz vein containing chalcopyrite, galena, sphalerite, covellite and pyrite. The best grade revealed from these altered rocks of 6,980 ppm Cu and 50 ppb Au, and from quartz vein of 4,868 ppm Cu and 57 ppb Au. Mineralization stages evolved from initial higher temperatures (> 320° C) to later lower temperatures (near 170° C).

Soil geochemical analysis identify two zones of combined anomaly i.e. Au-Cu-Mo and Ag-Pb-Zn. Those anomalies are concentrated in the phyllic and argillic altered andesitic tuff. These soil anomaly coincide with IP anomalies which are found in electrode separation index of n=5 and n=7 in line WA7 with chargeability value up to 405.7 Msec and resistivity value of 37.7 Ohm-m. In general high chargeability and low resistivity anomalies are developed in the direction of southwest to northeast and still open to the northeast. The high chargeability value allows to predict the occurrence of copper deposits potential. Some bore holes are proposed for the next survey to confirm the presence of new copper deposits in the prospect area.

Keyword : chargeability, copper deposit, Lowo Deba.

ABSTRAK

Daerah prospek Lowo Deba yang terletak di Kabupaten Sikka, Provinsi Nusa Tenggara Timur memperlihatkan tanda-tanda cebakan tembaga. Daerah prospek ini ditemukan dalam kegiatan kerjasama antara Korea Resources Corporation (KORES) dengan Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DMRI) pada program eksplorasi sistematis. Evaluasi daerah prospek ini berdasarkan pada kuantitas batuan dan karakteristik mineral sebagaimana diperoleh dalam pemetaan geologi, petrografi, mineragrafi, inklusi fluida, analisis spektra (PIMA), data geokimia dan geofisika. Geologi daerah prospek terdiri dari

batuan vulkanik Formasi Kiro dan Formasi Tanahhau berumur Miosen, intrusi granodiorit dan batuan vulkanik berumur Kuartar. Batuan vulkanik memperlihatkan karakteristik magma toleitik. Sistem kelurusan dominan mengarah ke timurlaut-baratdaya. Struktur patahan ini berhubungan erat dengan mineralisasi di daerah prospek Lowo Deba.

Singkapan mineralisasi dan ubahan tampaknya dikontrol oleh struktur yang membentuk cebakan tipe epithermal. Mineralisasi terdapat dalam batuan tufa andesitik-dasitik dengan ubahan philik-argilik yang diterobos oleh granodiorit. Contoh batuan menunjukkan mineralisasi tipe urat kuarsa yang mengandung kalkopirit, sfalerit, kovelit dan pirit. Kadar terbaik dalam batuan ubahan 6.980 ppm Cu dan 50 ppb Au dan kadar dalam urat kuarsa 4.868 ppm Cu dan 57 ppb Au. Tahap mineralisasi lambat laun terjadi dari temperatur tinggi (>320 °C) menuju temperatur rendah (mendekati 170 °C).

Analisis geokimia tanah menghasilkan dua zona gabungan anomali yaitu Au-Cu-Mo dan Ag-Pb-Zn. Anomali ini terpusat dalam tufa andesitik yang berubah philik-argilik. Zona anomali tanah ini berimpit dengan anomali IP yang diperoleh melalui elektroda terpisah dengan indeks $n=5$ dan $n=7$ pada lintasan WA7 dengan nilai chargebility 405,7 Msec dan tahanan jenis 37,7 Ohm-m. Secara umum anomali chargebility tinggi dan tahanan jenis rendah berkembang dengan arah baratdaya-timurlaut dan masih terbuka ke arah timurlaut. Nilai chargebility yang tinggi mengarah kepada praduga akan kehadiran potensi cebakan tembaga. Beberapa lubang pemboran disarankan pada survey selanjutnya untuk memastikan ditemukannya cebakan tembaga baru di daerah ini.

Kata kunci : chargebility, cebakan tembaga, Lowo Deba.

INTRODUCTION

This paper describe the geology, geochemical and geophysical survey result within Lowo Deba prospect in Sikka District, East Nusa Tenggara Province which indicate significant evidence for copper deposit (Figure 1). The prospect is discovered by joint cooperation activity between Directorate of Mineral Resources Inventory (DMRI) and Korea Resources Corporation (KORES) in the two phases systematic exploration program (2003-2004).

The first phase was regional survey involving geological and geochemical investigations and in order to make out the potential metallic mineral resources in the survey area. The initial survey identified mineral occurrences such as disseminated copper sulphides in Tertiary volcanic rock, granitic intrusion and quartz vein. A reconnaissance stream sediment and float sampling in this area has identified some anomalous copper including gold. The float assay from Lowo Mego revealed of 10 % Cu and 520 ppb Au (Franklin, 1999).

The second phase aims to follow-up of the first phase exploration data and information of copper sulphide occurrences by elucidating the geologic setting, relationship between mineralization and geologic structure and mode of mineral deposit type. Geophysical survey has identified geomagnetic anomaly showing NW-SE, N-S, and NE-SW trending similar to the fault structure system. The mineralization is controlled by NE-SW trending fault and the andesite – diorite intrusion filled along this structure. The IP anomaly indicates the mineralization zone of the Lowo Mego still open to the NNE in Lowo Deba (Budi, P., 2000).

Survey of geochemical soil ridge and spurs with 100 m sampling interval and trenching of 50m long with 1 m sampling interval conducted in the middle part of Lowo Deba creek. The results of the survey has identified strong anomalous zones of Cu-Pb-Mn-Mo in phyllic – advanced argillic Tertiary volcanic tuff. Observation from trench shows a good mineralization within silicified andesitic rock. Rock assay revealed 4,980 ppm Cu and 45 ppb Au (Franklin, 2002).

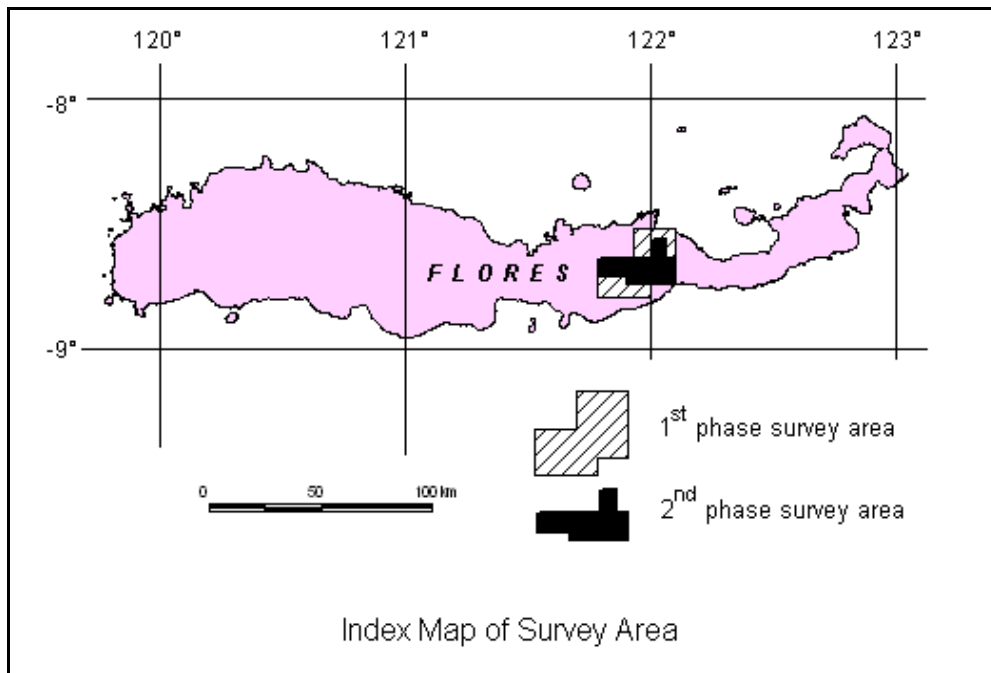


Figure 1. Location of prospect area

The evaluation based on the quantitative of rock and mineral characteristics as well as geology mapping, petrography, mineragraphy, fluid inclusion, spectra analysis (PIMA), geochemical and geophysical data. Hopely this study will let to discover of new deposits in the prospect area.

EXPLORATION RESULTS

Geological Survey

Based on the surface mapping of the geology, the prospect area consists of Miocene volcanics of Kiro Formation , Tanahau Formation, intrusive of granodiorite and Quaternary volcanics (Figure 2). The name of the formation refer to regional geology made by Suwarna, et al (1990). The Kiro Formation is characterised by submarine volcanic product consisting andesitic lava, volcanic breccia and andesitic tuff. While Tanahau Formation is composed of lava, breccia and tuff. Lava is rhyolitic in composition and shows pillow structure. Breccia consists of dacite clasts and cemented by silicification of sandy tuff. Tuff is dacitic composition containing silicified and mineralised clasts. From the chemical analysis results of major elements derived

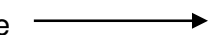
from representative volcanics rock in the Wai Wajo area are belong to calc-alkaline and tholeitic series based on $Na_2O + K_2O$ versus SiO_2 diagram as seen in Figure 3. They are also shown in mainly character of tholeitic magma.

The predominant system of lineaments has been interpreted and extracted in the whole survey area tends to be NNW- NNE trend. High-density occurrences of lineaments are found in eastern part of Wai Wajo. Field observation and plotting of joints from the prospect area has been interpreted as two major lateral slip fault systems showing NE-SW and N-S trend (Figure 4) .The NE-SW fault systems is the most dominant in the Lowo Deba prospect area and the mineralization appears to have closely relationship with this fault systems. The occurrences of quartz veins in the survey area is closely related to normal fault, lateral fault and opening as dilation jogs which is affected by both faults (Figure 5).

The mineralization and alteration outcrop appear to be structural controlled to form epithermal deposit type. Most of mineralizations are hosted by phyllic – argillic andesitic to dacitic tuff which are intruded by granodiorite. The alteration

minerals were observed by using Portable Infrared Mineral Analyzer (PIMA) application of TSG 2.0 and 3.0 over 213 spectra which consist of illite, halloysite, kaolinite, gypsum, dickite dan paragonite. Gypsum formed in the hydrothermal alteration system is related to the mineral deposit. While dickite is a key mineral for advanced argillic alteration and often found in association with alunite, quartz and in the intenseley acid-leached part of hydrothermal alteration system. Hand specimen sample indicated the mineralization type is quartz-vein containing chalcopyrite, galena, sphalerite, covellite and pyrite (Figure 6). The best grade revealed of 6,980 ppm Cu and 50 ppb Au. The quartz veins are generally hosted by silicified andesitic tuff, altered dacitic lapilli tuff and granodiorite. The best grade revealed of 4868 ppm Cu and 57 ppb Au.

Ore microscopic study from quartz vein indicates cubanite mineral showing lamelar texture (bladed texture) and some times occured as inclusion with sphalerite (Figure 7). The inclusion probably caused by replacement process. In this sample cubanite mineral has replaced sphalerite. Cubanite mineral is the mineralization indicator which is formed in high temperature (>250°C) and generally associated with pyrrhotite. From microscopic observation also indicates the presence of secondary minerals such as covellite, chalcocite and iron oxide. Gold was not observed due to gold content is extremely low. From ore microscopic study the paragenesis of ore samples can be described as follows:

Mineral	Time 
Pyrite	_____
Chalcopyrite	_____
Covellite	_____
Chalcosite	_____
Iron oxide	_____

Fluid inclusions studies were examined in four samples of white to gray milky quartz derived from several quartz veins along the Lowo Deba creek (Table 1). Two types of primary inclusions were recognized in the survey area and classified according to the phases presented at room temperature and their behavior on heating and freezing. Each type is described as follows:

Type I: It consists predominant of liquid , vapor phase and show filling degree between 80 to 90 % volume. Type I inclusions are 10 to 25µm in size and are found in isolated, randomly distributed occurrences and show rounded shape. These inclusions are homogenized to the liquid phase upon heating and contain daughter minerals.

Type II: It is vapor-rich inclusions and show filling degree between 60 to 80 % volume at room temperature. These inclusions occur as primary and show irregular shape. They are usually 5 to 30µm in size. These inclusions are homogenized to the vapor phase upon heating and do not contain daughter minerals. Homogenization temperatures of primary liquid-rich H₂O type fluid inclusions in ore stage, white to milky quartz, from the deposits range from 177° C to 326° C (Figure 8).

The ranges of homogenization temperatures of primary fluid inclusions in quartz related to the ore mineralization are different. Liquid-rich H₂O type inclusions in white to milky quartz related to main ore mineralization homogenized at relatively lower temperatures between 177° C and 284° C than these in barren quartz. Salinity of liquid-rich H₂O type inclusion in ore stage quartz related to ore mineralization range from 3.7 to 12.4 equiv. wt. % NaCl (Figure 9).

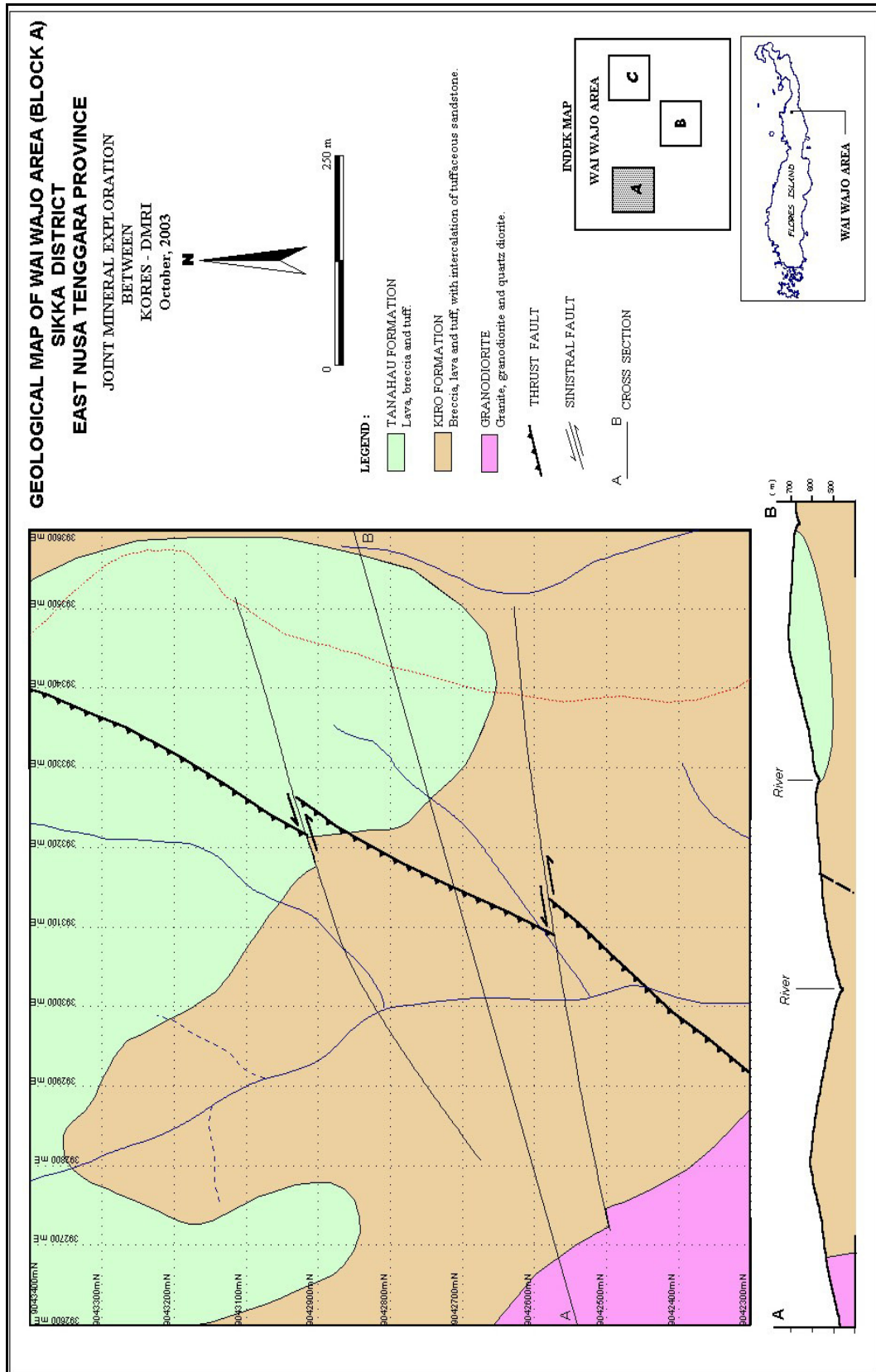


Figure 2. Geological map of Wai Wajo (Lowo Deba prospect).

