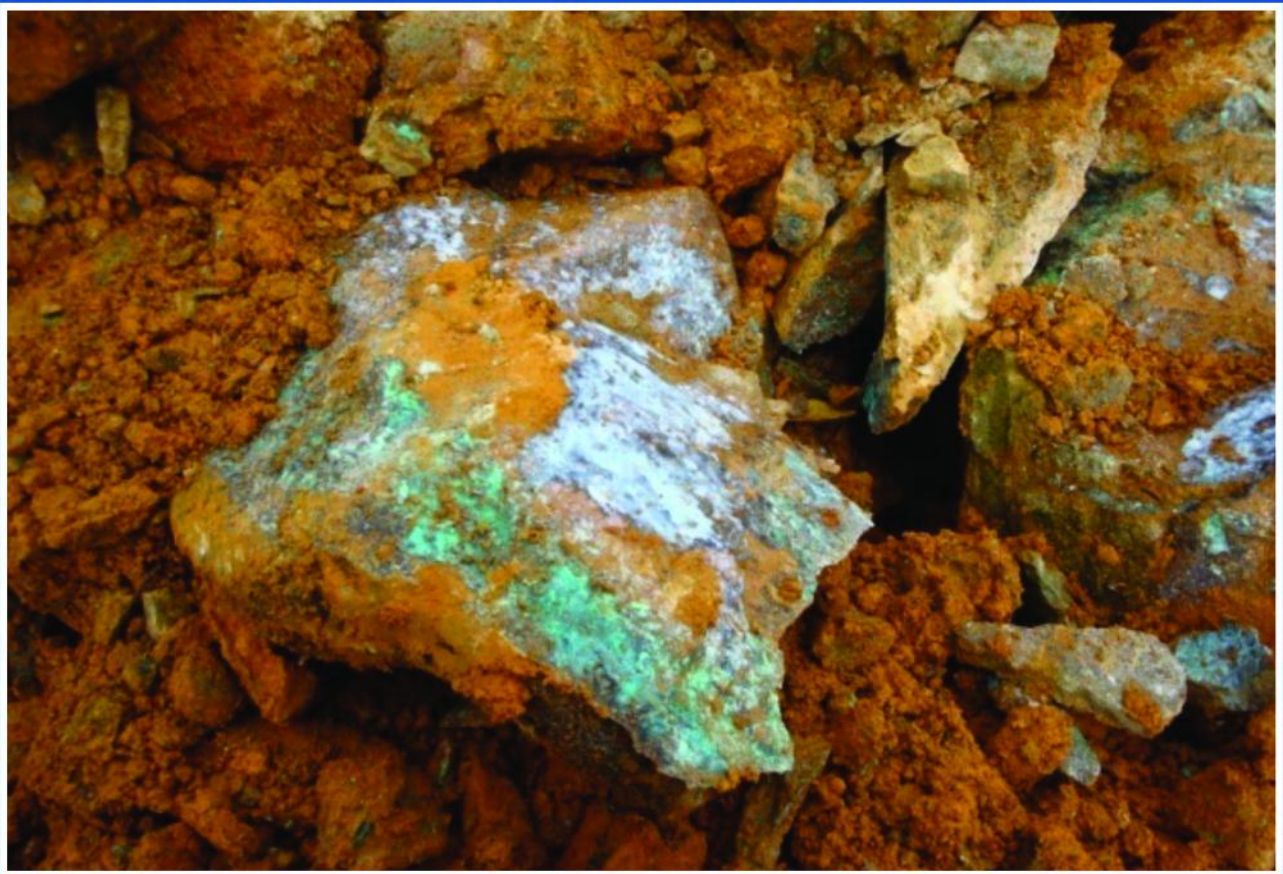


ISSN 1907-5367

buletin

SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 5 No. 3 - 2010



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

Buletin Sumber Daya Geologi	Vol. 5	No. 3	Halaman 105 -192	Bandung November 2010	Terakreditasi sebagai Majalah Berkala ilmiah berdasarkan keputusan kepala LIPI No. 451/D/2010, Ketua P2MBI LIPI No. 237/Akred-LIPI/P2MBI/05/2010
--------------------------------	--------	-------	---------------------	--------------------------	---

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN POTENSI MINERALISASI LOGAM DASAR DI DAERAH TAKENGON, NANGROE ACEH DARUSSALAM

Oleh:

Ernowo

Pusat Sumber Daya Geologi
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung

SARI

Hasil kegiatan eksplorasi yang dilaksanakan instansi pemerintah maupun perusahaan swasta dengan berbagai metode dan pendekatan konsep telah banyak menghasilkan basis data geologi, geofisika, geokimia dan ketersediaan sumberdaya geologi diantaranya mineral logam dasar. Penelitian ini untuk mengelola dan bertujuan menganalisis hubungan spasial dari basis data yang ada menggunakan sistem informasi geografis. Daerah Takengon dipilih sebagai lokasi penelitian dikarenakan ketersediaan data yang cukup meliputi geologi, geofisika, geokimia dan beberapa titik ketersediaan mineral logam dasar. Rasio frekuensi keseluruhan faktor yang berkaitan dengan mineral logam dasar dihitung dengan menggunakan pendekatan empiris dan diintegrasikan untuk menyusun peta indeks potensi mineral. Semakin tinggi nilai indeks menunjukkan potensi yang tinggi pula akan ketersediaan mineral logam dasar. Akurasi peta prediksi ini mencapai 94,85%. Peta ini bisa dipakai untuk membantu menentukan daerah target eksplorasi di lapangan.

Kata kunci; sistem informasi geografis, rasio frekuensi, indeks potensi mineral.

ABSTRACT

The exploration activities conducted by the government and private companies with various methods and approaches provide the database of geological, geophysical, geochemical and mineral deposit. The aim of this research is to manage and analysis the spatial relationship of the existing database using geographic information systems. Takengon area that has sufficient geological, geophysical, geochemical and some indications of base metal mineralization was chosen for the study. Frequency ratio of each factors calculated with an empirical approach and integrated to produce map of mineral potential index. The higher index value shown the higher potency for mineralization of base metal. The accuracy of this predictive map is 94.85%. This map can be used as guide to determine the exploration target in the field.

Keywords; geographic information system, frequency ratio, mineral potential index

PENDAHULUAN

Interaksi lempeng-lempeng tektonik yang menyusun wilayah Indonesia membentuk beberapa busur magmatisme yang menjadi jalur mineralisasi. Sudah sejak lama dilakukan kegiatan penelitian baik oleh instansi pemerintah pusat, pemerintah daerah maupun perusahaan-perusahaan swasta mulai dari tingkat eksplorasi umum sampai detail dengan berbagai metode dan pendekatan konsep untuk bisa menemukan lokasi cebakan mineral. Dari berbagai kegiatan tersebut terkumpul basis data geologi, geokimia dan ketersediaan mineral.

Sistem informasi geografis sudah banyak dimanfaatkan di berbagai bidang termasuk ilmu kebumih terutama untuk pengelolaan data,

namun belum dimaksimalkan untuk analisis dan evaluasi potensi ketersediaan mineral. Maksud penelitian ini untuk melakukan analisis spasial terhadap basis data yang ada dengan pendekatan empiris menggunakan sistem informasi geografis. Tujuannya adalah untuk menyusun sebuah peta yang menggambarkan indeks potensi untuk terjadinya mineralisasi terutama logam dasar di daerah penelitian. Daerah Takengon (**Gambar 1**) yang memiliki data geologi dan geokimia yang cukup serta beberapa titik ketersediaan mineral logam dasar dipilih untuk penelitian.

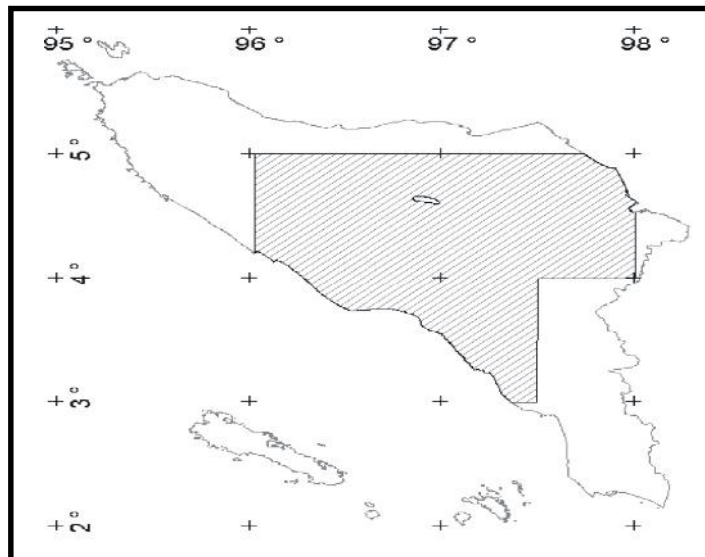
Geologi dan mineralisasi

Geologi regional daerah penelitian (Cameron dkk, 1981; Cameron dkk, 1982; Cameron dkk, 1983), tersusun oleh berbagai jenis batuan berumur mulai Perm sampai Holosen. Batuan-batuan berumur pra Tersier merupakan kelompok batuan yang telah mengalami metamorfisme menjadi batuan metamorf atau metasedimen. Batuan berumur Tersier terdiri dari kelompok batuan sedimen, vulkanik dan karbonat yang diikuti pengendapan aluvium Kuartar. Batuan terobosan terdapat pada beberapa tempat berupa granit – granodiorit berumur pra-Tersier sampai Pliosen.

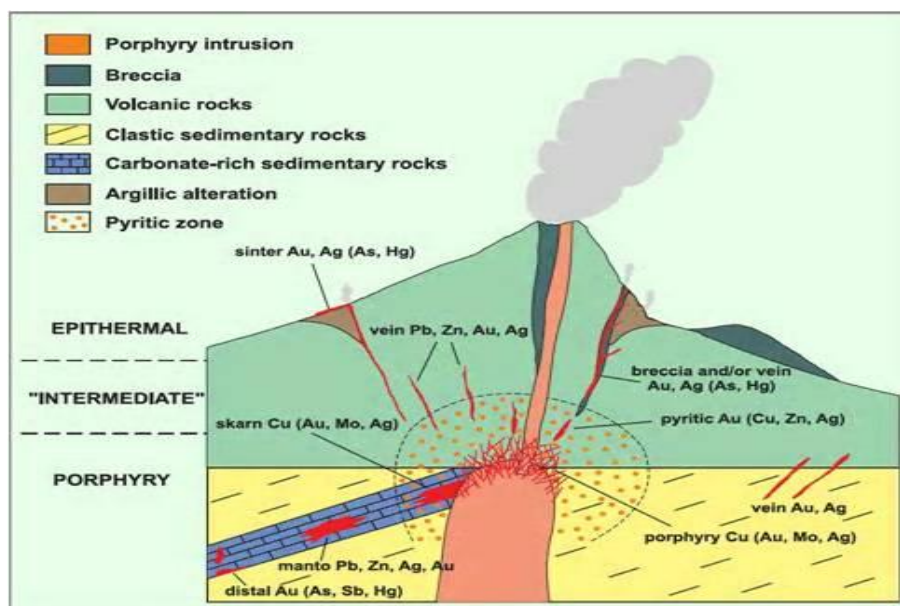
Mineralisasi logam dasar terutama

tembaga, timah hitam dan seng diketahui dengan kemunculan mineral-mineral sulfida maupun oksida yang membawa unsur Cu, Pb, dan Zn yaitu kalkopirit, bornit, malakit, azurit, galena, sfalerit yang berasosiasi dengan mineral-mineral penyerta lainnya. Mineralisasi muncul sebagian besar pada batuan vulkanik dan intrusi yang telah mengalami ubahan, breksiasi, silisifikasi maupun dalam urat-urat kuarsa.

Sistem hidrotermal menggambarkan hubungan antara berbagai tipe cebakan mineral meliputi porfiri, skarn, replacement dan berbagai tipe urat logam dasar – logam mulia (Sinclair, 2005). Logam dasar dapat terbentuk pada berbagai lingkungan mineralisasi baik porfiri, mesotermal maupun epitermal (**Gambar 2**).



Gambar 1. Peta lokasi Daerah Takengon



Gambar 2. Skema model mineralisasi (Sinclair, 2005)

Data

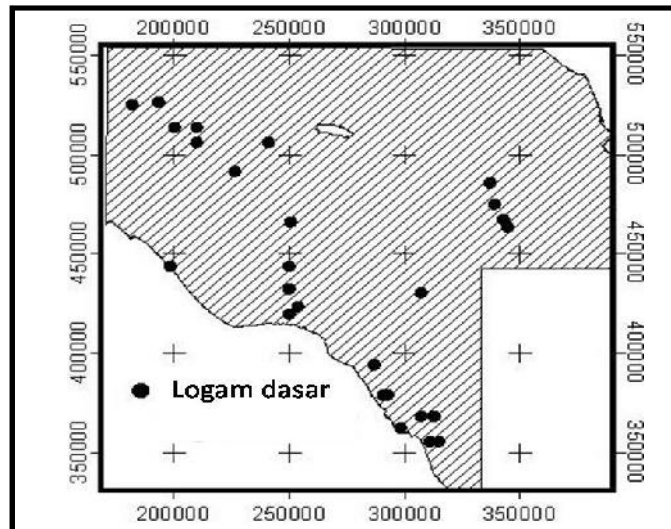
Sebanyak 26 titik mineral logam dasar di daerah penelitian disusun dari berbagai sumber di Pusat Sumber Daya Geologi (**Gambar 3**). Data faktor-faktor yang berhubungan dengan mineralisasi logam dasar yang tersedia meliputi geologi, anomali bouguer dan geokimia disusun dalam basis data spasial, begitu pula data sebaran mineral logam dasar. Data geologi meliputi litologi dan struktur geologi (**Gambar 4**) dikompilasi dari peta geologi skala 1 : 250.000 lembar Langsa (Cameron dkk, 1981), lembar Tapaktuan (Cameron dkk, 1982) dan lembar Takengon (Cameron dkk, 1983).

Data geokimia meliputi unsur-unsur yang merupakan unsur utama maupun unsur yang berasosiasi dengan keterdapatan logam dasar dari berbagai tipe cebakan yaitu Ag, As, Cu, Fe, K, Li, Mn, Mo, Pb, Sn, W, dan Zn (Rose dkk, 1979)

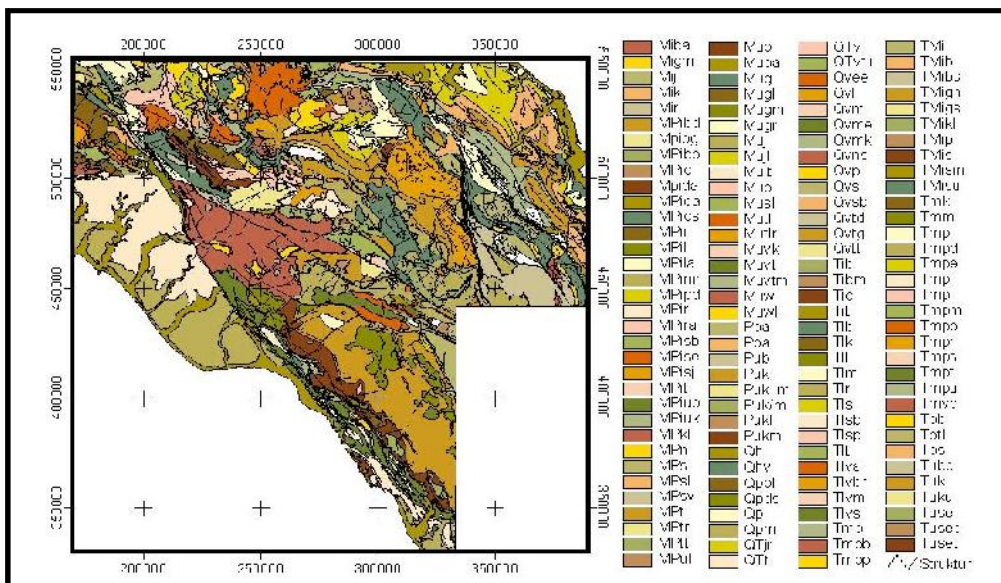
merupakan conto sedimen sungai aktif hasil pemetaan geokimia regional bersistem Sumatera bagian utara lembar Takengon dalam skala 1 : 250.000 (Ghazali & Hariwidjaya, 1977).

Anomali bouguer dihasilkan dari pengukuran geofisika metode gaya berat dimana anomali disebabkan oleh adanya deposit bijih logam berat dan perbedaan densitas batuan (Kuzvart & Bohmer, 1986). Data yang dipakai dalam penelitian ini merupakan kompilasi dari beberapa peta anomali lembar Medan (Syarief dkk, 2000), lembar Calang (Indragiri dkk, 2007), lembar Tapaktuan (Nasution & Indragiri, 2007), lembar Takengon (Mirnanda & Hayat, 2007) serta lembar Langsa (Setiadi & Mirnanda, 2007) dalam skala 1 : 250.000.