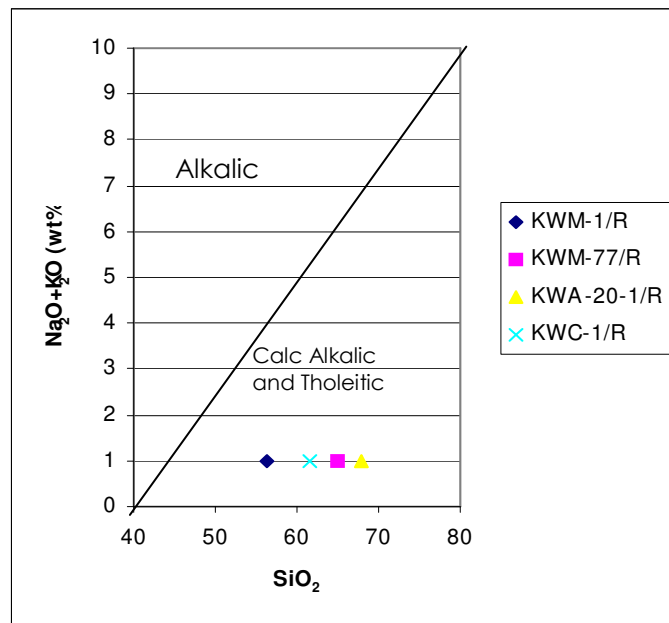


Figure 3. Composition of volcanic rocks from Wai Wajo area in terms of weight percent of silica and total alkalic, calc-alkalic

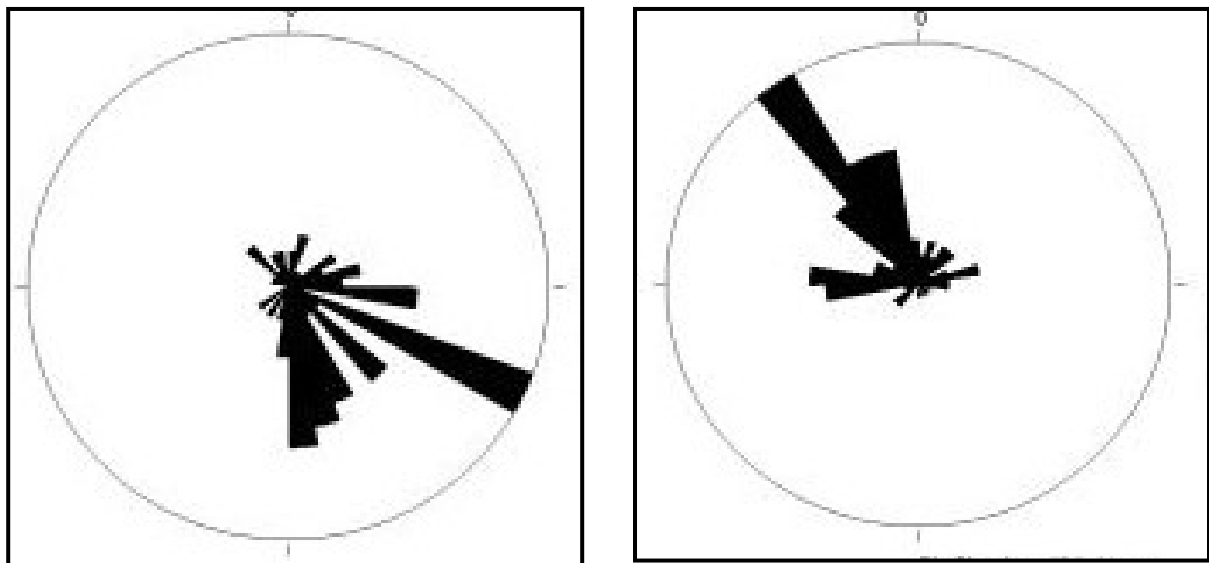


Figure 4. Main direction of joint measurement in Lowo Deba.

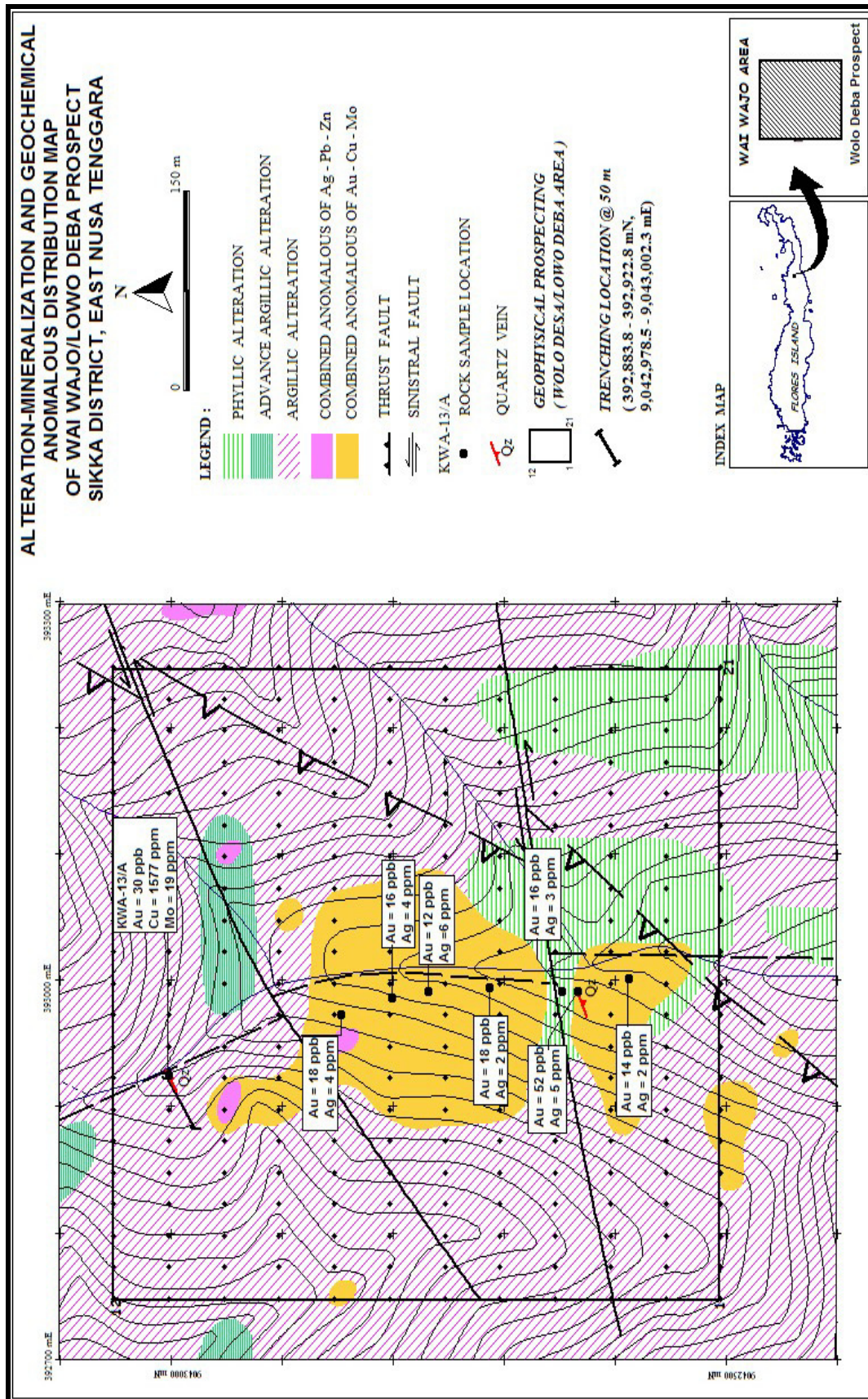


Figure 5. Mineralization-alteration and geochemical anomaly map of Lowo Deba area



Figure 6. Mineralized Quartz vein from Lowo Deba

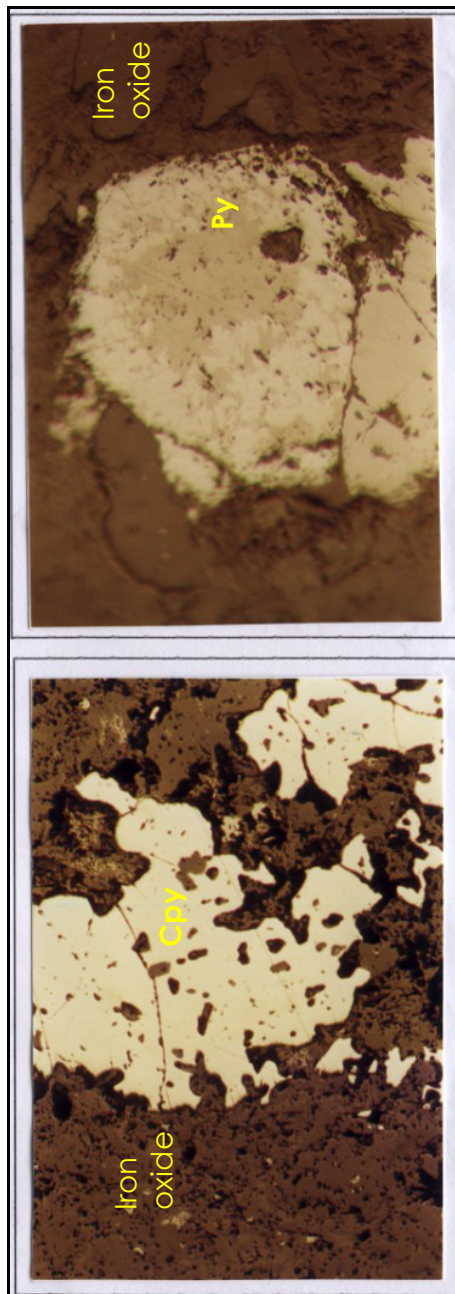


Figure 7 . Microphotograph showing pyrite and chalcopyrite(KWA-13/A)

Table 1. Mineralogy and fluid inclusion data from Wai Wajo/Lowo Deba

Sample No.	Mineralogy	Host mineral	P.	S.	Th(°C)	Tm(°C)	Eq.wt. % NaCl
KWW-1/RF	Py+gn+sp	gr.quartz	P (30)		201° - 324°	-5.0°-1.0	4.2-10.6
KWW-2/RF	Py+cpy+gn	m.quartz	P (31)		209° - 308°	-0.8°-1.6	3.7-5.0
KWW-3/RF	Py+gn	m.quartz	P (40)		178° - 326°	-6.1°-3.0	7.3-12.4
KWW-4/RF	py+cpy	gr.quartz	P (62)		177° - 320°	-6.0°-1.0	4.1-12.2

Abbreviations: *py*, pyrite; *cpy*, chalcopyrite; *gn*, galena; *sp*, sphalerite; *gr*, grey; *m*, milky; *P*, primary; *S*, secondary; *eq*, equivalent; *Th*, homogenization temperature; *Tm*, melting temperature. Numbers in parentheses are the number of inclusions measured.

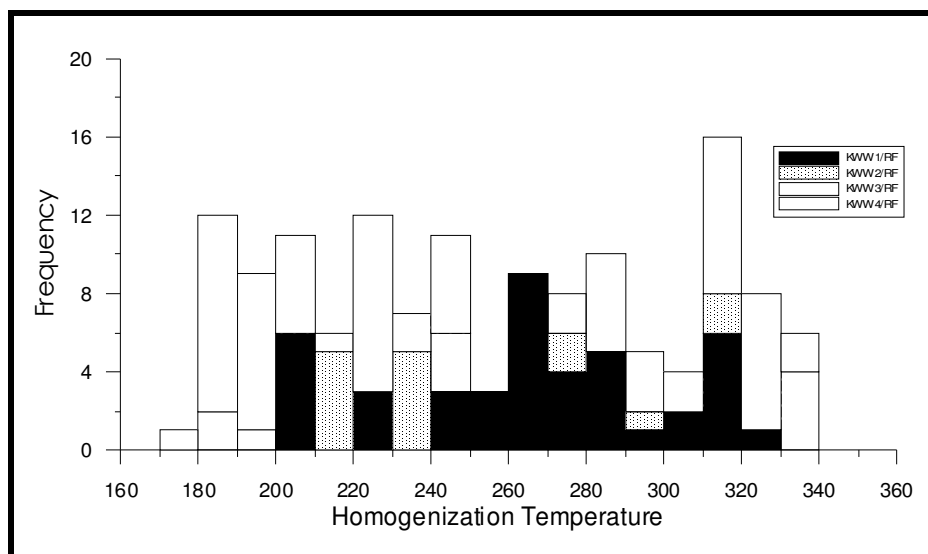


Figure 8. Histograms of homogenization temperatures of fluid inclusions in the main mineralization stage quartz from Wai Wajo area

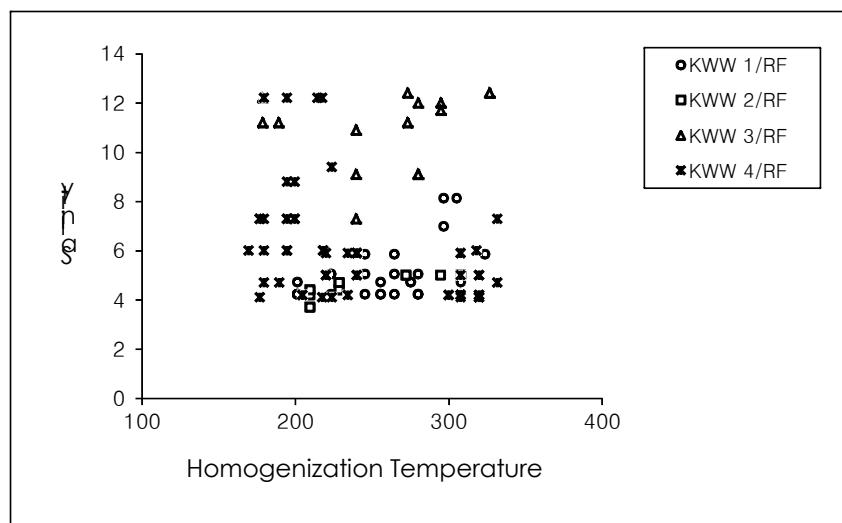


Figure 9. Plots of homogenization temperatures versus salinity for primary Inclusions in the main mineralization stage quartz from Wai Wajo area

Soil Geochemical Survey

Geochemical soil sampling use grid system in area of 1 x 1 km with 50 m interval in Lowo Deba revealed anomalous zones of Cu, Pb, Zn, Au, Ag and Mo elements of various sizes and also identified two general geochemical anomalous zones in which different elements are overlap.

The distribution of anomaly zone can be grouped into two combined anomaly i.e. Au-Cu-Mo and Ag-Pb-Zn. First anomaly is Au-Cu-Mo is distributed in the middle of Lowo Deba prospect and concentrated in the phyllic and argillic andesitic tuff of Kiro Formation. This anomaly area also occupied by base metal and gold mineralization outcrops. The second combined anomaly of Ag – Pb – Zn is distributed in the middle and northeastern part of Lowo Deba concentrated within advanced argillic and argillic dacitic tuff of Tanahau Formation and partly in andesitic tuff of Kiro Formation, showing the similar pattern to first group (Figure 5).

Based on the statistical calculation this element distribution group (Au-Cu-Mo) shows the normal distribution pattern, while the probability plot was inferred to be derived from one population or one-mineralization source (Ahrens, L.H., 1954). While the second combined anomaly of Ag-Pb-Zn from the histogram analysis indicate the normal distribution and from the probability plot is inferred to be derived from difference mineralisation source of the first group (Figure 10).

Geophysical Survey

Geophysical Induces Polarization (IP) survey in Lowo Deba Prospect area is conducted at 12 lines (WA 1-WA 12) with the distance between data points is 25 m and the interval between survey lines is 50 m . Array of IP method was used with dipole-dipole array for five and seven numbers of separation ($n=5$, $n=7$) and 25 m of dipole spacing . IP equipment used in this survey is made by IRISH INSTRUMENT Ltd, French. The high chargeability anomaly for $n5$ spread along the river of east branch and west of Lowo

Deba River as showing in figure 11 (c). The chargeability values for $n5$ have a range of 1.0 ~ 210.0 Msec. There are two high chargeability anomalies in this map. One anomaly lied along the main river of the central prospect area. This anomaly zone is divided by three high chargeability anomalies. The first anomaly is found at the west side of the main river in line WA4 and has high chargeability of 125.5 Msec. Also the second anomaly lay along Lowo Deba River in the central prospect area and has maximum value of 105.0 Msec. The third anomaly is found in northern part of prospect area as the east branch of Lowo Deba River and has a maximum chargeability value of 198.8 Msec.

For $n7$, there are three high chargeability anomalies zone as seen in figure 11 (d). The first high chargeability anomaly is distributed in the central part of the prospect area along the Lowo Deba River and this anomaly has chargeability values from 20.0 to 420.0 Msec. In general this high chargeability anomaly spread from southwest to northeast and concentrate in the central part of the line WA6, WA7 and WA8 and in the northeastern part of the line WA10, WA11 and WA12. This anomaly still has potential of development toward northeastern part of this prospect area. Three high chargeability anomaly points of line WA4 have the maximum chargeability value of 142.7 Msec. Also second high chargeability anomaly is found in the western part of this area in the line WA8, WA9 and WA10 with chargeability value of 134.3 Msec. The third high chargeability anomaly is found in the west branch of Lowo Deba River in the northern part of this area with chargeability value of 91.0 Msec.