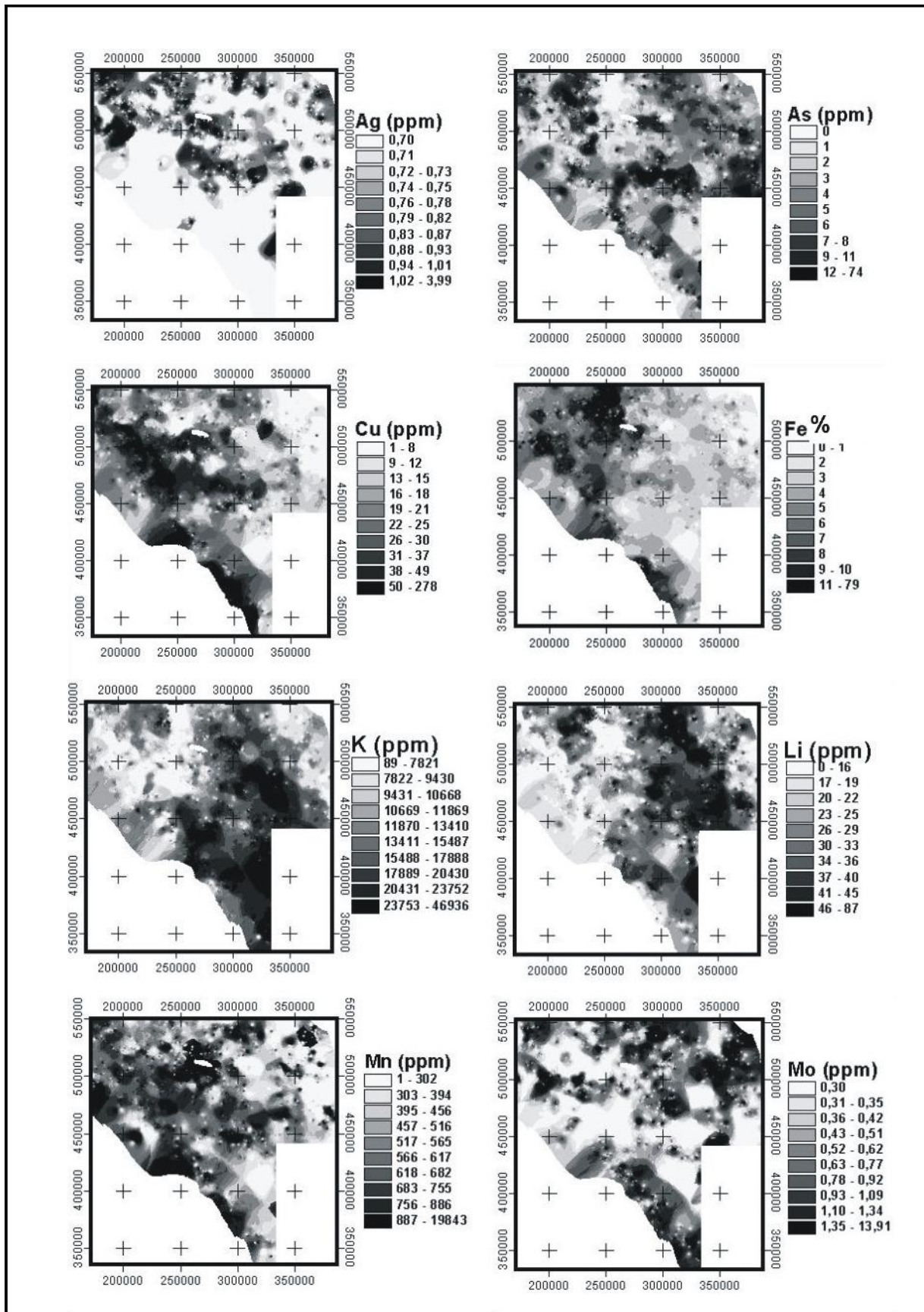
Semua faktor tersebut disusun dalam basis data spasial menggunakan ukuran cell 100 m x 100 m (**Gambar 5a dan 5b**) untuk dipergunakan dalam proses selanjutnya.



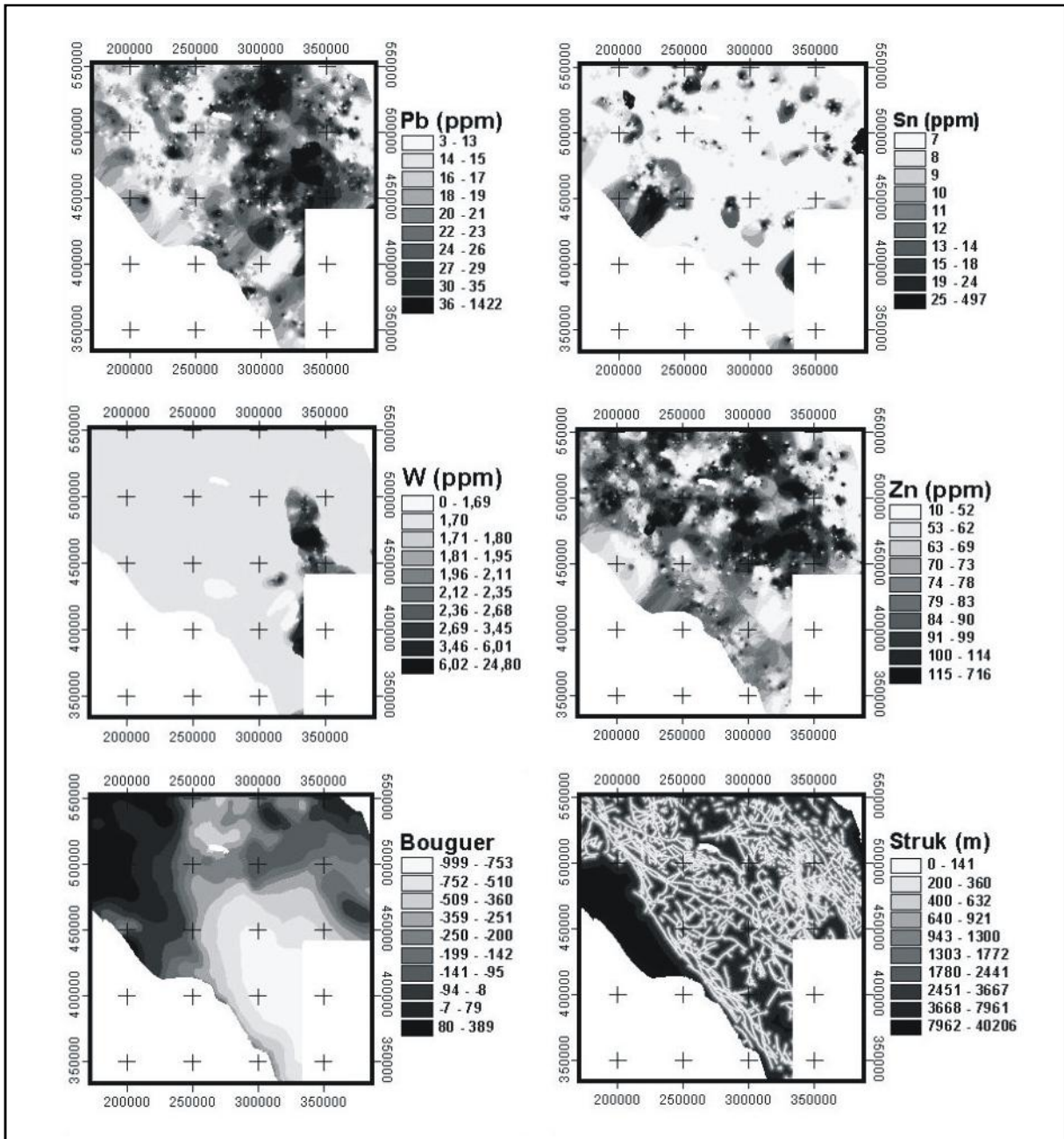
Gambar 3. Peta sebaran mineral logam dasar daerah Takengon



Gambar 4. Peta geologi daerah Takengon (Cameron dkk, 1981, 1982, 1983)



Gambar 5a. Peta sebaran anomali unsur (Ag, As, Cu, Fe, K, Li, Mn dan Mo) daerah Takengon



Gambar 5b. Peta sebaran anomali unsur (Pb,Sn,W,Zn) serta faktor geologi dan geofisika Daerah Takengon.

Metode

Hubungan spasial antara lokasi logam dasar dan faktor-faktor yang berhubungan dengan kejadian mineral diperoleh dengan menggunakan model rasio frekuensi. Model ini merupakan aplikasi dari *Bayesian probability* dimana hubungan spasial tersebut bisa disimpulkan dari hubungan antara daerah-daerah mineralisasi tidak terjadi dan faktor-faktor yang berhubungan dengan mineralisasi logam dasar. Rasio frekuensi adalah rasio probabilitas dari sebuah kejadian terhadap probabilitas non-kejadian untuk masing-masing faktor yang dipakai (Bonham-Carter, 1994).

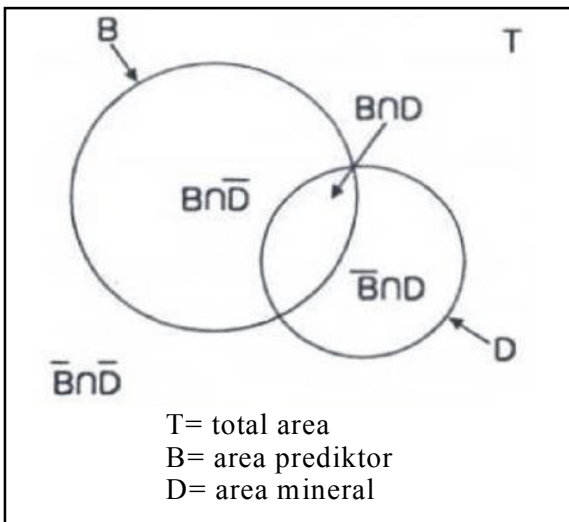
Dalam hal ini daerah penelitian dinyatakan sebagai "T", faktor-faktor prediktor dinyatakan dengan "B", dan kemunculan mineral dinotasikan dengan "D", maka rasio frekuensi D adalah rasio probabilitas bersyarat. $N\{T\}$ merupakan jumlah cell dari T dan $N\{D\}$ merupakan jumlah cell dari D sehingga probabilitasnya dinyatakan sebagai $P(D) = \frac{N(D)}{N(T)}$ dan jumlah mineral yang hadir didalam faktor adalah $N\{D \cap B\}$ maka *favourability* akan kehadiran dan ketidakhadiran mineral D dalam area B (Gambar 6) dinyatakan sebagai probabilitas bersyarat dengan persamaan :

$$P\{D|B\} = \frac{P\{D \cap B\}}{P\{B\}} = P\{D\} \frac{P\{B|D\}}{P\{B\}}$$

$$P\{D|\bar{B}\} = \frac{P\{D \cap \bar{B}\}}{P\{\bar{B}\}} = P\{D\} \frac{P\{\bar{B}|D\}}{P\{\bar{B}\}}$$

$$RF = \frac{P\{B|D\}}{P\{B|\bar{D}\}}$$

- $P\{D|B\}$ = probabilitas mineral didalam kemunculan prediktor
- $P\{D|\bar{B}\}$ = probabilitas mineral didalam ketidakhadiran prediktor
- $P\{B|D\}$ = probabilitas didalam prediktor akan kemunculan mineral
- $P\{\bar{B}|D\}$ = probabilitas didalam prediktor akan ketidakhadiran mineral
- $P\{B\}$ = probabilitas didalam prediktor
- $P\{\bar{B}\}$ = probabilitas diluar prediktor
- RF = rasio frekuensi



Gambar 6. Diagram yang menggambarkan model rasio frekuensi (Bonham-Carter, 1994).

Jika rasio frekuensi lebih besar dari 1 menunjukkan hubungan antara mineral dengan prediktor adalah kuat, namun jika rasio kurang dari 1 hubungan antara mineral dengan prediktor adalah lemah. Indeks potensi mineral merupakan penjumlahan semua nilai rasio dari masing-masing prediktor dengan persamaan $IPM = \sum RF$

Penghitungan dan interpretasi

Tabel perhitungan dibuat untuk semua faktor yang berhubungan dengan mineral logam dasar dan dibuat dalam 10 kelas. Rasio area untuk kemunculan dan ketidakhadiran mineral dan rasio area terhadap total area dari masing-masing kelas dihitung untuk semua faktor. Rasio frekuensi untuk setiap kelas adalah rasio mineral dibagi dengan rasio area (Tabel 1, Gambar 7a dan 7b).

Rasio frekuensi faktor-faktor geokimia menunjukkan rasio unsur Ag tertinggi pada kelas ke 8 (0,87-0,92 ppm), As pada kelas area ke-1 (<1ppm), Fe pada kelas ke-9 (9-10 %), K pada kelas ke-7 (16.571-18.752 ppm), Li pada kelas ke-4 (23-26 ppm), Mn pada kelas ke-10 (927-19843 ppm), Mo pada kelas ke-8 (0,92-1,08 ppm), Sn pada kelas ke-3 (9 ppm), W pada kelas ke-9 (10-11 ppm). Unsur-unsur logam dasar menunjukkan rasio tertinggi terdapat pada kelas ke-10 (tertinggi) yaitu Cu (49-278 ppm), Pb (40-1.422) dan Zn(115-716 ppm), hal ini menunjukkan korelasi antara sebaran unsur-unsur tersebut dari contoh sedimen sungai aktif dengan mineral logam dasar. Rasio frekuensi terhadap struktur tertinggi pada jarak 400-608m, dari anomali bouguer pada interval -509 - -360 μms^{-2} . Dari litologi rasio tertinggi pada Formasi Peutu yang berumur Miosen-Pliosen (Tmps) dengan komposisi batugamping dan batuan yang bersifat gampingan, kemungkinan terjadi mineralisasi tipe skarn.

Integrasi dan verifikasi

Rasio frekuensi dari keseluruhan faktor diintegrasikan menggunakan persamaan $IPM = \sum RF$ menghasilkan peta indeks potensi mineral. Indeks ini diklasifikasikan atas area yang sama dan dikelompokkan dari nilai indeks paling rendah sebagai berikut; 40% paling bawah merupakan indeks sangat rendah, 20% rendah, 20% sedang, 10 % tinggi dan 10 % terakhir memiliki indeks sangat tinggi (Gambar 8). Untuk mendapatkan peringkat relatif untuk masing-masing pola prediksi, nilai indeks disortir dalam urutan terbalik, kemudian dibagi menjadi 100 kelas, dengan interval akumulasi 1% (Lee&Oh, 2008). Hasil verifikasi ini menunjukkan kelas 90-100% (10%) memiliki 81% dari kemunculan mineral. Area dibawah kurva dipakai untuk mengetahui akurasi prediksi. Dalam hal ini rasio area adalah 0,9485 yang menunjukkan akurasi 94,85 % (Gambar 9).

Tabel 1.
Penghitungan rasio frekuensi masing-masing faktor

Faktor	Kelas	Jumlah piksel	% Area	Mineral	% Mineral	Rasio Frekuensi
Ag (ppm)	0.70	1470732	48.124126	13	50.000000	1.04
	0.71	233341	7.635199	0	0.000000	0.00
	0,72-0,73	271124	8.871504	4	15.384615	1.73
	0,74-0,75	183355	5.999597	1	3.846154	0.64
	0,76-0,78	199992	6.543980	2	7.692308	1.18
	0,79-0,81	176973	5.790770	1	3.846154	0.66
	0,82-0,86	148501	4.859132	1	3.846154	0.79
	0,87-0,92	133413	4.365434	2	7.692308	1.76
	0,93-1,01	123021	4.025396	1	3.846154	0.96
1,02-3,99	115670	3.784862	1	3.846154	1.02	
As (ppm)	< 1	105308	3.445805	4	15.384615	4.46
	1	337925	11.057314	4	15.384615	1.39
	2	414991	13.579006	4	15.384615	1.13
	3	471961	15.443133	3	11.538462	0.75
	4	455784	14.913803	5	19.230769	1.29
	5	331721	10.854311	3	11.538462	1.06
	6	297013	9.718624	1	3.846154	0.40
	7-8	334675	10.950970	1	3.846154	0.35
	9-11	185023	6.054176	1	3.846154	0.64
12-238	121721	3.982858	0	0.000000	0.00	
Cu (ppm)	1-8	346079	11.324123	0	0.000000	0.00
	9-12	328555	10.750716	0	0.000000	0.00
	13-15	378345	12.379905	2	7.692308	0.62
	16-18	360146	11.784412	2	7.692308	0.65
	19-21	312212	10.215953	1	3.846154	0.38
	22-24	345969	11.320523	2	7.692308	0.68
	25-29	264911	8.668208	1	3.846154	0.44
	30-36	243235	7.958943	4	15.384615	1.93
	37-48	241736	7.909894	4	15.384615	1.94
49-278	234934	7.687324	10	38.461538	5.00	
Fe (%)	0-1	166102	5.435058	0	0.000000	0.00
	2	338898	11.089152	0	0.000000	0.00
	3	729851	23.881606	4	15.384615	0.64
	4	640988	20.973901	1	3.846154	0.18
	5	306029	10.013638	4	15.384615	1.54
	6	219129	7.170165	2	7.692308	1.07
	7	198803	6.505074	4	15.384615	2.37
	8	180812	5.916387	4	15.384615	2.60
	9-10	153316	5.016685	7	26.923077	5.37
11-79	122194	3.998335	0	0.000000	0.00	