Resistivity anomalies coincide with chargeability anomalies of $n5$ along the river, east branch and west branch of Lowo Deba River as showing in figure 12 (c). The resistivity anomaly values of $n5$ have a range of 0.0 ~ 4000.0 Ohm-m. Two resistivity anomalies are related with high chargeability anomalies. First resistivity anomaly is developed along the main river and to locate central part and east branch

of Lowo Deba. And this low resistivity anomaly coincides with high chargeability anomalies of composed three spots in this site. In this resistivity anomaly resistivity value is less than 200.0 Ohm-m. The other high resistivity anomaly at the southern part of this map is found in east branch of Lowo Deba River at line WA4 as high resistivity anomaly.

There are three low resistivity anomalies in index n7 on this map as showing figure 12(d). The first low resistivity anomaly is found in the central part of the prospect area along the Lowo Deba River including west branch and east branch. And this anomaly spread from southwest to northeast at line WA6, WA7, WA8, WA10, WA11 and WA12 with resistivity value of 0 – 150.0 Ohm-m. Also this low resistivity anomaly has more potential to develop to the northeastern part of this prospect area. The second low resistivity anomaly is found in the northern part of this area in the west branch of Lowo Deba River and has minimum value of 47.1 Ohm-m. The third low resistivity anomaly is found in the western part of this area in the line of WA8, WA9 and WA10 with minimum value of 42.6 Ohm-m.

DISCUSSION

During the whole survey of the mineral exploration project in Lowo Deba prospect area, documents and information on geology and mineral resources of the prospect area were compiled. While geochemical and geophysical data has been analyzed and interpreted to select the target area for drilling survey.

Base metal mineralization and Ag-Pb-Zn geochemical anomaly zones were identified in Miocene volcanic/ pyroclastic rocks of the survey area. The main anomalous of Au-Cu-Mo is widely distributed in the middle of prospect area. The anomalous zone is occupied by phyllic-argillic andesitic tuff and associated with gold and base metal mineralization outcrops. The alteration minerals consist of illite, halloysite, kaolinite, gypsum, dickite dan paragonite. The mineralisation

outcrop found as massive-crystalline quartz- vein containing chalcopyrite, galena, sphalerite, covellite and pyrite.

During the mineralization episodes, variations in temperature and composition of the hydrothermal fluids are recorded by fluid inclusions. The homogenization temperatures of primary inclusions in main stage minerals range from 326° C to 177° C. Each of these stages represents a separate mineralizing system, which cooled and abated prior to the onset of the next. The nearly linear relationship between homogenization temperatures and salinity of fluid inclusions from stages indicates a history of progressive cooling and dilution of ore-forming fluids.

Fluid inclusion study indicate that there is a progressive decrease of average temperature with paragenetic time. Mineralization stages evolved from initial higher temperatures (> 320° C) to later lower temperatures (near 170° C). Therefore, it is probable that Au and base metal mineralization occurred at narrow temperature range of 170° C to 320° C. During the early to main mineralization of ore stage the boiling of hydrothermal fluids led to high but variable salinities. Later cooling and dilution of fluids, which mainly deposited barren quartz in late ore veins in the deposits, resulted in the positive linear relationship between temperature and salinity. The relationship between homogenization temperature and salinities are shown in Figure 9.

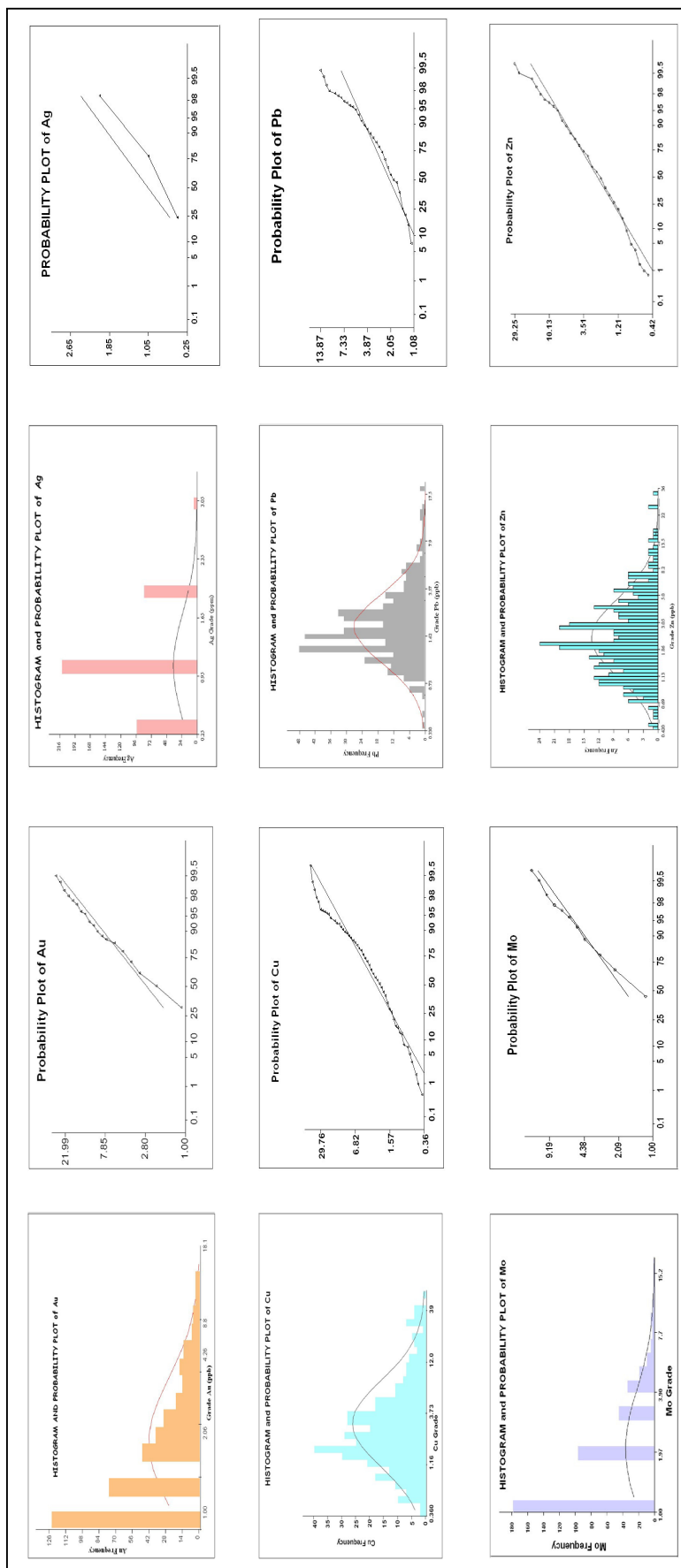


Figure 10. Histogram and log probability plot of geochemical soil in Lowo Deba

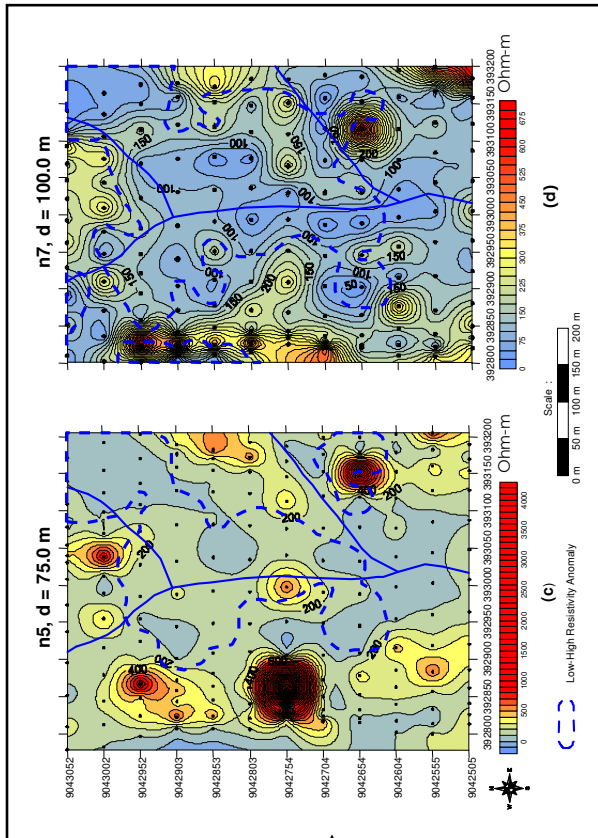


Figure 11. Distribution of chargeability in Low Deba Prospect

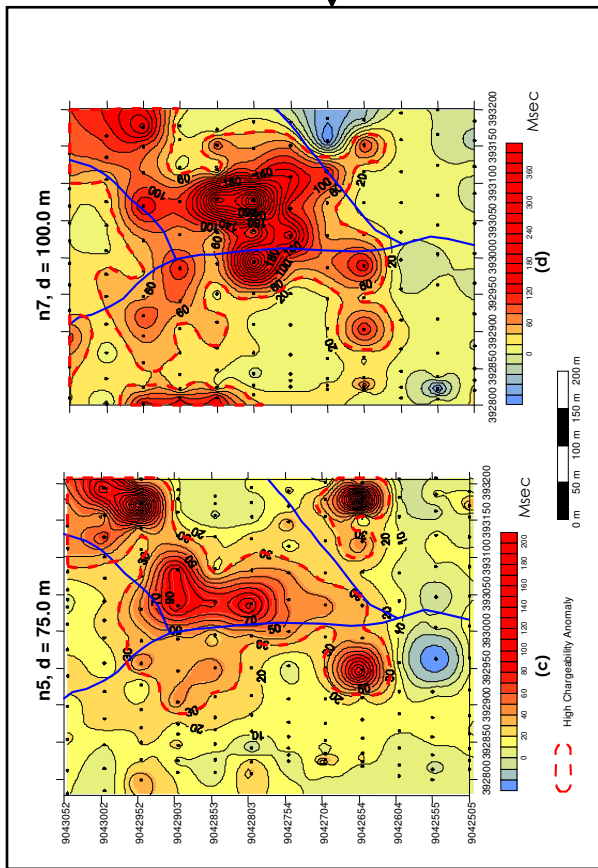


Fig. 12. Distribution of resistivity in Low Deba Prospect

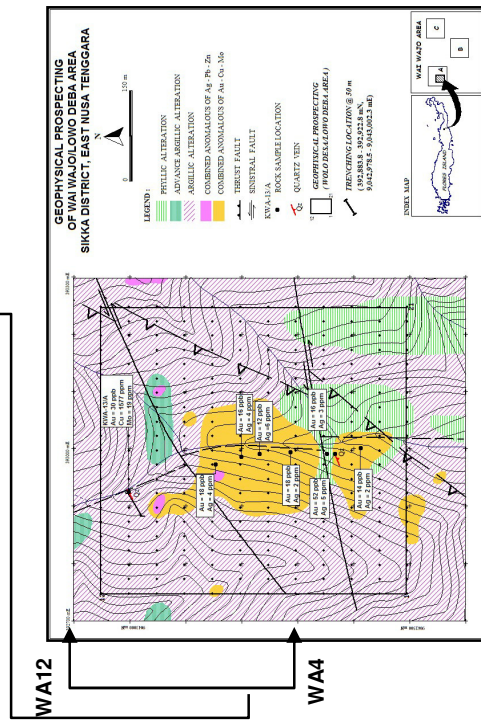


Figure 13. IP Survey at Low Deba

From the soil geochemical assay result as seen in Figure 10, the analysis of histogram and log probability indicate two difference mineralization source. The presence of the first group (Au-Cu-Mo) is inferred to be related with the mineralization process forming at high temperature (deep zone). While the appearance of the second group (Ag-Pb-Zn) supposed to be related with mineralization process forming at low temperature. This argument is also supported by study that there are two-inclusion fluid association which represent two temperature of mineralisation forming at low temperature (<200 C) and high temperature (>300 C). The presence of Ag element in the second group is related to low temperature and Mo element in the first group related to high temperature. The presence of cubanite mineral is also indicate that the mineralization formed at high temperature.

The interesting IP anomalies are found from line WA4 to line WA12 in electrode separation index of $n=5$ and $n=7$ as represents of illustrated lateral variation of chargeability and resistivity in depth approximately 75.0 m and 100.0 m (Figure 11 and 12). The highest significant chargeability anomaly is found in the centre of the valley of line WA7 with chargeability value of 405.7 MSec and the resistivity anomaly value less than 37.7 Ohm-m. This area is highly recommended to be drilled to find the source IP anomaly (Figure 14). This geophysic anomaly coincide with the soil anomaly.

According to supported data including geology, geochemical and geophysical survey that predict that mineralization type supposed to be epithermal type. In general high chargeability and low resistivity anomalies are developed of direction from southwest to northeast of prospect area and these anomalies still open to the northeast. The high chargeability value suggests presenting the potential copper deposits below the surface. Some bore holes will be proposed to confirm the presence of new deposit (Figure 15).

By evaluation of exploration data the mineralisation style in the prospect area is supposed to be epithermal low sulphidation type which is associated with volcanic hosted. On the other hand there is also a significant result from the study of mineral potential mapping for epithermal gold mineralisation using fuzzy logic method in the Island of Flores, East Nusa Tenggara Timur. (Prima, M.H., 2012). The result comprise of a deliniation of new, highly prospective area for epithermal gold mineralisation in the western and eastern part of Flores Island (Figure 16). The Lobo Deba prospect area coincide in the eastern part of study area which is associated with strong stream sediment geochemical anomaly, close proximity to regional-scale faults and alteration zones.

CONCLUSION

In Lowo Deba prospect area most of the mineralization is hosted by phyllic – argillic altered andesitic to dacitic tuff and granodiorite wich appear to be structural controlled in the form of epithermal low sulphidation vein type. Mineralization stages evolved from initial higher temperatures (> 320° C) to later lower temperatures (near 170° C). The high temperature minerals formed in the deep zone which is related to granodiorite intrusion resulting Au-Cu-Mo group minerals then followed by ascending of hydrothermal fluid into surface at low temperatur resulting Ag-Pb-Zn group minerals.

The geochemical soil anomaly zone coincide with the IP anomaly. The highest significant chargeability anomaly is found in the centre of the valley of line WA7 ranging from 40.0 MSec to 420.0 MSec and the resistivity anomaly value less than 100.0 Ohm-m. This phenomena is led to discover the new deposit by proposed drilling exploration in this area where it is also part of highly prospective area for epithermal gold mineralisation using fuzzy logic method.