**Tabel 1.
(Lanjutan)**

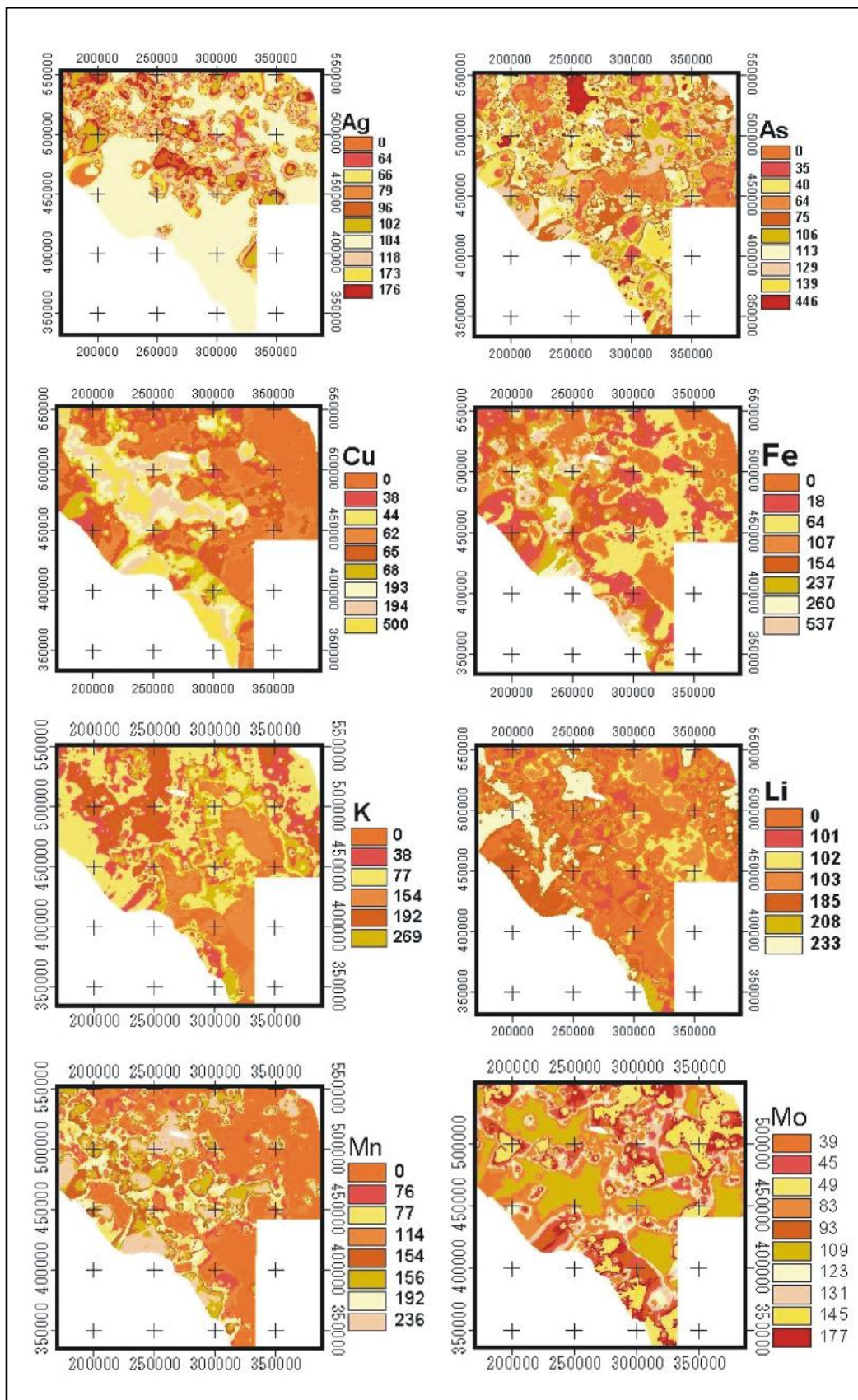
Faktor	Kelas	Jumlah piksel	% Area	Mineral	% Mineral	Rasio Frekuensi
K (ppm)	89-8150	305654	10.001368	5	19.230769	1.92
	8151-9843	305652	10.001302	1	3.846154	0.38
	9844-11189	305661	10.001597	2	7.692308	0.77
	11190-12606	305880	10.008763	2	7.692308	0.77
	12607-14336	305639	10.000877	2	7.692308	0.77
	14337-16570	305532	9.997376	1	3.846154	0.38
	16571-18752	305557	9.998194	7	26.923077	2.69
	18753-21587	305592	9.999339	2	7.692308	0.77
	21588-24421	305563	9.998390	0	0.000000	0.00
	24422-49655	305392	9.992795	4	15.384615	1.54
Li (ppm)	0-16	352670	11.539788	7	26.923077	2.33
	17-19	444940	14.558974	7	26.923077	1.85
	20-22	340747	11.149653	0	0.000000	0.00
	23-26	282773	9.252674	5	19.230769	2.08
	27-29	350208	11.459228	3	11.538462	1.01
	30-33	300246	9.824411	0	0.000000	0.00
	34-36	259546	8.492658	0	0.000000	0.00
	37-40	266283	8.713101	0	0.000000	0.00
	41-46	231416	7.572211	2	7.692308	1.02
	47-127	227293	7.437301	2	7.692308	1.03
Mn (ppm)	1-314	306371	10.024829	0	0.000000	0.00
	315-395	305531	9.997343	0	0.000000	0.00
	396-456	307564	10.063865	0	0.000000	0.00
	457-514	310257	10.151983	3	11.538462	1.14
	515-563	311134	10.180680	2	7.692308	0.76
	564-618	304689	9.969792	2	7.692308	0.77
	619-688	305469	9.995314	5	19.230769	1.92
	689-771	304343	9.958470	4	15.384615	1.54
	772-926	301925	9.879350	4	15.384615	1.56
	927-19843	298839	9.778373	6	23.076923	2.36
Mo (ppm)	0.30	647213	21.177590	6	23.076923	1.09
	0,31-0,35	301902	9.878598	1	3.846154	0.39
	0,36-0,42	283580	9.279080	2	7.692308	0.83
	0,44-0,50	285759	9.350379	3	11.538462	1.23
	0,51-0,60	269556	8.820198	3	11.538462	1.31
	0,61-0,75	263002	8.605743	1	3.846154	0.45
	0,76-0,91	253740	8.302679	2	7.692308	0.93
	0,92-1,08	265295	8.680773	4	15.384615	1.77
	1,09-1,33	243842	7.978805	3	11.538462	1.45
	1,34-13,91	242233	7.926156	1	3.846154	0.49

Tabel 1.
(Lanjutan)

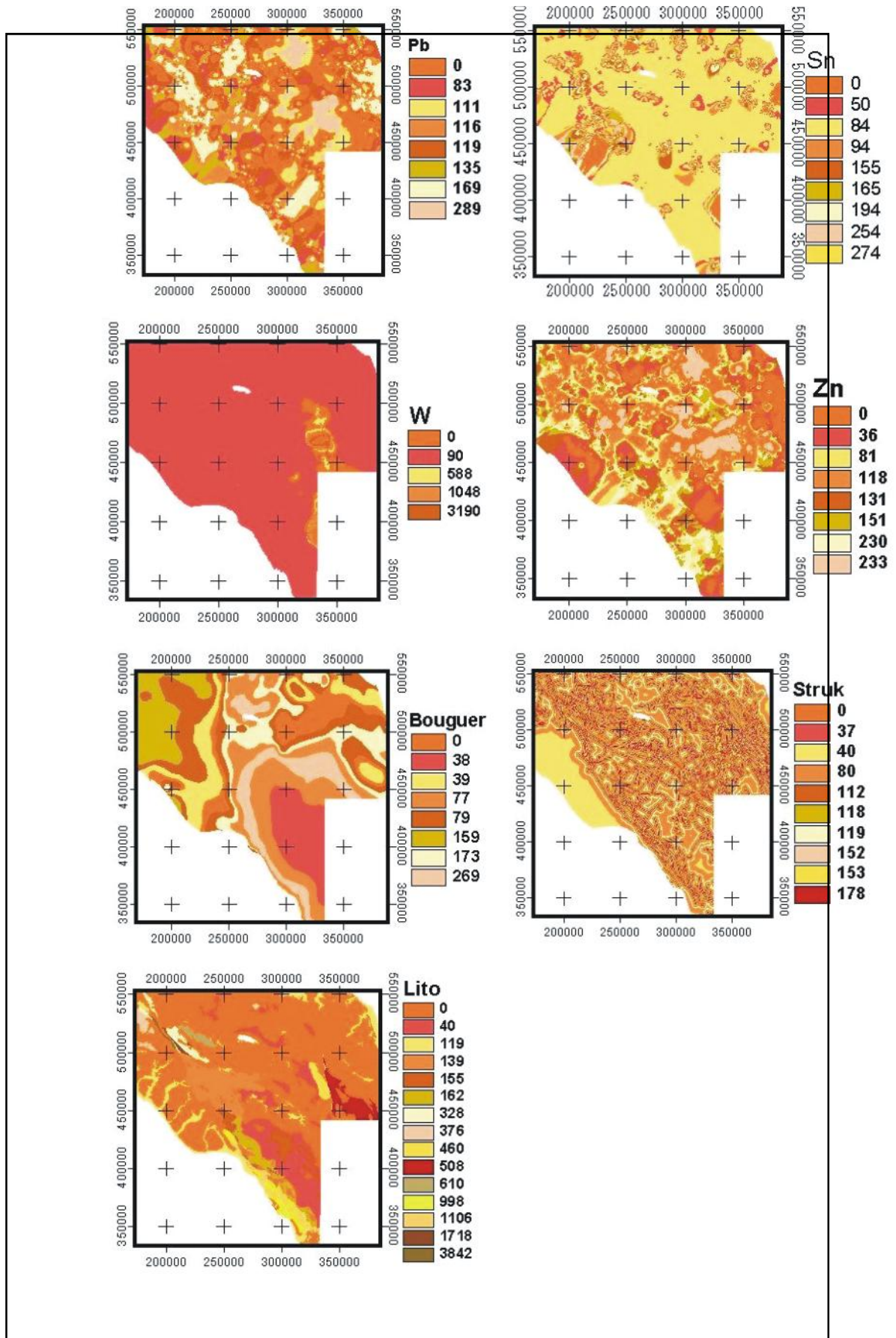
Faktor	Kelas	Jumlah piksel	% Area	Mineral	% Mineral	Rasio Frekuensi
Pb (ppm)	3-13	416206	13.618763	6	23.076923	1.69
	14-16	302949	9.912857	3	11.538462	1.16
	17-18	347951	11.385377	4	15.384615	1.35
	19-20	422631	13.828996	3	11.538462	0.83
	21-22	393693	12.882110	4	15.384615	1.19
	23-25	243270	7.960088	0	0.000000	0.00
	26-28	295579	9.671702	0	0.000000	0.00
	29-32	258368	8.454113	0	0.000000	0.00
	33-39	212723	6.960553	2	7.692308	1.11
	40-1422	162752	5.325442	4	15.384615	2.89
Sn (ppm)	7	2105977	68.910109	15	57.692308	0.84
	8	235397	7.702474	1	3.846154	0.50
	9	171504	5.611818	4	15.384615	2.74
	10	125692	4.112794	1	3.846154	0.94
	11	92483	3.026155	2	7.692308	2.54
	12-13	71220	2.330404	1	3.846154	1.65
	14-16	75853	2.482002	1	3.846154	1.55
	17-21	60713	1.986603	1	3.846154	1.94
	22-27	61920	2.026097	0	0.000000	0.00
	28-497	55363	1.811544	0	0.000000	0.00
W (ppm)	0	1508	0.049344	0	0.000000	0.00
	1	2885317	94.411054	22	84.615385	0.90
	2	99217	3.246500	0	0.000000	0.00
	3	19992	0.654162	1	3.846154	5.88
	4	9728	0.318312	0	0.000000	0.00
	5	11212	0.366870	1	3.846154	10.48
	6-7	7867	0.257418	0	0.000000	0.00
	8-9	7246	0.237098	0	0.000000	0.00
	10-11	7369	0.241123	2	7.692308	31.90
	12-99	6666	0.218120	0	0.000000	0.00
Zn (ppm)	10-54	310927	10.173907	0	0.000000	0.00
	55-64	325041	10.635734	1	3.846154	0.36
	65-69	359861	11.775086	4	15.384615	1.31
	70-73	310405	10.156826	4	15.384615	1.51
	74-78	357211	11.688375	7	26.923077	2.30
	79-83	291095	9.524980	2	7.692308	0.81
	84-90	298817	9.777653	3	11.538462	1.18
	91-99	291426	9.535810	0	0.000000	0.00
	100-114	259210	8.481664	0	0.000000	0.00
	115-716	252129	8.249965	5	19.230769	2.33

Tabel 1.
(Lanjutan)

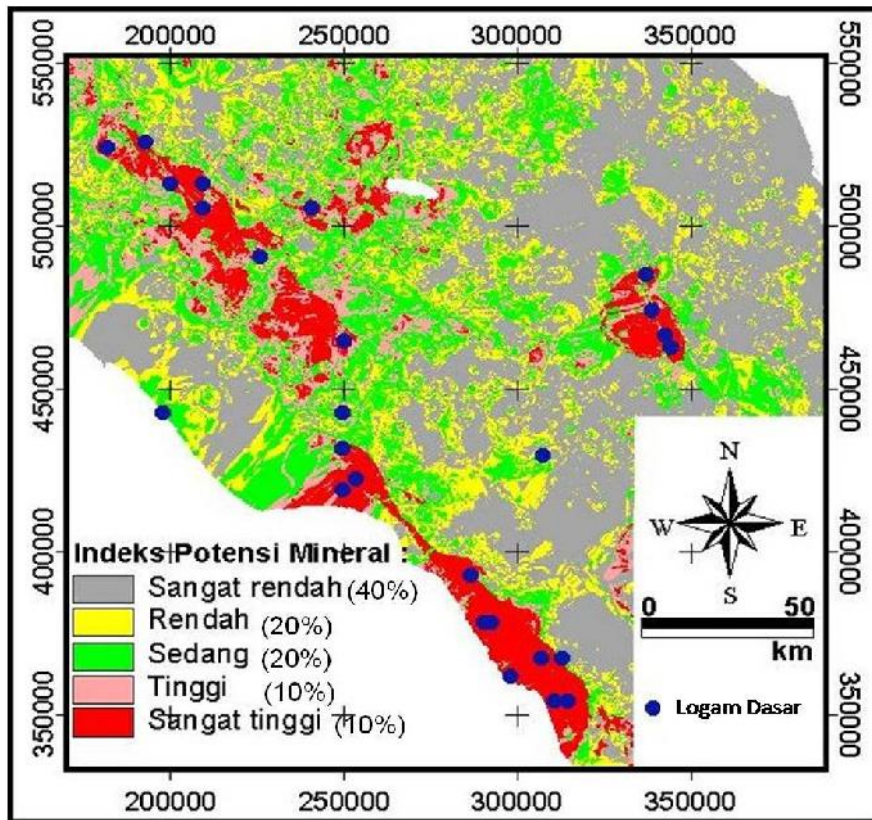
Faktor	Kelas	Jumlah piksel	% Area	Mineral	% Mineral	Rasio Frekuensi
Jarak	0-141	306339	10,023782	4	15,384615	1,53
Struktur (m)	200-360	314127	10,278615	3	11,538462	1,12
	400-608	329304	10,775224	5	19,230769	1,78
	632-894	315577	10,326060	1	3,846154	0,37
	900-1236	308712	10,101429	4	15,384615	1,52
	1252-1697	299386	9,796271	3	11,538462	1,18
	1700-2308	297029	9,719147	0	0,000000	0,00
	2319-3400	296098	9,688684	3	11,538462	1,19
	3401-6774	294855	9,648011	2	7,692308	0,80
	6777-40206	294695	9,642776	1	3,846154	0,40
Anomali Bouguer μms^{-2}	-999 - -753	306252	10,020427	1	3,846154	0,38
	-752 - -510	305904	10,009040	2	7,692308	0,77
	-509 - -360	306349	10,023601	7	26,923077	2,69
	-359 - -251	306486	10,028083	2	7,692308	0,77
	-250 - -200	339315	11,102233	5	19,230769	1,73
	-199 - -142	299372	9,795316	2	7,692308	0,79
	-141 - -95	300073	9,818253	0	0,000000	0,00
	-94 - -8	299069	9,785402	1	3,846154	0,39
	-7 - -79	297136	9,722155	2	7,692308	0,79
80 - 389	296321	9,695489	4	15,384615	1,59	
Litologi	Tll	76046	2,488367	1	3,846154	1,55
	Qh	198195	6,485309	2	7,692308	1,19
	Puk	295441	9,667379	1	3,846154	0,40
	Mug	35848	1,173013	1	3,846154	3,28
	Muw	168966	5,528882	2	7,692308	1,39
	Tmk	31281	1,023573	1	3,846154	3,76
	Mugr	6843	0,223916	1	3,846154	17,18
	Tmm	6398	0,209354	1	3,846154	18,37
	Mult	35317	1,155638	3	11,538462	9,98
	Muvt	53143	1,738938	5	19,230769	11,06
	Pukm	72410	2,369390	1	3,846154	1,62
	Pub	69418	2,271486	3	11,538462	5,08
	MPisj	25570	0,836698	1	3,846154	4,60
	Tlk	19270	0,630550	1	3,846154	6,10
	Tmps	6119	0,200225	2	7,692308	38,42



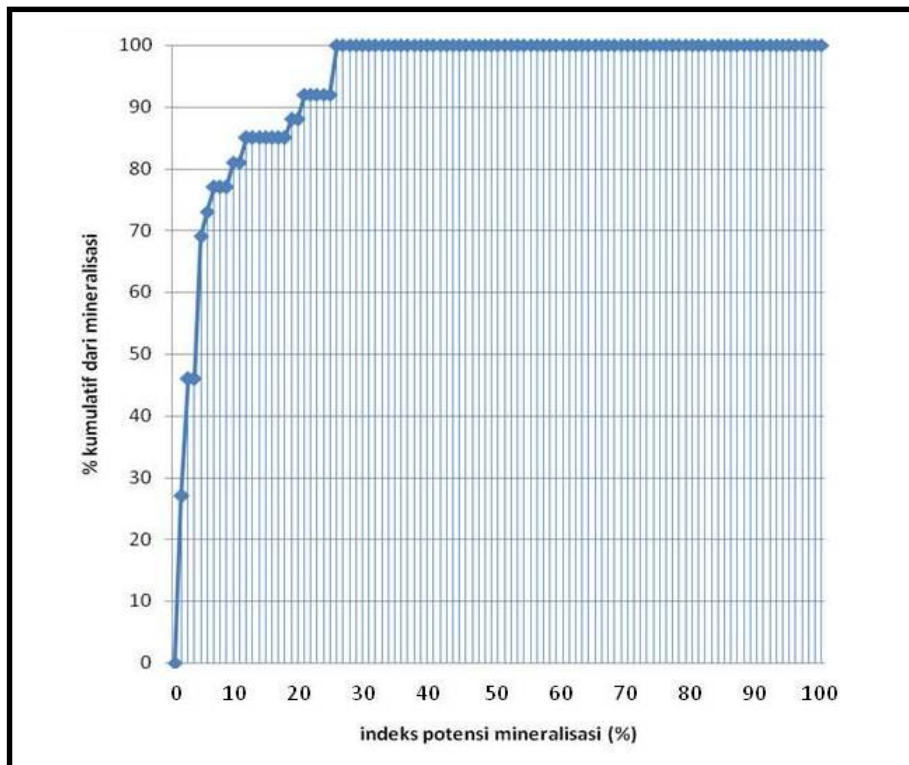
Gambar 7a. Rasio frekuensi unsur Ag, As, Cu, Fe, K, Li, Mn dan Mo daerah Takengon.



Gambar 7b. Rasio frekuensi unsur Pb, Sn, W, Zn serta faktor geologi dan geofisika daerah Takengon



Gambar 8. Peta indeks potensi mineral logam dasar daerah Takengon



Gambar 9. Grafik verifikasi

Kesimpulan dan Saran

Sistem informasi geografis merupakan cara yang efisien didalam mengelola data spasial dan digabungkan dengan model probabilitas memberikan kemudahan didalam melakukan analisis, integrasi dan evaluasi. Pemodelan dilakukan dengan membandingkan sebaran nilai masing-masing faktor dengan lokasi mineral yang sudah diketahui untuk mendapatkan rasio frekuensi.

Hasil pemodelan menunjukkan akurasi 94,85 % dimana lokasi mineralisasi yang ada tersebar pada daerah dengan indeks sangat tinggi sampai sedang. Peta indeks potensi mineral ini merupakan petunjuk untuk melakukan

penyelidikan lebih lanjut di lapangan mulai dari daerah dengan indeks sangat tinggi yang belum diketemukan adanya mineral.

Ucapan Terima kasih

Atas selesainya penulisan makalah ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Pusat Sumber daya Geologi, Kepala Bidang Program dan Kerjasama serta Koordinator KPP Mineral atas kemudahan yang diberikan didalam mendapatkan data yang diperlukan.