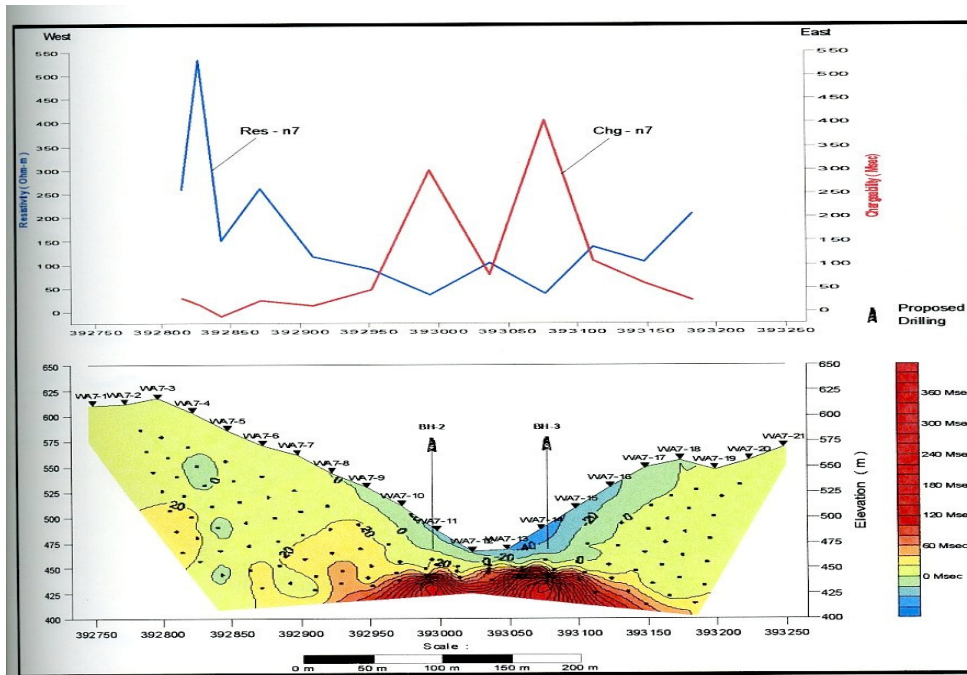


Figure 14. Proposed drilling points in the line WA 7

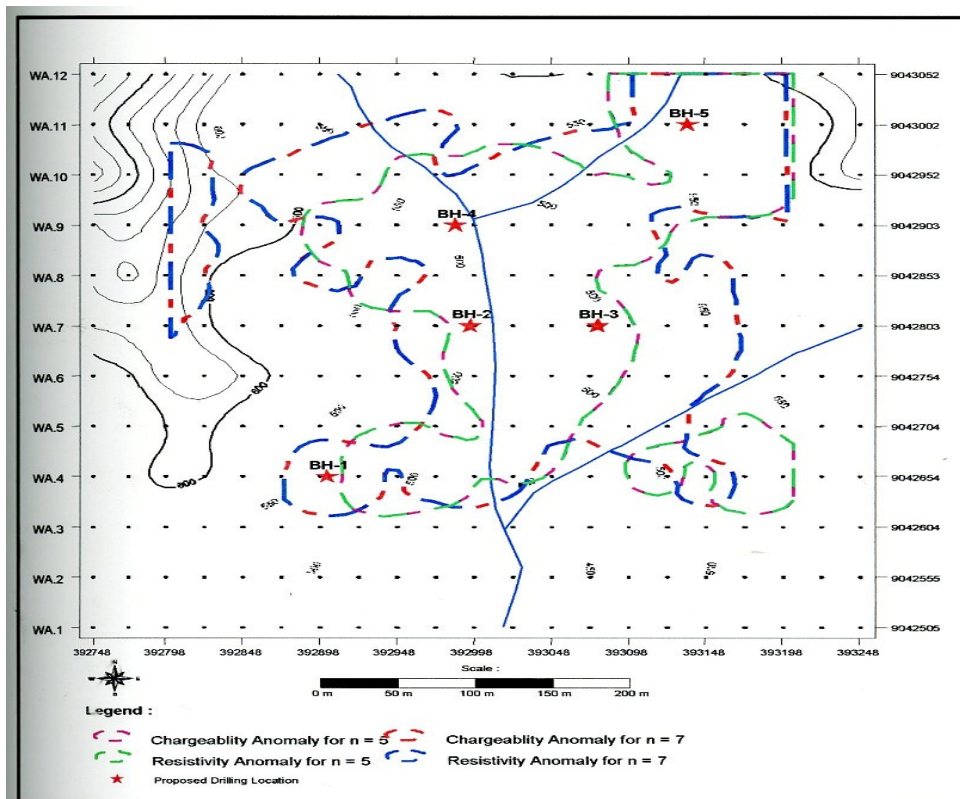


Figure 15. Proposed drill hole location in Lobo Deba Prospect area

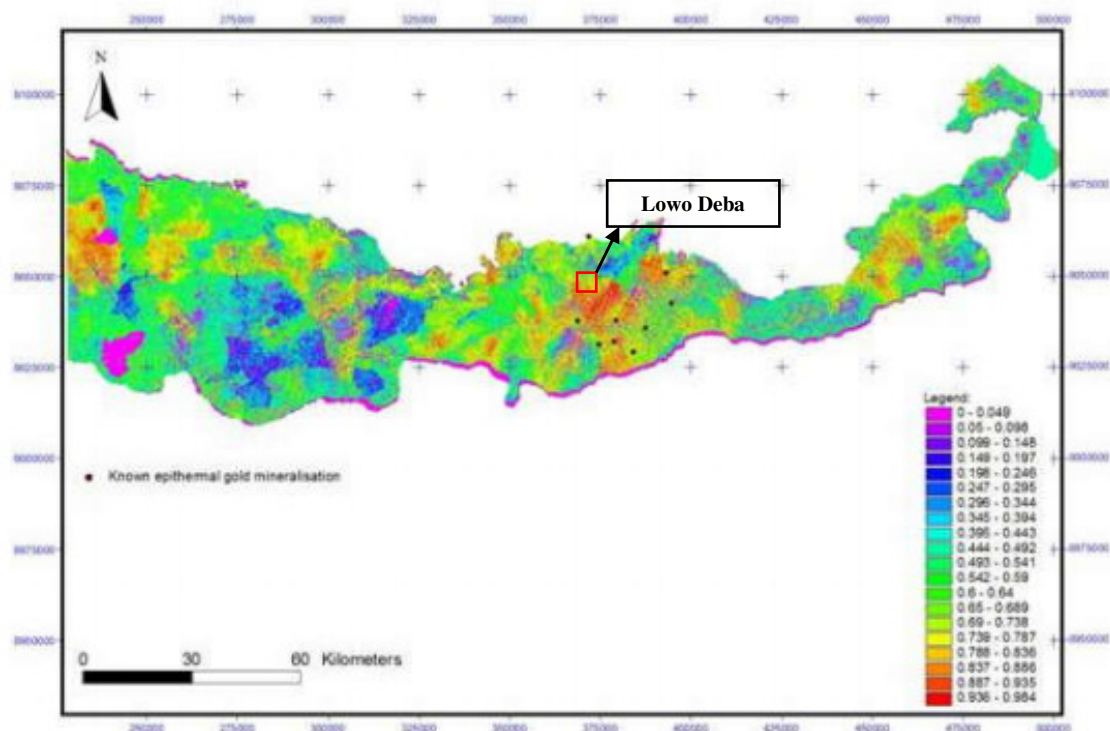


Figure 17. Map of the best potential for gold mineralisation (Prima M.H., 2012)

REFERENCES

-, 2003. Report on Geology and Mineral Potential of The Sikka-Ende Area, East Nusa Tenggara Timur prvince, Inedonersia : An Indonesia-Korea Joint Cooperation Mieral Exploration Program, Phase I, KORES-DMRI, October 2003
-, 2004. Report on Geology and Mineral Potential of The Sikka-Ende Area, East Nusa Tenggara Timur prvince, Inedonersia : An Indonesia-Korea Joint Cooperation Mieral Exploration Program, Phase II, KORES-DMRI, October 2004
- Ahrens, L.H., 1954. Log normal distributions of the elements. *Geochim. Cosmochim. Acta* 5, p. 49 – 73.
- Franklin, 1999. Eksplorasi Logam Mulia dan Logam Dasar di Daerah Wai Wajo dan Sekitarnya Kabupaten SIKKA – Nusa Tenggara Timur. Proyek Eksplorasi Bahan Galian Mineral Indonesia. SubDirektorat Eksplorasi Mineral Logam, Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Franklin, 2002. Inventarisasi Endapan Molibdenum dan Logam Dasar Serta Mineral Logam Ikutannya di Daerah Wai Wajo Kabupaten SIKKA Provinsi Nusa Tenggara Timur, Proyek Eksplorasi Bahan Galian Mineral Indonesia. Sub Direktorat Eksplorasi Mineral Logam, Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Priatna Budi, 2000. Laporan Eksplorasi Geofisika Mineral Logam di Daerah Wai Wajo, Sikka, Flores, NTT”, PEBGMI – DSM.
- Prima Muharam H., 2012. Mineral Potential Mapping for Epithermal Gold Mineralisation Using Fuzzy Logic Method in the Island Of Flores, East Nusa Tenggara Timur, Proceedings of Banda and Eastern Sunda Arcs 2012 MGEI Annual Convention, 26-27 November, Malang- East Jawa.
- Suwarna N., S.Santosa, S.Koesoemadinata., 1990. Geologi Lembar Ende 1:250.000, Nusa Tenggara Timur., Pusat

**ANALISIS ANOMALI KANDUNGAN TOTAL SULFUR
DALAM PENENTUAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN
BATUBARA SEAM X78 FORMASI BALIKPAPAN
DI DAERAH SEPARI, KALIMANTAN TIMUR**
*ANALYSIS OF TOTAL SULFUR CONTENT ANOMALY
TO DETERMINE THE COAL DEPOSITIONAL ENVIRONMENT
FROM X78 COAL SEAM IN BALIKPAPAN FORMATION
AT SEPARI AREA, EAST KALIMANTAN*

***Teddy Tresnanto, **Yoga Andriana S, dan **Budi Muljana**

*PT Sinergy Consultancy Services

**Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor

teddy_tresnanto@yahoo.com

diterima : 23 Juni 2014

direvisi : 26 Juni 2014

disetujui : 4 Agustus 2014

ABSTRAK

Batubara *seam* X78 pada Formasi Balikpapan, Cekungan Kutai, secara lateral memiliki anomali kandungan total sulfur, dimana di bagian utara dan selatan daerah penelitian kandungan sulfur cukup tinggi dibandingkan di bagian tengah daerah penelitian dengan kecenderungan meningkat ke bagian selatan daerah penelitian. Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara dan pengaruh batuan pengapit terhadap anomali kandungan total sulfur *seam* X78. Metoda analisis yang digunakan adalah analisis proksimat untuk mengetahui kandungan abu, analisis kimia abu untuk mengetahui kandungan Na_2O , analisis petrografi dilakukan sebagai validasi dalam penentuan lingkungan pengendapan batubara, analisis *form of sulfur* untuk mengetahui jenis sulfur dan analisis SEM untuk mengetahui jenis pirit. Untuk menguji pengaruh kandungan total sulfur batuan pengapit terhadap kandungan total sulfur batubara *seam* X78 maka dilakukan analisis statistik.

Dari hasil analisis petrografi diketahui komposisi maseral didominasi oleh maseral asal tumbuhan perdu yang cenderung meningkat dari arah utara ke selatan daerah penelitian namun berbanding terbalik dengan komposisi maseral asal tumbuhan kayu. Batubara *seam* X78 dapat diinterpretasikan sebagai endapan dalam lingkungan *lower delta plain* dengan sub lingkungan *limnic – marsh*. Berdasarkan analisis statistik pengaruh batuan pengapit terhadap anomali kandungan total sulfur pada *seam* X78 dapat disimpulkan bahwa khususnya pada blok 1, total sulfur batubara *seam* X78 dipengaruhi oleh kandungan total sulfur batuan pengapit bagian atas dan bagian bawah. Manfaat penelitian ini adalah untuk arah pengembangan area eksplorasi, strategi rencana penjualan produk batubara yang tersedia pada area eksplorasi dan strategi perencanaan *blending* khususnya kandungan total sulfur batubara.

Kata kunci : Batubara, lingkungan pengendapan, maseral, sulfur.

ABSTRACT

Coal seam X78 at Balikpapan Formation of the Kutai Basin laterally shows anomaly of total sulfur content, where in the north and south part of the study area sulfur content is higher than in the central part with an increasing trend to the south. The objective of this study was to determine the depositional environment of coal and rock influences on the anomalies of the total sulfur content of seam X78. The methods of analyses used in this research were the

proximate analysis to determine the ash content, ash chemical analysis to determine the content of Na_2O , petrographic analysis was carried out as validation in determining the coal depositional environment, forms of sulfur analysis to determine the type of sulfur and SEM analysis to determine the type of pyrite. Statistical analysis was performed to test the influence of rock flanking to the total sulfur content of the coal seam X78.

From the analysis of petrography, maceral composition is dominated by herbaceous plant origin, with increasing tendency from the north towards the south of the study area but inversely decreasing for the maceral composition of woody plant origin further to the south. Coal seam X78 is interpreted as deposited in lower delta plain environments with limnic – marsh subenvironment. Based on the statistical analysis for the influence of rock flanking to the total sulfur content anomalies of seam X78, it can be concluded that, especially on the block 1, total sulfur coal seam X78 is influenced by the total sulfur content of the rocks flanking on top and bottom. Benefit of this study is to develop the direction of the exploration area, strategy for coal product sales plan in the area of exploration and strategy of blending plan especially for the total sulfur content of the coal.

Keywords : Coal, depositional environment, maceral, sulfur.

PENDAHULUAN

Formasi Balikpapan, merupakan Formasi pembawa batubara pada Cekungan Kutai, di Kalimantan Timur. Pada Kegiatan penambangan batubara di Kalimantan Timur, umumnya dilakukan pada Formasi Balikpapan. Pada saat ini di area penelitian, total terdapat 51 *seam* batubara yang ditambang, pada Formasi Balikpapan. Berdasarkan hasil analisa laboratorium data eksplorasi dan data *channel sampling*, terdapat 30 *seam* batubara dengan kandungan total sulfur rata – rata di bawah 1%, dan terdapat 21 *seam* batubara, dengan kandungan total sulfur di atas 1%. Adapun kandungan total sulfur bervariasi, dengan rata – rata total sulfur tertinggi adalah 6.17%. Salah satu *seam* batubara yang memiliki variasi kandungan total sulfur tinggi adalah *seam* X78 dimana setempat memiliki kandungan total sulfur 0.04 % sampai dengan 4.69%. Litologi batuan pengapit bagian atas dan bagian bawah batubara *seam* X78 pada umumnya diapit oleh litologi batulempung.

Pola penyebaran kandungan total sulfur batubara *seam* X78, secara lateral bervariasi. Kandungan total sulfur *seam* X78 di bagian utara dan selatan, cukup tinggi, dibandingkan di bagian tengah daerah penelitian. Kecenderungan kandungan total sulfur meningkat ke bagian selatan daerah penelitian.

Kandungan sulfur pada batubara secara umum relatif rendah, namun merupakan salah satu elemen penting pada batubara, yang dapat mempengaruhi kualitas. Beberapa penyebab terbentuknya sulfur dalam batubara, diantaranya adalah berasal dari pengaruh lapisan pengapit yang terendapkan dalam lingkungan laut (Horne *et. al.*, 1978), pengaruh air laut selama proses pengendapan tumbuhan, proses mikrobial dan perubahan pH (Casagrande *et. al.*, 1987).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor yang menyebabkan adanya anomali pola penyebaran kandungan total sulfur *seam* X78, apakah pengaruh lingkungan pengendapan batubara *seam* X78 atau pengaruh kandungan sulfur batuan pengapit *seam* X78.

Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah untuk strategi perencanaan *blending* batubara, sehingga dapat dilakukan secara terencana, menyesuaikan dengan produk batubara permintaan pasar khususnya kandungan sulfur dan juga pada kegiatan eksplorasi di area baru, dapat digunakan sebagai strategi rencana penjualan produk batubara yang ada pada area baru tersebut.

METODOLOGI

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan mengevaluasi hasil beberapa jenis analisis dari sejumlah conto batubara dan batuan pengapit batubara.

Jenis analisis yang dilakukan untuk bahan evaluasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Analisis Sulfur (Total Sulfur dan *Form of Sulfur*)

Analisis Sulfur dilakukan pada seluruh sampel yang diperoleh dari lapangan dalam basis *adb (air dry basis)*. Analisis Sulfur ini bertujuan untuk mengetahui jumlah total sulfur dalam batubara (uji total sulfur) serta menentukan jenis sulfur (uji *form of sulfur*) : sulfur piritik, sulfur organik dan sulfur sulfat.

Analisis SEM (*Scan Electrone Microscope*)

Pengamatan perilaku mineral pirit (jenis dan bentuk mineral pirit) dilakukan dengan menggunakan metode SEM (*Scanning Electrone Microscope*). Sampel – sampel yang mewakili ke-3 (tiga) blok pada daerah penelitian dilakukan analisis SEM dengan metode *x-ray mapping*.

Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif untuk mengetahui komponen organik dan anorganik dalam batubara dengan bantuan mikroskop.

Analisis Proksimat

Analisis proksimat dengan menggunakan basis *adb (basis air dried)* dilakukan pada sampel yang telah kering pada kondisi temperatur kamar, untuk mengetahui kandungan abu batubara *seam X78*.

Analisis Kimia Abu (Na₂O)

Analisis kimia abu batubara berguna untuk memprediksi perilaku abu dan juga untuk mengidentifikasi kandungan konsentrasi tinggi komponen tertentu, analisis kimia abu pada penelitian ini adalah analisis kimia kandungan Na₂O.

Analisis Statistik

Data yang telah di peroleh dianalisis dengan menggunakan pendekatan probabilitik, dan pengujian hipotesis dengan menggunakan *tools* statistika.

Semua sampel uji laboratorium dilakukan di Lab.PT.Geoservices Balikpapan, PT.SGS Samarinda, PT.Jembayan Muarabara, Separi dan Tekmira Bandung.

Jumlah conto batubara yang diambil untuk beberapa jenis analisis sebanyak 164 conto yang rinciannya tertera pada tabel.1, sedangkan jumlah conto batuan pengapit yang dianalisis tertera pada tabel.2

Conto–conto batubara dan batuan pengapit diperoleh dari hasil pengeboran inti (*coring*) dan dari *channel sampling*.

Tabel 1. Jumlah pengambilan conto pada batubara

<i>Block</i>	TS	Ash	Na ₂ O	Maseral	<i>Form Of sulfur</i>	SEM
1	30	25	16	9	9	9
2	16	7	6	2	2	2
3	9	8	8	2	2	2
Total	55	40	30	13	13	13

Tabel 2. Prosentase litologi pengapit dan jumlah pengambilan contoh pada batuan pengapit.

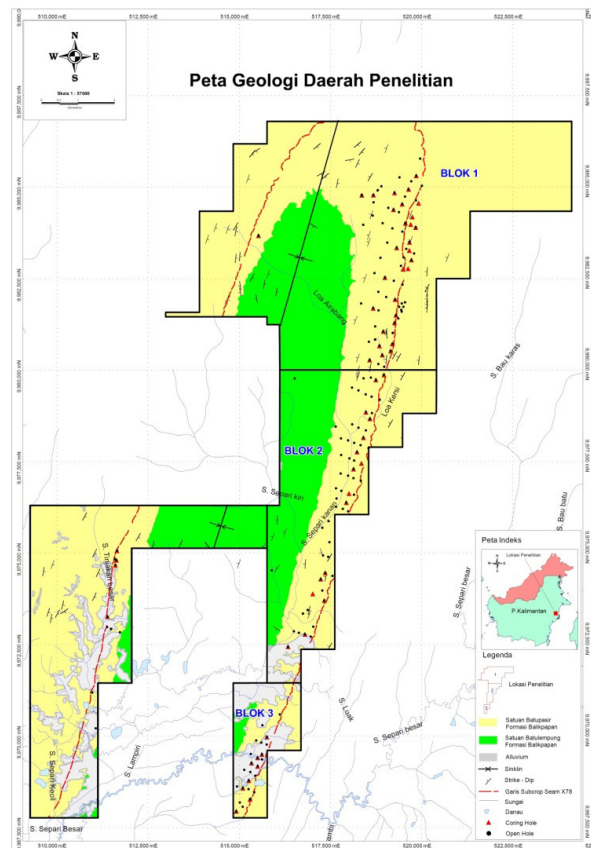
Block	Litology (Roof Rock)	Total Sample	Litology (Floor Rock)	Total Sample
1	Claystone (44%), Shaly coal (24%), Carbonaceous mudstone (16%), Carbonaceous Shale (8%), Coaly Shale (4%), Siltstone (4%)	29	Claystone (76%), Shaly coal (12%), Coaly Shale (4%), Carbonaceous Shale (4%), Carbonaceous mudstone (4%)	29
2	Claystone (71.42%), Coaly Shale (14.28%), Carbonaceous mudstone (14.30%)	15	Claystone (42.85%), Coaly Shale (14.28%), Shaly Coal (14.28%), Carbonaceous mudstone (14.28%), Sandstone (14.31%)	15
3	Claystone (75%), Carbonaceous mudstone (25%)	9	Claystone (87.5%), Shaly Coal (12.5%)	9

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian berdasarkan peta geologi regional lembar Samarinda (Supriatna, Sukardi & Rustandi, 1995) masuk kedalam Formasi Balikpapan, yang merupakan Formasi pembawa batubara pada Cekungan Kutai. Terdapat 2 (dua) satuan batuan pada daerah penelitian dengan urutan dari tua ke muda adalah satuan batuan batupasir Formasi Balikpapan dan satuan batulempung Formasi Balikpapan.

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian, merupakan struktur sinklin, yang dinamakan sinklin Separi yang merupakan bagian dari antiklinorium Samarinda. Struktur sinklin Separi memiliki arah struktur timur laut – barat daya dengan sayap bagian timur memiliki dip 54° dan sayap bagian barat 82°

Litofasies pengapit *seam* X78, kemungkinan diendapkan dalam lingkungan *upper delta plain*, dengan sub lingkungan *channel*, endapan limpah banjir dan endapan rawa, dimana litofasies ke arah bagian selatan (blok 3) daerah penelitian, terjadi perubahan lingkungan pengendapan menjadi *transitional lower delta plain*, ini dicirikan dengan perubahan fraksi besar butir makin menghalus kearah selatan daerah penelitian, atau energi pengendapan makin berkurang di bagian selatan (blok 3).



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian

Tabel. 3 Hasil analisa TS (%), Ash (%) dan Na₂O (ppm) pada ke 3 (tiga) blok

No	Kode Sampel	(%TS) Roof Rock	(%TS) Coal	(%TS) Floor Rock	Ash_adb (%)	Na ₂ O (ppm)	Blok
1	CSN001	0,09	0,24	0,09	4,29		
2	CSN002	0,15	0,2	0,12	4,9		
3	CSN003	0,11	0,22	0,06			
4	CSN004				7,36	56800	
5	CSN005	0,07	0,17	0,05	6,08	70600	
6	CSN006	0,63	0,3	0,05			
7	CSN007	0,17	0,42	0,17	4,38	7000	
8	CSN008	0,12	0,2	0,09	18,54		
9	CSN009	0,16	0,77	0,5	47,36	33000	
10	CSN010	4,63	3,23	0			
11	CSN011	2,7	2,26	0,8	7,13	45600	
12	CSN012	0,37	3,03	1,89	7,61	19600	
13	CSN013	0,95	2,04	0,25	27,34		
14	CSN014	0,2	0,24	0,39	4,51	109000	
15	CSN015	0,32	0,23	0,18			
16	CSN016	0,29	1,41	0,25	12,82		
17	CSN017	0,15	0,25	0,07	4,28	42000	1
18	CSN018	0,33	0,34	0,34	8,6	3300	
19	CSN019	0,425	0,42	0,05			
20	CSN020	0,22	0,21	0,1	3,03	96100	
21	CSN021	0,21	0,29	0,14	14,21		
22	CSN022	0,74	0,28	0,1			
23	CSN023	0,86	0,63	0,03	11,22		
24	CSN024	0,29	0,15	0,18	4,29		
25	CSN025	0,75	0,28	0,13	4,79	65600	
26	CSN026	1,01	0,37	0,2	2,94		
27	CSN027	0,48	0,32	0,3	3,46	52300	
28	CSN028				3,53	84000	
29	CSN029	0,93	0,29	0,15	2,96	116000	
30	CSN030	0,26	0,31	0,34	4,55	7800	
31	CSN031		0,54				
32	CSN032	0,48	0,28	0,4	2,76	119000	
33	CSN033		0,24				
34	CSN034	0,73	0,26	0,28			
35	CSN035	0,826	0,29	0,433			
36	CSN036	0,91	0,19	0,57			
37	CSN037	0,68	0,2	0,95			
38	CSN038	0,72	0,28	0,22			
39	CSN039	0,61	0,26	1,059			
40	CSN040	0,58	0,36	0,17			
41	CSN041	0,65	0,26	0,297			
42	CSN042	0,32	0,25	0,26			2
43	CSN043	0,11	1,36	3,25			
44	CSN044				8,57	34600	
45	CSN045	4,67	1,99	0,66	15,16	22300	
46	CSN046	0,12	0,49	0,09	10,51	34200	
47	CSN047	0,31	0,49	0,59	3,58	54200	
48	CSN048	5,26	2,32	0,75	9,59	37000	
49	CSN049	0,21	3,74	2,25	7,61	47600	
50	CSN050				3,55		
51	CSN051	3,6	2,68	0,95			
52	CSN052	1,18	3,18	1,72	10,13	43700	
53	CSN053	1,23	2,24	1,52	5,74	53000	
54	CSN054	9,78	4,16	2,73	6,12	50100	
55	CSN055	0,29	2,21	0,79	10,97	31400	
56	CSN056	4,62	2,03	3,62	2,62	65500	
57	CSN057	0,39	0,4	0,14	29,93	8600	
58	CSN058	0,51	0,04	0,18	6,67	27700	
59	CSN059	1,4	0,44	1,09	7,36	54300	

TS (%) Total Sulfur

Analisis Total Sulfur dan Form of Sulfur

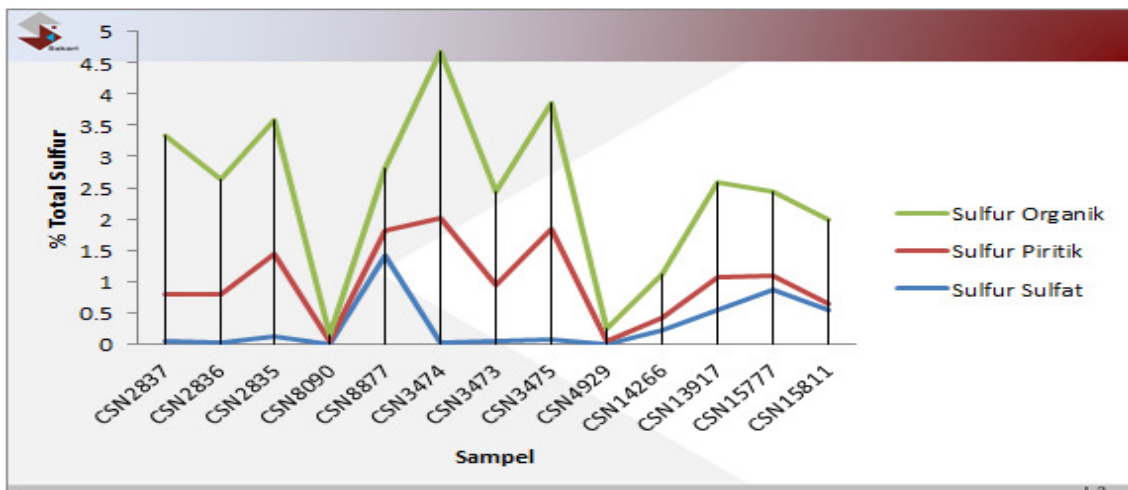
Kecenderungan kandungan total sulfur pada blok 1, 2 dan blok 3, menunjukkan kandungan total sulfur pada batubara semakin meningkat dari utara ke selatan daerah penelitian, dengan prosentase rata – rata kandungan sulfur tertinggi pada blok 3 yaitu 1.93%.

Kecenderungan total sulfur pada batuan pengapit, menunjukkan, kecenderungan meningkat ke bagian selatan (blok 3), khususnya batuan pengapit bagian atas dengan rata – rata kandungan total sulfur pada blok 3 adalah 2.56%.

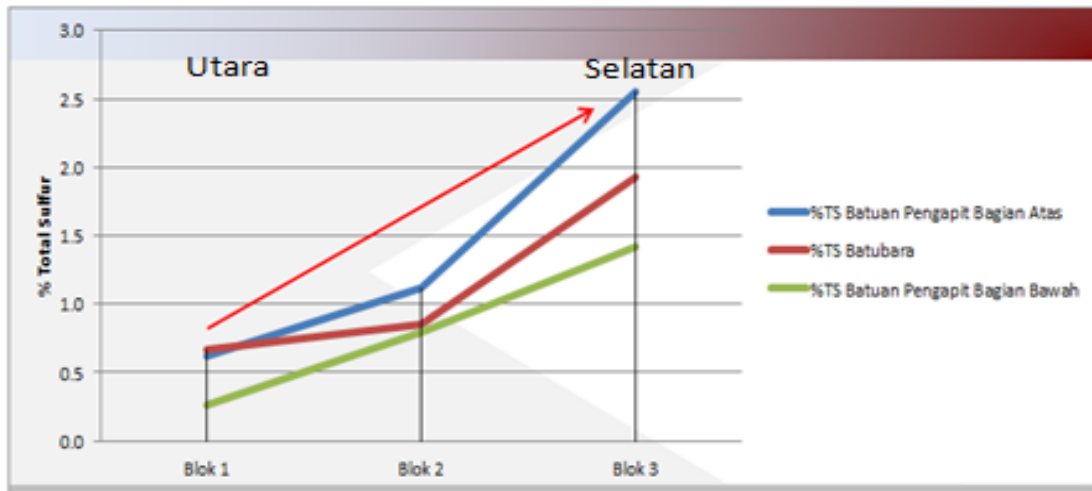
Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin ke selatan daerah penelitian, kandungan total sulfur seam X78, dimungkinkan dipengaruhi oleh air laut, dimana litofasies batuan pengapit seam X78, ke bagian selatan didominasi oleh fraksi butir halus (batulempung dan batulanau) yang dimungkinkan merupakan endapan *transitional lower delta plain*, dimana lingkungan tersebut dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Selain pada saat pembentukan rawa gambut seam

X78 dipengaruhi oleh air laut, seam X78 juga dipengaruhi kandungan mineral pirit pada batuan pengapit seam X78, khususnya batuan pengapit bagian atas berupa litologi batulempung.

Kecenderungan rata–rata kandungan *form of sulfur* pada batubara 1.46% didominasi oleh sulfur organik, dan rata – rata kandungan sulfur piritik secara lateral dari arah utara – selatan (blok 1 – blok 3) semakin berkurang, dan berbanding terbalik dengan rata – rata kandungan sulfur sulfat, dimana secara lateral dari utara – selatan semakin meningkat. Kandungan sulfur organik mendominasi prosentase total sulfur dari utara ke selatan, ini menunjukkan kelimpahan sulfat yang direduksi oleh bakteri, menjadi sulfur organik lebih dominan. Tingginya kandungan sulfur organik mengindikasikan bahwa ada pengaruh air laut pada saat pembentukan gambut dimana pengaruh air laut lebih intensif di bagian selatan (blok 3) pada daerah penelitian.



Gambar 2. Variasi kandungan *form of sulfur* batubara seam X78.



Gambar 3. Kecenderungan rata-rata kandungan total sulfur batubara dan batuan pengapit seam X78.

Dimana lingkungan laut, PH umumnya berkisar antara 4 – 8 (netral – basa) sulfat berlimpah keadaan ini menyebabkan aktifitas bakteri sangat berperan untuk terbentuknya sulfur. Sulfur sulfat lebih dominan di bagian selatan (blok 3) ini artinya pengaruh air laut lebih intensif di bagian selatan daerah penelitian,

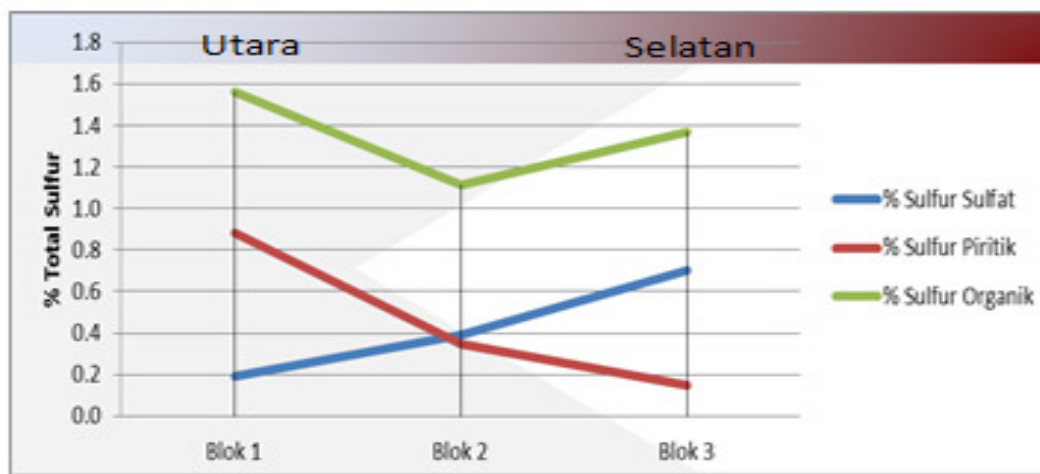
Sedangkan lingkungan pengendapan batubara pada air tawar (lacustrine dan rawa) pH umumnya rendah. Sulfat terlarut juga rendah ($\pm < 40$ ppm), sehingga sulfur yang terbentuk sedikit karena aktifitas bakteri rendah, dan hal tersebut, menggambarkan kondisi di bagian utara daerah penelitian dimana sulfat terlarut sangat rendah dan aktifitas bakteri pereduksi sulfat di bagian utara daerah penelitian juga rendah dibandingkan di bagian selatan daerah penelitian, sehingga kandungan sulfur sulfat, di bagian utara cenderung berkurang dibandingkan di bagian selatan daerah penelitian, ini menunjukkan bahwa pengaruh air laut tidak intensif di bagian

utara daerah penelitian dibandingkan di bagian selatan daerah penelitian.