Terima kasih disampaikan kepada Ir. Prima Muharam, Kepala Bidang Informasi yang bersedia membahas makalah ini sehingga bisa diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonham-Carter GF, 1994, Geographic information system for geoscientist, modelling with GIS. Pergamon, Oxford.
- Cameron NR, Djunuddin A, Ghazali S.A, Harahap H, Keats W, Kartawa W, Miswar, Ngabito H., Rock, NMS, Whandoyo R., 1981, Peta Geologi Lembar Langsa, Sumatera, PPPG, Bandung.
- Cameron NR, Bennett JD, Mc C. Bridge D, Djunuddin A, Ghazali SA, Harahap H, Jeffrery DH, Kartawa W, Keats W, Rocks NMS, Whandoyo R., 1982, Peta Geologi Lembar Langsa, Sumatera, PPPG, Bandung.
- Cameron NR, Bennett JD, Mc C. Bridge D, Djunuddin A, Ghazali SA, Harahap H, Jeffrery DH, Kartawa W, Keats W, Rocks NMS, Whandoyo R, Ngabito H, Thompson SJ., 1983, Peta Geologi Lembar Langsa, Sumatera, PPPG, Bandung.
- Ghazali S.A dan Hariwidjaya, 1977, Pemetaan Geokimia Bersistem Sumatera Bagian utara, lembar Takengon, DSDM-BGS, Bandung.
- Indragiri NM dan Setiadi I, 2007, Peta anomali bouguer lembar Calang, Sumatera, Pusat Survey Geologi, Bandung.
- Kuzvart M & Bohmer M, 1986, Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, Elsevier, Amsterdam-Oxford-Newyork-Tokyo.
- Lee, S and Oh, H.J., 2008. Regional probabilistic and statistical potential mapping of gold-silver deposits in the Gangreung area, Korea, using GIS.
- Mirnanda E dan Hayat DZ, 2007, Peta anomali bouguer lembar Takengon, Sumatera, Pusat Survey Geologi, Bandung.
- Nasution J dan Indragiri NM, 2007, Peta anomali bouguer lembar Tapaktuan, Sumatera, Pusat Survey Geologi, Bandung.
- Rose AW, Hawkes HE, Webb JS, 1979, Geochemistry in Mineral Exploration, EdisiKedua, Academic Press, London-New York-Toronto-Sydney-San Francisco.
- Setiadi I dan Mirnanda E, 2007, Peta anomali bouguer lembar Langsa, Sumatera, Pusat Survey Geologi, Bandung.
- Sinclair WD, 2005, Porphyry Deposits, Geological Survey of Canada.
- Syarief N, Tasno DP, Manurung A, Widijono BS, 2000, Peta anomali bouguer lembar Medan, Sumatera, PPPG, Bandung.

POTENSI LOGAM TANAH JARANG DI INDONESIA

Oleh:

Endang Suwargi, Bambang Pardiarto, Teuku Ishlah

Pusat Sumberdaya Geologi
Jln. Soekarno Hatta no 444 Bandung

SARI

Beberapa unsur Logam Tanah Jarang (LTJ) keterdapatannya pada kerak bumi (secara rata-rata) ternyata lebih tinggi dari unsur-unsur yang selama ini kita kenal seperti Au, Mo, As dan Be namun LTJ jarang terakumulasi dalam jumlah yang cukup ekonomis untuk ditambang.

Keterdapatannya LTJ umumnya berasosiasi dengan batuan asam yang alkalis yang lazim berada di lingkungan geologi kontinen. Indonesia yang terletak di lingkungan geologi yang berbeda hanya menghasilkan LTJ sebagai produk sampingan dari penambangan timah.

Salahsatu LTJ di Indonesia adalah Serium yang diketemukan di Kecamatan Parmonangan, Kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumatera Utara menunjukkan sumber daya tereka 2.546 ton (17.481 boot bijih) dan kadar 145,8 gram/ton.

Kata kunci : logam tanah jarang, ekonomis, serium

ABSTRACT

Actually, the quantity of some Rare Earth Elements (REEs) in the earth's crust is larger than popular elements that have been know such as gold (Au), molybdenum (Mo) and arsenic (As), however the REEs are rarely accumulated, therefore it is not economic to be mined.

The occurrence of REEs mostly have association with the acid alkaline rocks that can be found continental environment. Though, REEs in Indonesia, that have different geological environment, can be found as by product in tin mining.

One of the REEs that can be found in Indonesia is Cerium (Ce), its located in Parmonangan District, Humbang Hasundutan Regency, North Sumatra Province. The resources is 2,546 tons metal, (17,481,600 tons ore) with grade 145,8 grams/ton.

Key words : rare earth elements, economics, Cerium

PENDAHULUAN

Logam tanah jarang, sesuai namanya merupakan unsur yang sangat langka keterdapatannya yang ditemukan dalam bentuk senyawa kompleks fosfat dan karbonat. Berdasarkan hasil penelitian, di Indonesia mineral-mineral yang mengandung unsur tanah jarang terdapat sebagai mineral ikutan dari kegiatan penambangan emas aluvial dan timah aluvial yang mempunyai peluang untuk diusahakan sebagai produk sampingan yang dapat memberikan nilai tambah sehingga dapat diperkecil bahan galian tertinggal dan bahan galian terbuang dalam suatu kegiatan penambangan. Potensi endapan emas aluvial di Indonesia secara relatif melimpah yang tersebar

di kepulauan Indonesia. Sedangkan pada Jalur Timah Asia Tenggara yang mengandung sebagian besar sumber daya dan cadangan timah dunia melewati wilayah Indonesia mulai dari Kepulauan Karimun, Singkep sampai Bangka dan Belitung merupakan potensi strategis yang dapat memberikan kontribusi besar pada pemenuhan kebutuhan bahan galian logam tanah jarang di dalam negeri pada masa yang akan datang.

Karakteristik

Logam Tanah Jarang (LTJ) terdiri atas Lantanida (Nomor Atom 57 sampai 71) yaitu : La (Lantanum), Ce (Serium), Pr (Praseotimium),

Nd (Neotimium), Pm (Prometium), Sm (samarium), Eu (europium), Gd (gadolinium), Tb (terbium), Dy (Disprosium), Ho (holmium), Er (erbio), Tm (Tulium), Yb (Iterbium), dan Lu (Lutesium). Kalangan industri (pertambangan) juga mengelompokkan Y (Itrium) dan Sc (Skantium) yang masing-masing mempunyai

Nomor Atom 39 dan 21, sehingga keseluruhannya berjumlah 17 unsur. Y (Itrium) dan Sc (Skantium) dikelompokkan kedalam LTJ karena unsur-unsur tersebut sering terdapat bersama-sama dengan Lantanida (Tabel 1).

Keberadaan LTJ di alam, selalu merupakan substitusi dalam unsur-unsur lain. Sampai kini,

Tabel 1.
Susunan Berkala Unsur-Unsur

The image shows a standard periodic table of elements. The elements Scandium (Sc) and Yttrium (Y) are circled in red. The Lanthanide series (La to Lu) and Actinide series (Ac to Lr) are highlighted in pink at the bottom of the table.

Tabel 2.
Kandungan rata-rata beberapa unsur dalam tiap bagian bumi, dalam ppm (Lehman, 1991)

Unsur	C1 chondrite	Bulk Earth	Primitive Mantle	Bulk Crust	Upper Crust
Li	1,5	1,85	0,83	13	20
Be	0,025	0,045	0,06	1,5	3
As	1,9	3,2	0,1	1	1,5
Mo	0,928	2,35	0,06	1	1,5
La	0,235	0,379	0,551	16	30
Ce	0,603	1,010	1,436	33	64
Pr	0,089	0,129	0,206	3,9	7,1
Nd	0,452	0,69	1,067	16	26
Sm	0,147	0,208	0,347	3,5	4,5
Eu	0,056	0,079	0,131	1,1	0,88
Yb	0,163	0,229	0,372	2,2	2,2
Lu	0,024	0,039	0,057	0,3	0,32
Hf	0,104	0,230	0,27	3	5,8
Ta	0,014	0,023	0,04	1	2,2
W	0,093	0,180	0,016	1	2
Ir	0,481	0,840	0,003	0,001	0,00002
Pt	0,99	1,67	0,009	0,005	0,0001
Au	0,14	0,257	0,001	0,003	0,002
Hg	0,258	0,008			0,08
Pb	2,47		0,120	8	20
Th	0,029	0,051	0,064	3,5	10,7
U	0,008	0,014	0,018	0,91	2,8

tidak semua LTJ dapat dianalisis (kimia) dan ada satu unsur, Pm (Prometium), praktis tidak terdapat di alam karena selalu meluruh (*decay*) dengan paruh waktu yang sangat pendek. Oleh karena itu biasanya yang dianalisis hanya delapan unsur yaitu La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb dan Lu.

Meskipun unsur-unsur tersebut disebut unsur tanah jarang akan tetapi keterdapatannya pada kerak bumi (secara rata-rata) tidaklah kecil. Beberapa unsur, seperti La, Ce, dan Nd, misalnya, kandungannya pada kerak bumi (**Lehman 1991**) secara rata-rata lebih besar dari Au, Mo, W, As dan Be (Tabel 2). Diantara kelompok LTJ sendiri, unsur-unsur Ce, Nd, La dan Y paling besar kandungannya pada kerak bumi. Akan tetapi kelompok unsur ini jarang terakumulasi dalam jumlah yang ekonomis untuk ditambang. Umumnya unsur-unsur ini ditambang sebagai produk sampingan (*by product*) dari penambangan dan/atau pengolahan unsur lain.