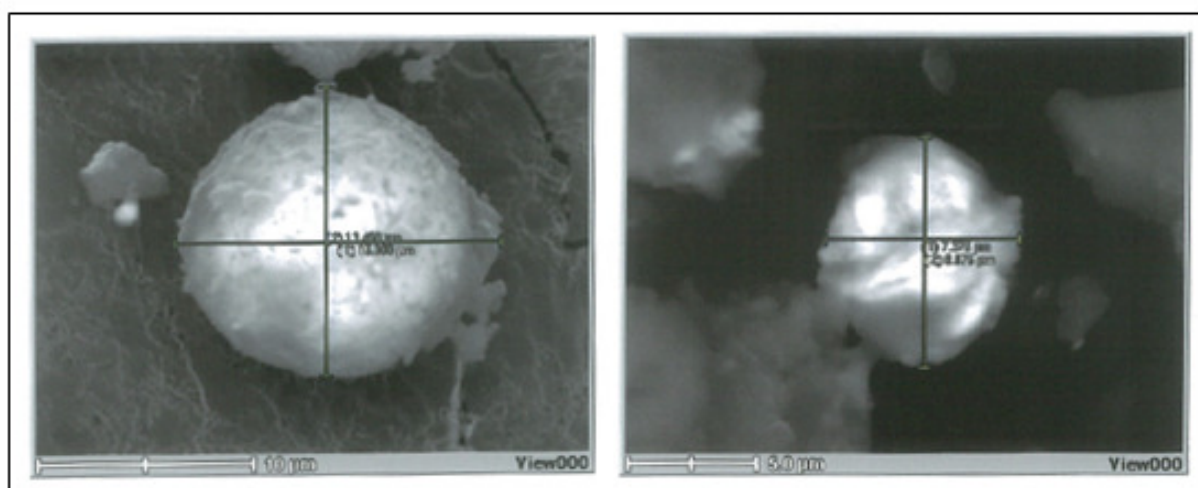
Analisis SEM (*Scan Electrone Microscope*)

Berdasarkan hasil analisis SEM dengan metoda *X-Ray Mapping* pada 9 conto batubara, pirit yang teramati umumnya memiliki bentuk *euهدral* dengan ukuran $0.84\mu\text{m} - 38\mu\text{m}$, kelimpahannya pirit (FeS_2) pada conto uji bervariasi umumnya melimpah dan setempat relatif jarang, pirit (FeS_2) umumnya mengisi *cleat* pada batubara, dan menempel pada maseral batubara.

Pirit yang teramati pada analisa SEM ini merupakan pirit epigenetik, dimana terbentuk setelah pembentukan batubara seam X78, bervariasinya pirit epigenetik disebabkan oleh bervariasinya kelimpahan pirit pada batuan pengapit (batulempung).



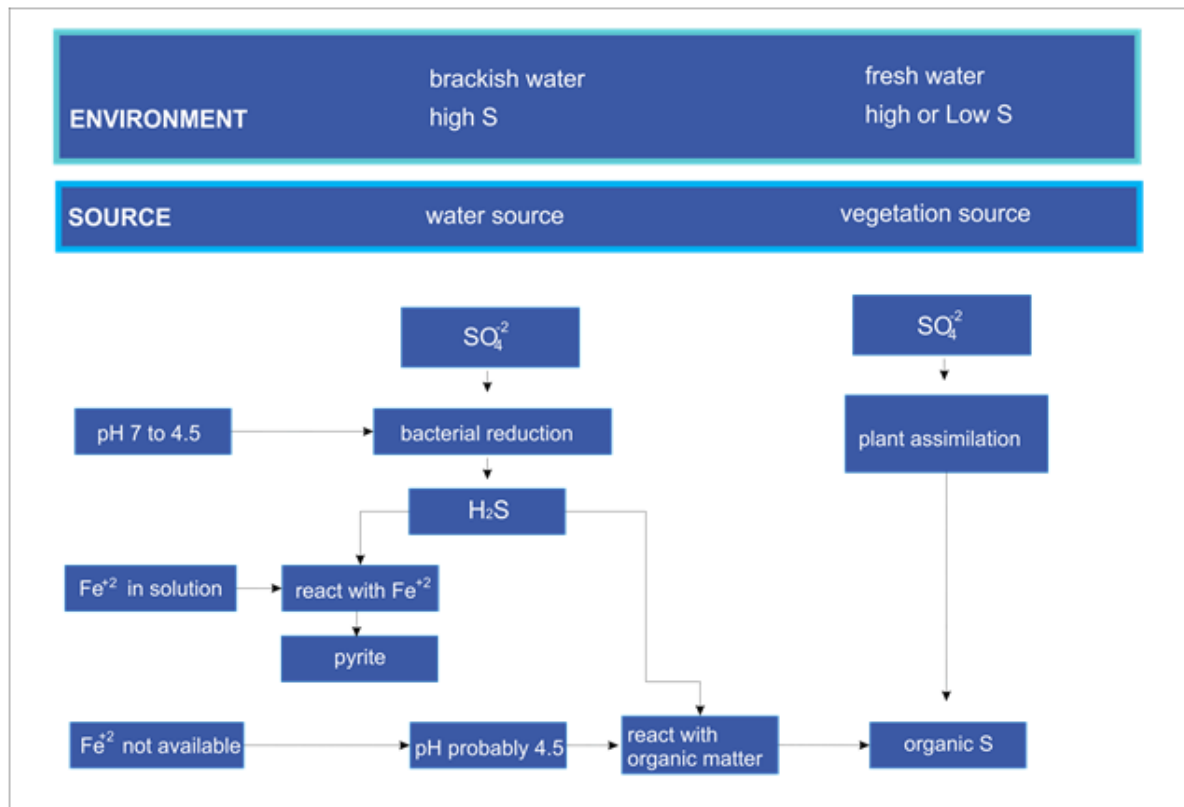
Gambar 4. Prosentase rata – rata kandungan *form of sulfur* batubara seam X78.



Gambar 5. Pirit menempel pada maseral batubara pada conto CSN2836 dan CSN3474

Pirit yang teramati pada analisa SEM ini merupakan pirit epigenetik, dimana terbentuk setelah pembentukan batubara seam X78, bervariasinya pirit epigenetik disebabkan oleh bervariasinya kelimpahan pirit pada batuan pengapit (batulempung). Hadirnya unsur Fe pada analisa SEM dengan prosentase 13.24%

dari keseluruhan sampel pada semua blok, menunjukkan bahwa unsur Fe tersebut merupakan, salah satu sumber pembentuk pirit, pada reaksi H_2S dengan Fe^{2+} .



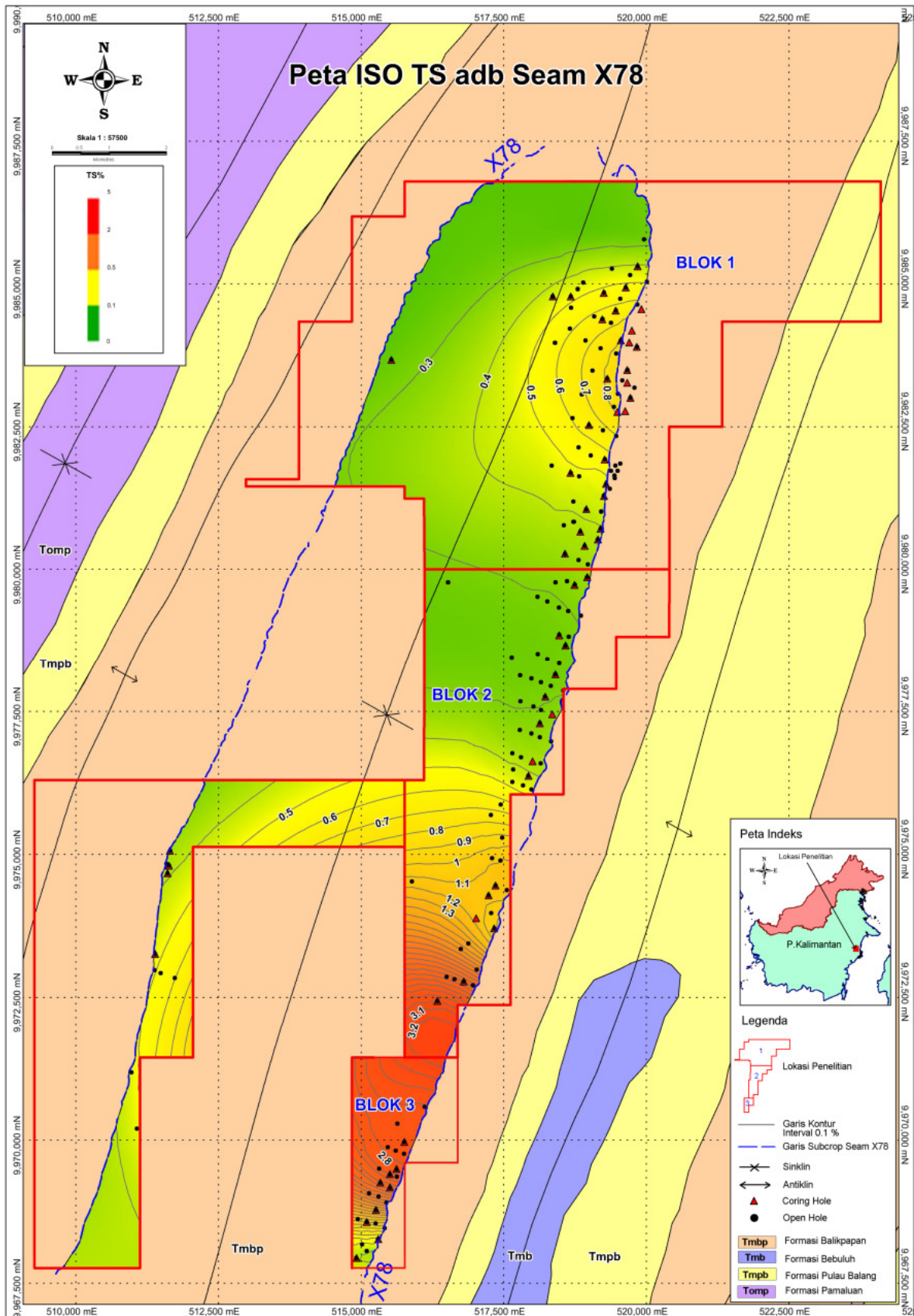
Gambar 6. Skema pembentukan sulfur dalam batubara, (modifikasi dari Price & Shieh, 1979 dalam Ryan & Ledda, 1997).

Komposisi Mineral Matter

Berdasarkan hasil uji maseral pada batubara *seam X78* pada blok 1 dan blok 3, teridentifikasi hadirnya *mineral matter* berupa, mineral lempung dan mineral pirit, setempat ditemukan mineral karbonat, dengan rata – rata prosentase pada ke 3 blok, kandungan mineral lempung 7.2% dan kandungan mineral pirit 13.83%. Hadirnya mineral lempung menunjukkan pada saat pembentukan gambut *seam X78*, dipengaruhi oleh material dari luar, khusus untuk blok 1, dimungkinkan rawa gambut *seam X78* dipengaruhi oleh banjir pada saat pembentukan gambut, yang membawa material halus masuk ke dalam rawa gambut. Berdasarkan litofasies

batuan pengapit *seam X78*, pada blok 1 didominasi oleh batupasir dan lensa – lensa batulempung dan batulanau yang merupakan endapan *channel* dan endapan limbah banjir.

Kandungan *ash* pada blok 1 dan blok 3, lebih tinggi dibandingkan dengan pada blok 2 dengan rata-rata kandungan *ash* pada blok 1 8.92% dan pada blok 3 9.94%, dengan kecenderungan kandungan *ash* semakin meningkat ke bagian selatan daerah penelitian, ini menunjukkan kondisi yang tidak stabil atau dipengaruhi oleh material dari luar pada saat pembentukan gambut *seam X78* pada kedua blok tersebut.



Gambar 7. Overlay peta geologi lembar Samarinda (Supriatna, Sukardi & Rustandi, 1995) terhadap pola iso total sulfur_adb batubara seam X78.

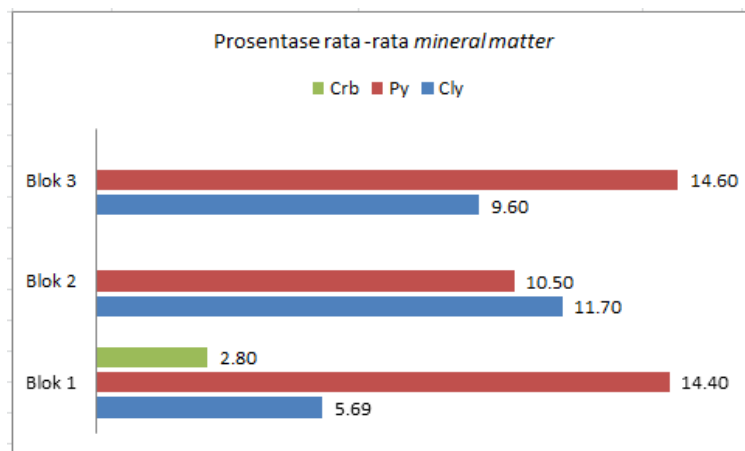
Tingginya kandungan *ash* pada blok 3 dengan prosentase rata – rata 9.94% berkorelasi dengan tingginya kandungan total sulfur batubara pada blok 3, dimana rata – rata kandungan total sulfur pada blok 3 adalah 1.93%. Tingginya kandungan *ash* pada blok 3, lebih disebabkan pada saat pembentukan rawa gambut *seam* X78, dipengaruhi oleh pasang surut air laut, dimana pada saat pasang naik air laut, maka akan terendapkan sedimen klastik halus yang akan menjadi pengotor dalam pembentukan rawa gambut *seam* X78 sehingga menyebabkan tingginya kandungan *ash* pada *seam* X78.

Tingginya kandungan *ash* pada blok 3 didukung dengan tingginya kandungan sulfur organik yang mengindikasikan bahwa ada pengaruh air laut pada saat pembentukan rawa gambut *seam* X78, dimana pengaruh air laut lebih intensif pada blok 3 dibandingkan pada blok 1 dan blok 2.

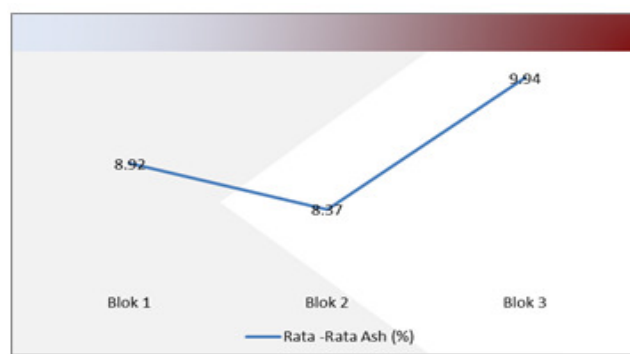
Kandungan Nodium (Na₂O) Seam X78

Sodium sebagai salah satu logam alkali yang terkandung dalam batubara umumnya memiliki kadar yang sangat kecil dalam batubara yakni 0.5 – 2% di dalam abu batubara (Bouska, 1981 dalam Hede, 2009).

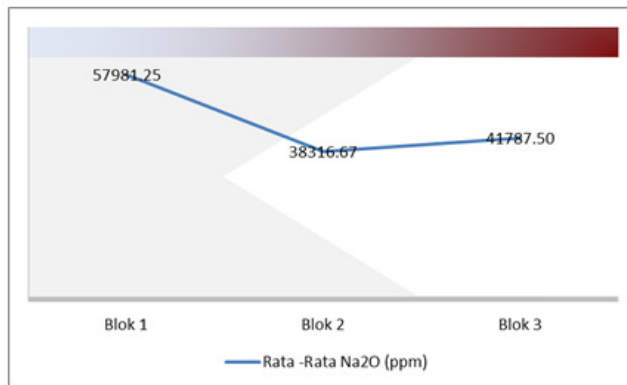
Rata – rata kandungan sodium pada daerah penelitian adalah 49730.00 ppm atau 4.97%. Sodium di dalam batubara dapat terbentuk dari pengaruh air laut pada saat pembentukan gambut (*peatification*), air laut menyumbangkan sebagian besar sodium (10500 ppm), klor (ppm 1900), magnesium (1350 ppm) dan kalium (380 ppm) bersama dengan 885 ppm sulfur, konsentrasi rata-rata untuk air laut, (Mason,1966 dalam Ryan & Ledda 1997). Tingginya kandungan sodium pada daerah penelitian, dimungkinkan adanya pengaruh air laut dan hasil asosiasi dengan mineral pengotor pada saat pembentukan rawa gambut *seam* X78.



Crb (Carbonat), Py (Pyrite), Cly (Clay)
Gambar 8. Rata - rata komposisi mineral matter seam X78.



Gambar 9. Prosentase rata – rata kandungan ash seam X78.



Gambar 10. Prosentase rata – rata kandungan Na₂O seam X78.

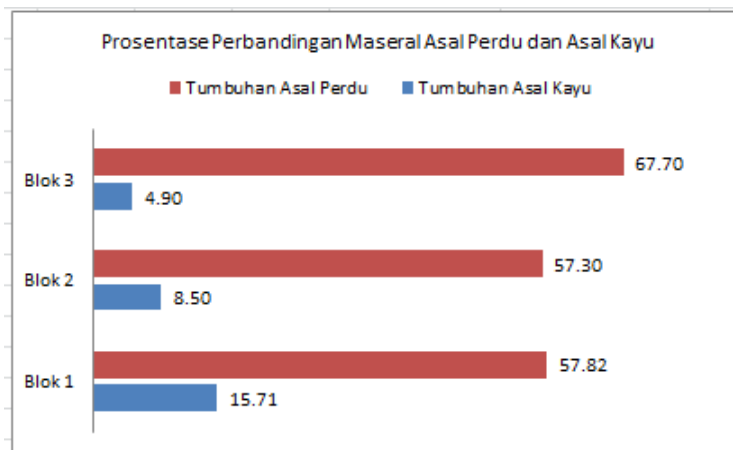
Komposisi Maseral Seam X78

Komposisi maseral pada ke 3 blok, menunjukkan komposisi maseral batubara, 67% didominasi oleh group maseral *vitritine*, dengan kisaran (53.8% - 81.40%), komposisi group maseral *inertinite* 8%, kandungan *inertinite* yang rendah dapat menunjukkan batubara berasal dari lingkungan pengendapan yang basah dan tingkat oksidasi yang rendah, (Stach *et.al.*, 1992 dalam Anggayana & Widayat, 2007) dan komposisi terkecil dari group maseral pada ketiga blok adalah group maseral *exinite* yaitu 4 %.

Komposisi maseral dapat mencerminkan rumpun tumbuhan pembentuk gambut. Maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan kayu ditunjukkan oleh kandungan *telovitrinite*, *fusinite* dan *semifusinite* yang tinggi, dalam hal ini *suberinite* dan *resinite* adalah sebagai maseral penyerta.

Sementara maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan perdu ditunjukkan oleh *detrovitrinite*, *inertodetrinite*, *liptodetrinite*, *alginite*, *sporinite* dan *cutinite* (Teichmuller, 1989 dalam Resmawan, 2007).

Dari perbandingan komposisi maseral, pada batubara di daerah penelitian, menunjukkan rata – rata komposisi maseral yang diinterpretasi berasal dari tumbuhan perdu lebih dominan dengan rata – rata 59.26%, sedangkan rata – rata prosentase komposisi maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan asal kayu 12.94%, dengan kecenderungan dari arah utara ke selatan daerah penelitian, menunjukkan peningkatan komposisi maseral asal perdu dan berbanding terbalik dengan komposisi maseral asal tumbuhan kayu dimana makin ke selatan makin berkurang.



Gambar 11. Perbandingan prosentase komposisi maseral seam X78 asal kayu dan asal perdu.

Tabel 4. Hasil perhitungan *TPI* & *GI*.

No	Kode Sampel	<i>TPI</i>	<i>GI</i>	Blok
1	CSN2837	0,33	5,23	1
2	CSN2836	0,42	22,61	
3	CSN2835	0,39	10,49	
4	CSN8090	0,12	7,55	
5	CSN8877	0,13	7,43	
6	CSN3474	0,34	4,01	
7	CSN3473	0,25	10,58	
8	CSN3475	0,38	10,09	
9	CSN4929	0,13	17,50	
10	CSN14266	0,19	4,06	2
11	CSN13917	0,17	6,15	
12	CSN15777	0,14	19,58	3
13	CSN15811	0,03	39,00	

Tabel.2 merupakan hasil perhitungan *TPI* & *GI*, yang mengacu kepada perhitungan *TPI* & *GI* (Diessel, 1992).

Nilai rata – rata *TPI* (*Tissue Preservation Index*) pada daerah penelitian (<1) yaitu 0.23%, dengan kisaran yang tidak bervariasi ini mengindikasikan bahwa batubara *seam* X78 pada daerah penelitian tersusun oleh bagian tumbuhan yang memiliki jaringan yang tidak tahan dan ini diindikasikan oleh tumbuhan tingkat rendah. Tingginya rata – rata nilai *GI* (*Gelification Index*) pada daerah penelitian (>5) yaitu 12.64% dengan kisaran yang bervariasi (4.01% - 39%) menunjukkan bahwa kondisi pembentukan gambut bervariasi pada kondisi basah dan kering, namun dari nilai rata – rata *GI* (*Gelification Index*) yang cukup tinggi, menunjukkan bahwa kondisi pembentukan gambut cenderung basah.

Kecenderungan rata – rata nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) pada blok 1,2 dan 3, (0.28%, 0.18%, 0.09%) menunjukkan nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) semakin berkurang pada blok 3 yaitu 0.09%, atau bagian selatan daerah penelitian, ini mengindikasikan kondisi pembentukan gambut *seam* X78, semakin ke bagian selatan, tersusun oleh

bagian tumbuhan yang memiliki jaringan tidak tahan, dan ini diindikasikan oleh tumbuhan tingkat rendah. Kecenderungan nilai rata – rata *GI* (*Gelification Index*) pada blok 1,2 dan 3 (10.61%, 5.10%, 29.29%), semakin meningkat ke bagian selatan daerah penelitian, namun nilai rata – rata pada blok 2 lebih rendah di bandingkan dengan pada blok 1. Tingginya rata – rata nilai *GI* (*Gelification Index*) dibagian selatan daerah penelitian ini menunjukkan kondisi pembentukan gambut *seam* X78 cenderung basah atau rawa gambut lebih jenuh air dibandingkan pada blok 1 dan blok 2, gambut *seam* X78 cenderung basah atau rawa gambut lebih jenuh air dibandingkan pada blok 1 dan blok 2.

Tabel 5. Komposisi maseral dan mineral matter pada ke 3 (tiga) blok.

No	Kode Sampel	Maceral Group (%)																											Mineral (%)	Blok					
		Vitrinite													Inertinite																				
		Sub Maceral													Telo-inertinite																				
Tex	Tu	E	Te	At	De	Des	Co	Po	Eu	Sp	Cu	Re	Lpt	Alg	Sb	Flu	Exs	Bt	F	Sf	Sc	Idt	Mi	Mac	Cly	Py	Crb	MM							
1	CSN2837	9	3,4	49,4	1	0,6	5	4,4	0,8	1,6	5,6	0,4	3,6	2,4	0,6	2,6	0,4	1,6	0,8	3	1,6	3	0,6	2,6	2,6	2,4	0,6	4	0,4	2,4	5,2	7,6	12,8		
2	CSN2836	22	1	54,4	4	0,6	1	0,4	0,6	1	0,6	1	0,4	0,6	0,6	2,6	0,4	0,4	0,6	0,6	2,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	2,6	0,4	0,6	0,6	12,4	13			
3	CSN2835	17	2	54	0,4	1,4	4	0,4	0,6	0,6	1,6	0,8	3	1,6	3	0,6	2,6	2,6	2,4	0,6	4	0,4	2,4	5,2	7,6	12,8	13,2	23	34,6	1	12,2	13,2			
4	CSN8090	1,6	26,4	23,4	15	0,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4			
5	CSN8877	0,4	6,6	46,4	1,6	1	2	0,4	1,6	0,6	0,4	1,6	0,6	0,6	0,6	3,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4		
6	CSN3474	8	0,4	59	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1		
7	CSN3473	10,4	0,6	51	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1		
8	CSN3475	16	0,6	51	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1		
9	CSN4929	5,4	41,2	27,4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
10	CSN14266	0,6	18,2	36	2	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	3,4	0,4	
11	CSN13917	2,6	22,6	30,6	10,6	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1
12	CSN15777	6,4	49,6	17,4	1	0,6	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2	0,4	1,4	2
13	CSN15811	1	44,6	22,6	2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Keterangan :

- Tex : Textinite
- Tu : Texto-ulminite
- E : E-ulminite
- Te : Telocollinite
- MM : mineral matter
- At : Atrinite
- De : Densinite
- Des : Desmocolinite
- Co : Corpogelinite
- Po : Porogelinite
- Eu : Eugelinite
- Sp : Sporinite
- Cu : Cutinite
- Re : Resinite
- Lpt : Lipodetrinite
- Alg : Alginite
- Sb : Suberinite
- Flu : Fluorinite
- Exs : Exsudatinite
- Bt : Bituminite
- F : Fushite
- Sf : Semifusinite
- Sc : Sclerotinite
- Idt : Inertodetrinite
- Mi : Micrinite
- Mac : Macrinite
- Cly : clay
- Py : pyrite
- Crb : carboi
- MM : Mineral Matter
- Rv : Vitrinite reflectance
- Max : Maximum
- Min : Minimum
- Av : average

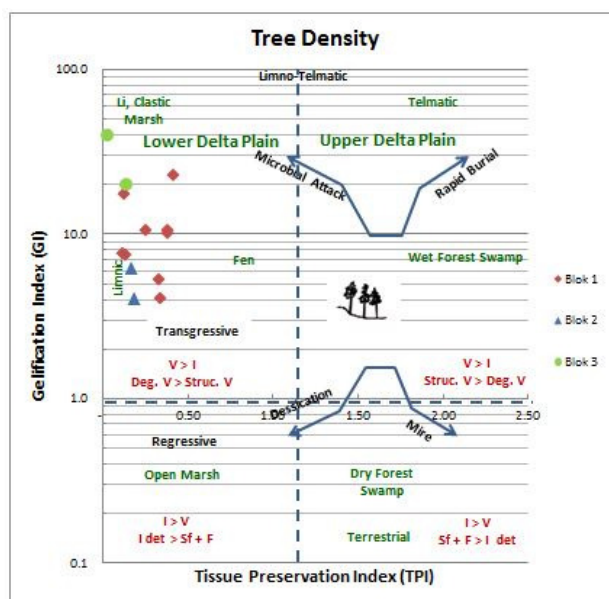
Interpretasi Lingkungan Pengendapan Batubara Seam X78

Fasies dan lingkungan pengendapan batubara salah satunya dapat ditunjukkan dengan diagram pengawetan struktur jaringan *TPI* (*Tissue Preservation Index*) terhadap derajat gelifikasi *GI* (*Gelification Index*). *TPI* (*Tissue Preservation Index*) menunjukkan perbandingan struktur jaringan yang masih terjaga terhadap struktur jaringan yang sudah terdekomposisi. *GI* (*Gelification Index*), merupakan perbandingan komponen yang tergelifikasi terhadap komponen yang terfusinitkan.

Hasil Plot nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) dan *GI* (*Gelification Index*), pada daerah penelitian menunjukkan, batubara seam X78 cenderung diendapkan pada lingkungan pengendapan *lower delta plain*, dengan stadium *limnic - marsh*, dimana stadium *limnic* merupakan rawa air tawar yang dipisahkan oleh elevasi dan atau *barrier* yang bersifat *impermeable* dengan vegetasi yang menyusun tipe rawa ini adalah varietas tumbuhan rerumputan dan semak, dan ini dibuktikan dengan rendahnya nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) pada daerah penelitian. Stadium *marsh* merupakan lahan basah yang tergenang secara periodik oleh air tawar atau air garam, rawa seperti ini umumnya

tanpa vegetasi pepohonan, tumbuhan rerumputan, dedaunan dan semak merupakan sebagian besar vegetasi yang menyusun tipe rawa ini, kondisi ini dimungkinkan terjadi pada lingkungan pengendapan batubara seam X78, ini terlihat hadirnya sulfur sulfat pada batubara seam X78 dengan rata – rata 0.30%, sulfur organik rata – rata 1.46% dan setempat hadir mineral karbonat dengan prosentase 2.80% pada maseral batubara seam X78.

Lingkungan pengendapan delta terbagi menjadi lingkungan *upper delta plain* dan *lower delta plain*. *Upper delta plain* dicirikan oleh jenis tumbuhan yang lebih bervariasi termasuk dominasi jenis tumbuhan berkayu sehingga akan lebih banyak struktur jaringan yang terawetkan. Sedangkan lingkungan *lower delta plain* dicirikan oleh jenis tumbuhan yang kurang bervariasi dan didominasi oleh tumbuhan perdu atau tumbuhan kayu lunak. Kecenderungan komposisi maseral batubara seam X78 sebagian selatan daerah penelitian (blok 3), menunjukkan peningkatan komposisi maseral asal tumbuhan perdu, ini mengindikasikan lingkungan pengendapan batubara sebagian selatan lebih ke arah lingkungan pengendapan *lower delta plain* dibandingkan di bagian utara daerah penelitian.



Gambar 12. Hasil plot nilai *TPI-GI* pada diagram (Diessel, 1992).

Analisis Statistik

Analisis statistik, pengaruh total sulfur batuan pengapit terhadap *seam* X78, berdasarkan analisis linear berganda, bahwa korelasi variabel bebas (total sulfur batuan pengapit) terhadap variabel terikat (total sulfur batubara *seam* X78), tergolong kuat untuk data keseluruhan blok dengan koefisien korelasi 0.768 dan pengaruh paling tinggi dihasilkan oleh blok 1 dengan koefisien korelasi 0.851 dengan kategori koefisien korelasi sangat kuat. Nilai koefisien determinasi paling tinggi dihasilkan oleh blok 1 (72.4%), selanjutnya pada data keseluruhan blok (59.0%), pada blok 3 (51,1%) dan paling kecil diperoleh pada blok 2 (46,4%).

Uji hipotesis simultan (Uji F), menyatakan bahwa model regresi pada data keseluruhan blok dan pada blok 1 kedua variabel bebas memberikan pengaruh simultan yang signifikan, sedangkan pada blok 2 dan pada blok 3 pengaruh simultan yang diberikan dinyatakan tidak signifikan, hal tersebut sebanding dengan hasil uji hipotesis parsial (Uji t), dimana untuk data keseluruhan blok dan blok 1, batuan pengapit bagian atas dan bawah *seam* X78 memberikan pengaruh parsial signifikan, sedangkan batuan pengapit bagian atas dan bawah *seam* X78 pada blok 2 dan blok 3, tidak memberikan pengaruh parsial yang signifikan.

Tabel 6. Hasil koefisien korelasi berganda (R) dan koefisien determinasi (R²)

Data	(R)	(R ²)
Keseluruhan Blok	0,768	59,0%
Blok 1	0,851	72,4%
Blok 2	0,681	46,4%
Blok 3	0,715	51,1%

Tabel. 7 Hasil uji simultan (Uji F)

Data	F hitung	F Tabel	Sig	Kesimpulan
Keseluruhan Blok	25,123	3,267	0,000	Pengaruh Simultan Signifikan
Blok 1	26,363	3,493	0,000	Pengaruh Simultan Signifikan
Blok 2	1,726	6,944	0,288	Pengaruh Simultan Tidak Signifikan
Blok 3	2,619	5,786	0,167	Pengaruh Simultan Tidak Signifikan

Tabel. 8 Hasil uji parsial (Uji t)

Data	t hitung	t Tabel	Sig	Kesimpulan
Keseluruhan Blok				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	2,590	2,030	0,014	Berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	4,469	2,030	0,000	Berpengaruh Signifikan
Blok 1				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	2,824	2,086	0,010	Berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	5,873	2,086	0,000	Berpengaruh Signifikan
Blok 2				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	1,294	2,776	0,265	Tidak berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	1,646	2,776	0,175	Tidak berpengaruh Signifikan
Blok 3				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	0,848	2,571	0,435	Tidak berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	0,801	2,571	0,459	Tidak berpengaruh Signifikan

Upper delta plain dipisahkan terhadap *lower delta plain* oleh batas tertinggi air pasang. Dengan demikian dilihat dari beberapa parameter fisika (komposisi maseral), komposisi kimia (*ash*, Na₂O, total sulfur, *form of sulfur*) litofasies batuan pengapit batubara *seam* X78 dan analisis statistik pengaruh total sulfur batuan pengapit terhadap batubara *seam* X78, dapat diyakini bahwa batubara *seam* X78 terbentuk dalam stadium lingkungan *limnic – marsh*, yang terendapkan dalam lingkungan *lower delta plain* dengan kecenderungan dari arah utara ke bagian selatan daerah penelitian, pengaruh air laut pada rawa gambut *seam* X78 lebih intensif di bagian selatan (blok 3) dibandingkan di bagian utara (blok 1 dan blok 2) daerah penelitian, dan pengaruh total sulfur batuan pengapit, berpengaruh terhadap kandungan total sulfur batubara *seam* X78, khususnya pada blok 1 total sulfur batubara *seam* X78 dipengaruhi oleh kandungan total sulfur batuan pengapit bagian atas dan kandungan total sulfur batuan pengapit bagian bawah.

KESIMPULAN

Anomali kandungan total sulfur pada batubara *seam* X78 disebabkan oleh bervariansinya kandungan sulfur piritik dan sulfur organik pada batubara *seam* X78. Kandungan jenis sulfur *seam* X78 didominasi oleh sulfur organik.

Kandungan total sulfur batuan pengapit, berpengaruh terhadap kandungan total sulfur batubara *seam* X78, khususnya pada blok 1 total sulfur batubara *seam* X78 dipengaruhi oleh kandungan total sulfur batuan pengapit bagian atas dan kandungan total sulfur batuan pengapit bagian bawah. Bervariansinya kelimpahan mineral pirit pada batuan pengapit *seam* X78, menyebabkan bervariansinya kandungan sulfur piritik pada batubara *seam* X78.

Mineral pirit yang hadir pada batubara *seam* X78 merupakan pirit epigenetik, mengisi *cleat* pada batubara dan menempel pada maseral batubara.

Lingkungan pengendapan batubara *seam* X78 diendapkan pada lingkungan *lower delta plain* dengan stadium *limnic – marsh*. Tingginya kandungan sulfur organik > 0.5% dengan rata – rata 1.46% pada batubara *seam* X78 disebabkan oleh lingkungan pengendapan batubara *seam* X78 yang dipengaruhi oleh air laut, dengan kecenderungan dari arah utara ke bagian selatan daerah penelitian, pengaruh air laut pada rawa gambut *seam* X78 lebih intensif di bagian selatan (blok 3) dibandingkan di bagian utara (blok 1 dan blok 2) daerah penelitian dan dibuktikan dengan tingginya kandungan sodium (Na₂O) yaitu rata - rata 49730.00 ppm atau 4.97% pada batubara dan rata – rata kandungan *ash* 9.03%.

SARAN

- 1) Berdasarkan hasil penelitian, perlunya dilakukan analisis komposisi maseral dan komposisi kimia batubara *seam* X78 secara vertikal (*ply by ply*), sehingga perubahan kandungan total sulfur, pengaruh air tanah dan indeks vegetasi, yang secara tidak langsung mencerminkan faktor kelembaban, konsentrasi ion hidrogen (pH), suplai makanan dan aktifitas bakteri pada suatu rawa gambut dapat tergambar secara detil, dengan diketahuinya lingkungan pengendapan batubara, manfaat praktis yang dapat dicapai adalah diketahuinya karakteristik batubara khususnya kandungan total sulfur sebagai strategi perencanaan *blending* batubara, sehingga dapat dilakukan secara terencana, menyesuaikan dengan produk batubara permintaan pasar, dan juga pada kegiatan eksplorasi di area baru, dapat digunakan sebagai strategi rencana penjualan produk batubara yang ada pada area tersebut.
- 2) Tingginya konsentrasi sodium pada blok 1 57981.25 ppm atau 5.79 %, dibandingkan dengan blok 1 dan blok 2, perlu dikaji mendalam, apa yang menyebabkan konsentrasi sodium pada blok tersebut menjadi tinggi, sehingga,

dapat memperkaya informasi berkaitan dengan lingkungan pengendapan batubara *seam X78*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada manajemen dan rekan – rekan di department eksplorasi PT.Sinergy Consultancy Services, yang telah

memberikan kesempatan dan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini. Selain itu ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Bapak Dr.Sc.Yoga Andriana S,ST.,M.Sc, Bapak Dr.Budi Muljana,ST.,MT, dan Bapak Deddy Amarullah yang telah memberikan masukan dan saran pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggayana, K., Widayat, A H., 2007, Interpretasi Fasies/Lingkungan Pengendapan batubara dan Variasi Sulfur untuk Rekomendasi Strategi Eksplorasi, FIKTM-ITB, Bandung.
- Barry Ryan B.C., Angelo Ledda., 1997, *A Review Of Sulphur In Coal;With Specific Reference To Telkwa Deposit,North-Western British Columbia*.Geological Survey & Coal Limited Calgary.
- Casagrande, D.j., 1987, *Sulphur in peat and coal*.In: Scott, AC (editor), *Coal and Coal – Bearing Strata: Recent Advances*.Geological Society Special Publication,Vol.32.
- Diesel, C.F.K.,1992, *Coal Bearing Depositional System*, springer-verlag, berlin Heidelberg.
- Hede, H.N.A., 2009, Studi Kehadiran Natrium Dalam Batubara Kasus Batubara Lati, Berau Kalimantan Timur, Institut Teknologi Bandung.
- Horne, J.C., Ferm, J.C., Carucio, F.T., Baganz, B.P., *Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Apphalacian Region*, in Ross C.A., Ross, J.R.P., (editors)., Pennsylvania.1984.
- Resmawan A.R., 2007, Analisis Variasi Kandungan Sulphur Pada Batubara Seam S di Daerah Palaran, Kutai Kartanegara, Kalimantan timur, Institut Teknologi Bandung.
- Supriatna, S., Sukardi, dan Rustandi, E.,1995 Peta Geologi Lembar Samarinda Kalimantan Timur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Agustus 2014

ISSN 1907 – 5367

Robet Lumban Tobing (Pusat Sumber Daya Geologi)

GEOKIMIA ORGANIK DAN KANDUNGAN MINYAK PADA SERPIH SILAT, DI DAERAH NANGA SILAT, KABUPATEN KAPUAS HULU, PROVINSI KALIMANTAN BARAT

BSDG Agustus 2014 Vol. 9 No. 2 Hal. 69 – 80

Serpih minyak merupakan salah satu sumber energi alternatif pengganti minyak bumi konvensional. Di Indonesia, serpih minyak tersebar di banyak tempat, salah satunya Serpih Silat berumur Eosen Atas. Penelitian geokimia organik dan kandungan minyak yang dilakukan pada Serpih Silat di daerah Nanga Silat, Kapuas Hulu bertujuan untuk mengetahui kelimpahan, tipe, kematangan termal, kuantitas minyak, asal mula dan lingkungan pengendapan material organik yang terkandung di dalam conto batuan. Metode yang dipakai adalah menganalisis, mengkompilasi, dan mengestimasi data hasil analisis TOC (Total Organic Carbon), retort, pirolisis, ekstraksi dan GC (Gas Chromatography). Plot silang antara TOC terhadap PY, HI terhadap OI, dan Tmaks terhadap HI dan hasil analisis retort memperlihatkan bahwa material organik memiliki potensi yang baik hingga sangat baik untuk menghasilkan hidrokarbon, merupakan kerogen Tipe II (oil prone) dan Tipe III (gas prone), berada pada tahap awal matang, dan jumlah rata-rata kandungan minyak yang dihasilkan sebesar 4,55 liter/ton batuan. Dari hasil analisis kromatografi diperoleh bentuk konfigurasi alkana normal dua puncak (bimodal) yaitu C17 dan C27, C17 dan C28, serta C17 dan C23, serta Plot silang antara pristana/nC17 dan fitana/nC18 mengindikasikan adanya kontribusi material organik asal tumbuhan tinggi/darat dan alga lakustrin/laut pada kondisi oksidasi dan reduksi.

Kata kunci: kematangan, material organik, serpih minyak.

Eska Putra Dwitama (Pusat Sumber Daya Geologi)
Oktarian Iskandar (Universitas Padjadjaran)

KARAKTERISTIK GEOMETRI CLEAT BATUBARA FORMASI TANJUNG DI DAERAH MEGALAU, KABUPATEN KOTABARU, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

BSDG Agustus 2014 Vol. 9 No. 2 Hal. 81 – 88

Penelitian pada lapisan batubara Formasi Tanjung di daerah Megalau, Kotabaru ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik geometri cleat yang terdapat pada lapisan batubaranya. Objek yang diteliti adalah cleat yang terdapat pada lapisan batubara yang tersingkap di permukaan. Orientasi jurus dari cleat pada daerah penelitian yaitu berarah relatif Timur – Barat untuk face cleat dan berarah relatif Utara-Selatan untuk butt cleat. Perbandingan panjang face cleat dan butt cleat adalah 2 : 1. Frekuensi keterdapatan face cleat lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan butt cleat. Permeabilitas rekahan dari singkapan adalah 14,6 mD – 46,7 mD.

Kata kunci : Batubara, Cleat, Formasi Tanjung, Permeabilitas.

Sulaeman, Rd. Irvan Sophian (Pusat Sumber Daya Geologi)
Geni Dipatunggoro, Febri Hirnawan (Universitas Padjadjaran)

KESTABILAN LERENG TAMBANG TERBUKA BATUBARA DI DAERAH DESA PURWAJAYA, KECAMATAN

LOAJANAN, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA,
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

BSDG Agustus 2014 Vol. 9 No. 2 Hal. 89 – 104

Pertambangan batubara pada 10 tahun terakhir mengalami peningkatan. Kegiatan pertambangan tidak terlepas dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi. Tambang terbuka maupun tambang bawah permukaan erat hubungannya dengan kajian geoteknik dan menjadi persyaratan dalam mengajukan izin kegiatan penambangan. Lokasi administrasi daerah penelitian terletak di daerah Desa Purwajaya, Kecamatan Loajan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Dalam kegiatan di lapangan dilakukan pemetaan geologi teknik dan pengeboran geoteknik. Dari hasil kegiatan tersebut data diolah di laboratorium dan menghasilkan sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan untuk dapat mengetahui kekuatan massa batuan.

Analisis laboratorium menghasilkan data sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan. Hasil analisis tersebut digabungkan dengan hasil deskripsi pengeboran geoteknik yang kemudian digunakan untuk menentukan kekuatan massa batuan (RMR) di setiap titik bor. Pada titik bor GT 01 dengan RMR kisaran 37 termasuk dalam kelas IV (poor rock) dan kelas III (fair rock). Titik bor GT 02 dengan kisaran RMR 35 termasuk kelas IV (poor rock) dan 68 untuk kelas II (good rock). Titik bor GT 03 dengan kisaran RMR 30 termasuk kelas IV (poor rock) dan 73 untuk kelas II (good rock). Simulasi kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan data hasil analisis laboratorium pada kedalaman dan sudut lereng tertentu dan menghasilkan nilai FS 1,265 untuk highwall dan 1,311 untuk lowwall.

Kata Kunci : Geoteknik, Longsor, Tambang terbuka, RMR.

Bambang Pardiarto (Pusat Sumber Daya Geologi)

EVALUATION OF COPPER DEPOSITS PROSPECT IN WAI WAJO AREA OF SIKKA REGENCY, EAST NUSA TENGGARA PROVINCE

BSDG Agustus 2014 Vol. 9 No. 2 Hal. 105 – 120

Lowo Deba prospect in Sikka Regency, East Nusa Tenggara Province shows significant evidences for copper deposit. The prospect is discovered by joint cooperation activity between Directorate of Mineral Resources Inventory (DMRI) and Korea Resources Corporation (KORES) in the systematic exploration program. The evaluation based on the quantitative analysis of rock and mineral characteristics as well as geologic mapping, petrography, mineragraphy, fluid inclusion, spectra analysis (PIMA), geochemical and geophysical data. The geology of the prospect area consists of Miocene volcanics of Kiro Formation and Tanahau Formation, intrusion of granodiorite and Quaternary volcanics. The volcanic rock shows the characteristic of tholeiitic magma. The predominant system of lineaments in the prospect area tends to be NE-SW trend. This fault structure appears to have closely relationship with the mineralization in Lowo Deba prospect.

The mineralization and alteration outcrops appear to be structural controlled to form epithermal deposit type. Most of the mineralizations are hosted by phyllic – argillic altered andesitic to dacitic tuff which is intruded by granodiorite. Rock samples indicate the mineralization type is quartz vein containing chalcopyrite, galena, sphalerite, covellite and pyrite. The best grade revealed from these altered rocks of

6,980 ppm Cu and 50 ppb Au, and from quartz vein of 4,868 ppm Cu and 57 ppb Au. Mineralization stages evolved from initial higher temperatures ($> 320^{\circ} \text{C}$) to later lower temperatures (near 170°C).

Soil geochemical analysis identify two zones of combined anomaly i.e. Au-Cu-Mo and Ag-Pb-Zn. Those anomalies are concentrated in the phyllic and argillic altered andesitic tuff. These soil anomaly coincide with IP anomalies which are found in electrode separation index of $n=5$ and $n=7$ in line WA7 with chargeability value up to 405.7 Msec and resistivity value of 37.7 Ohm-m. In general high chargeability and low resistivity anomalies are developed in the direction of southwest to northeast and still open to the northeast. The high chargeability value allows to predict the occurrence of copper deposits potential. Some bore holes are proposed for the next survey to confirm the presence of new copper deposits in the prospect area.

Keywords: chargeability, copper deposit, Lowo Deba.

Teddy Tresnanto, Yoga Andriana S, dan Budi Muljana (Universitas Padjadjaran)

ANALISIS ANOMALI KANDUNGAN TOTAL SULFUR DALAM PENENTUAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUBARA SEAM X78 FORMASI BALIKPAPAN DI DAERAH SEPARI, KALIMANTAN TIMUR

BSDG Agustus 2014 Vol. 9 No. 2 Hal. 121 – 138

Batubara seam X78 pada Formasi Balikpapan, Cekungan Kutai, secara lateral memiliki anomali kandungan total sulfur, dimana di bagian utara dan selatan daerah penelitian kandungan sulfur cukup tinggi dibandingkan di

bagian tengah daerah penelitian dengan kecenderungan meningkat ke bagian selatan daerah penelitian. Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara dan pengaruh batuan pengapit terhadap anomali kandungan total sulfur seam X78. Metoda analisis yang digunakan adalah analisis proksimat untuk mengetahui kandungan abu, analisis kimia abu untuk mengetahui kandungan Na_2O , analisis petrografi dilakukan sebagai validasi dalam penentuan lingkungan pengendapan batubara, analisis form of sulfur untuk mengetahui jenis sulfur dan analisis SEM untuk mengetahui jenis pirit. Untuk menguji pengaruh kandungan total sulfur batuan pengapit terhadap kandungan total sulfur batubara seam X78 maka dilakukan analisis statistik.

Dari hasil analisis petrografi diketahui komposisi maseral didominasi oleh maseral asal tumbuhan perdu yang cenderung meningkat dari arah utara ke selatan daerah penelitian namun berbanding terbalik dengan komposisi maseral asal tumbuhan kayu. Batubara seam X78 dapat diinterpretasikan sebagai endapan dalam lingkungan lower delta plain dengan sub lingkungan limnic – marsh. Berdasarkan analisis statistik pengaruh batuan pengapit terhadap anomali kandungan total sulfur pada seam X78 dapat disimpulkan bahwa khususnya pada blok 1, total sulfur batubara seam X78 dipengaruhi oleh kandungan total sulfur batuan pengapit bagian atas dan bagian bawah. Manfaat penelitian ini adalah untuk arah pengembangan area eksplorasi, strategi rencana penjualan produk batubara yang tersedia pada area eksplorasi dan strategi perencanaan blending khususnya kandungan total sulfur batubara.

Kata kunci : Batubara, lingkungan pengendapan, maseral, sulfur.



Mengibarkan Sang Merah Putih di tiang menara mesin bor pada sumur LWU-2, Daerah Panas Bumi Lawu, Kabupaten Magetan, Jawa Tengah. (Robertus Simarmata, 2012)



Sang surya terbit di Danau Segara Anak di Kaldera Gunung Rinjani. (Muhammad Kholid, 2012)



Perjalanan pulang menyusuri sungai Tambarana setelah flying camp di lokasi mata air panas Tanamborambo, daerah panas bumi Kawende-Maranda, Sulawesi Tengah.
(Dudi Hermawan, 2012)



Singapan Batugamping di Perairan laut Kaimana - Papua Barat.
(Ganjar Labaik, 2012)



Objek merupakan bekas letusan Gunung Galunggung, pada bagian bawah menjadi danau dan muncul anak gunung kecil. (Elang Somantri, 2012)



Bongkahan batu di pantai Bangka Belitung. (Elang Somantri, 2012)

PEDOMAN PENULISAN
Makalah/karya tulis ilmiah
BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

ISI DAN KRITERIA UMUM

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

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

FORMAT

UMUM

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

NO	POKOK BAHASAN	POKOK PIKIRAN
I	Judul (<i>Title</i>)	Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 (lima) orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxcimile serta e-mail.
II	Sari 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. Sari dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara <i>Abstract</i> tercantum di bawah Sari; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/ <i>keyword</i> yang ditulis di bawah Sari/ <i>Abstract</i> , terdiri dari 4 (empat) hingga 6 (enam) kata. <i>Abstract</i> atau sari yang ditulis di bawah sari atau <i>abstract</i> menggunakan italic font.

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

Beberapa contoh penulisan sumber acuan :

Jurnal

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

Buku

Petterson, W.C., 1987. *Exploration and Mining Geology*. John Wiley & 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 Quaternary evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia*. Ph.D Thesis at Dept. of Quaternary Geology Faculty of Earth Science Vrije Universitet Amsterdam, h.1-12.

Informasi dari Internet

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

WEWENANG REDAKSI

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

PENGIRIMAN NASKAH

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

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi
Sub Bidang Pengembangan Informasi
Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung
Telepon. (022) 520 2698, 522 6270
Fax. (022) 522 6270, 522 6263



LEMBAGA
ILMU PENGETAHUAN
INDONESIA

**P2
MI**
Panitia
Penilai
Majalah
Ilmiah



KAN
Komite Akreditasi Nasional
Lembaga Ilmu Pengetahuan
Indonesia
LANSI, 016 10K

SERTIFIKAT

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

Akreditasi Majalah Ilmiah

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

Nama Majalah : Buletin Sumber Daya Geologi

ISSN : 1907-5367

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

Ditetapkan sebagai Majalah Ilmiah

TERAKREDITASI

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

Cibinong, 24 April 2012

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Ketua Panitia Penilai Majalah Ilmiah-LIPI

→ Prof. Dr. Rochadi
NIP 195007281978031001

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



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