LTJ di alam, selalu berpasangan/bersama-sama terdapat dalam satu mineral, baik berupa kelompok maupun sub-kelompok. Contohnya, ortit, terutama mengandung unsur-unsur yang mempunyai Nomor Atom rendah, mulai dari La sampai Nd; gadolinit didominasi oleh unsur yang Nomor Atomnya besar.

Berdasarkan sifat-sifat kimia kristalnya yakni perbedaannya terletak pada jari-jari ion. Kelompok Serium dengan jari-jari ionnya bervariasi antara 1,1 hingga 1,2 Å, sedangkan Kelompok Itrium berjari-jari ion sedikit lebih pendek yaitu 1,0 Å, maka Berzelius membagi unsur logam tanah jarang menjadi dua kelompok, yaitu kelompok *Cerium Earth* (unsur La sampai Sm), dan kelompok *Yttrium Earth* (unsur Gd sampai Lu, ditambah Y dan Sc. Europium, agak berlainan karena unsur ini mempunyai valensi dua; sedang yang lainnya bervalensi tiga, kecuali Ce, Pr dan Tb yang mempunyai valensi empat. Kelompok *Yttrium Earth* terdiri dari tiga sub-kelompok yaitu : *Terbium Earth*, Gd, Tb; *Erbium Earth*, Dy, Ho, Er, Tm; dan *Ytterbium Earth*, Yb dan Lu.

LTJ juga dikelompokkan berdasarkan pada Nomor Atom dan berat massa atom, yaitu : pertama LTJ ringan (unsur La sampai Sm), kedua LTJ menengah (unsur Pm sampai Ho) , dan ketiga LTJ berat (unsur Gd sampai Lu).

MINERAL-MINERAL LTJ

Mineral-mineral yang paling umum sebagai mineral logam tanah jarang terdiri dari basnasit, monasit dan xenotim. Secara keseluruhan ada lebih dari 200 mineral logam tanah jarang di alam yang dapat dikelompokkan sebanyak 5 kelompok yakni :

I. Kelompok Flourida yang terdiri :

1. *Tisonite* atau *ceriflouride* ($Ce F_3$) dan

variasi *hydrous mineral* ini yakni *floucerite* atau *Ce oxyflouride* [$Ce(OH)F_2$],

2. *Yttriflouride* ($CaF_2 YF_3$),
3. *Rare earth floucarbonates*, seperti *bastnaesite* $(Ce,La) CO_3 (F,OH)$ atau $(Y,Ce)(CO_3)F$ yang kandungan utamanya *cerium earth* dan *parisite* $(Ce,La)_2 CaF_2 (CO_3)_3$.
4. Apatit $(Ca,Ce)_5 [(P,Si)_4 O_{13} (O,F)]$,
5. *Pyrochlore* $(Na,Ca,Ce)_2 Nb_2 O_6 F$.

Mineral-mineral yang tidak ekonomis dari kelompok *flouride* terdiri dari *tisonite*, *Yttriflouride*, dan *rare earth floucarbonate*.

II. Kelompok Karbonat;

1. *Lanthanite*, $Ce_2(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$,
2. *Ancylite*, $Sr,Ce(CO_3)_2 (OH) \cdot H_2O$, *cerium earth* yang banyak mengandung strontium.

III. Kelompok Fosfat;

1. *Monasit*, $Ce PO_4$ atau $(Ce,La,Nd,Th)(PO_4, SiO_4)$ atau $(La,Ce,Nd)PO_4$.
2. *Xenotim*, $Y PO_4$ (*yttrium orthophosphate*).

IV. Kelompok Silikat; terdiri dari ;

1. *Cerite*, rumus umum kimianya $Ce_4 (SiO_4)_3 + \text{air}$ atau lengkapnya $(Ce,Ca)_9 (Mg,Fe)Si_7 (O,OH,F)_{28}$. Di dalam Ce terkandung juga La, Pr dan Nd. *Cerite* adalah mineral mengandung *cerium earth* yang pertama kali ditemukan.
2. *Orthite (allanite)*, $(Ce,Ca,Y) (Al,Fe)_3 (SiO_4)_3 (OH)$; termasuk kedalam grup epidot, banyak terdapat pada batuan beku asam sebagai mineral asesoris. Monasit dan Ortit karena merupakan mineral Ce yang berlainan kelompok (fosfat dan silikat), tidak dapat ditemukan bersama-sama. Ortit jarang mengandung Th oleh karena itu radioaktifitasnya lebih lemah dibandingkan dengan monasit.
3. *Gadolinite*, $Fe (Y)_2 Be_2 (Si_2 O_{10})$ atau $Be_2 Fe Y Si_2 O_{10}$, mineral *yttrium earth* klasik. *rare earth* pertama kali ditemukan dalam *gadolinite* di Swedia. *Gadolinite* mineral yang sangat jarang, dan terkonsentrasi hanya di beberapa tempat, yang mengandung unsur dari kelompok Itrium saja, termasuk Y, tidak ada unsur yang Nomor Atomnya lebih rendah dari 64 (Gd).
4. *Brannerite*, $(U,Ca,F,Y,Th)_3 (Ti,Si)_5 O_6$ atau $(U,Ca,Ce)(Ti,Fe)_2 O_6$,
5. Zirkon, $(Zr,Th,Y,Ce) SiO_4$.

Dari kelompok silikat, mineral logam tanah jarang yang paling berharga terdiri dari *Serite* dan Ortit.

V. Kelompok Mineral *rare earth* lainnya yang cukup penting adalah :

1. *Euxinite*, (Y,Ca,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti)2O6 dan
2. *Fergusonite*, (Y,Ce,U,Th,Ca)(Nb,Ta,Ti)

O₄.Mineral terpenting yang mengandung skandium (Sc) adalah *thortveitite* (Sc,Y)2Si2O7, dimana kandungan Sc2O3 berkisar antara 30 - 40 % dan juga mengandung Itrium earth sekitar 4 - 10 %.

KETERDAPATAN LTJ

Sekitar 65 % produk dan bijih LTJ berasal dari cebakan yang sangat besar dan kadarnya tinggi pada batuan karbonatit pembawa LTJ di Baiyun Obo, Cina dan Mountain Pass, Amerika Serikat. Sisanya berasal dari produk sampingan (*by product*) pada penambangan cebakan aluvial. LTJ juga dihasilkan dari cebakan-cebakan residu pelapukan, konglomerat yang mengandung uranium dan sienit nefelin.

Cebakan *rare earth* (*yttrium*) yang potensial pada batuan alkalin dan granit alkalin ditemukan di Kanada, Amerika Serikat, Turki dan Australia. Sedangkan di daerah Long Nan, Cina bagian selatan, ditemukan endapan *rare earth* pada residu pelapukan (tipe absorpsi-ion) batuan

granit berumur Kapur. Di Semenanjung Kola (dulu termasuk Uni Soviet, kini mungkin masuk Rusia), sekitar 1.000-2.000 ton logam tanah jarang oksida pertahun dihasilkan dari pabrik pengolahan apatit untuk pupuk asam fosforik. Pada sienit nefelin di Khibiny, mineral *fluapatite* (5 - 15 %) mengandung mengandung beberapa persen LTJ.

Berdasarkan data di atas secara umum, logam tanah jarang terdapat pada :

1. Batuan Karbonatit, hingga kini merupakan penghasil terbesar LTJ, contohnya : Mountain Pass, Amerika Serikat.
2. Endapan rombakan terutama yang berasal dari batuan karbonatit, granit alkalin, batuan alkalin lainnya, dan batuan lain yang mengandung mineral LTJ yang merupakan produk mineral ikutan dari komoditi lain yang ditemukan di Australia, Brasil, pantai timur Afrika, dan areal penambangan timah rombakan di Bangka, Belitung dan Singkep.
3. Batuan granit alkali dan batuan alkalin lainnya seperti nefelin sienit, contohnya: Australia dan Turki;
4. Hasil sampingan dari pengolahan suatu komoditi, contohnya : pada

Tabel 3.
Penggunaan *rare earth* (M. O'Driscoll, 1988)

PRODUK	MATERIAL	ADITIF RARE EARTH	KEGUNAAN
- Pewarna/pencahayaan/radiasi elektromagnetik/laser			
Gelas berwarna	Gelas	Nd ₂ O ₃ dan oksida Er, Pr	Filter televisi dll.
Kontrol radiasi	Gelas	Ce	Pelindung radiasi pada bagian depan tabung sinar katoda
Keramik berwarna	Zirkon	Ce dan Y	Menggelapkan bejana
Cahaya berwarna	Campuran Mg-Al	Eu, Y, Tb	Lampu berwarna
Tabung sinar katoda berwarna	Mg dan Ca	Tb, Y, Ga, Eu	Televisi dan monitor komputer
Laser	Gelas	Nd, Sm	Elektronik, audio-visual
Kristal gelombang mikro	1/2 Fe ₃ O ₁₂	La	Pengolah gelombang mikro
Lensa	Zr-B-O	La	Kamera
- Katalis			
Katalis pengurai	Si-Al-Y zeolit	CeO ₂ , La ₂ O ₃ , Nd ₂ O ₃ , Pr ₄ O ₁₁	Pengolahan minyak
Katalis oksidasi		Ca ₂ O ₃	Pereaksi kimia

PRODUK	MATERIAL	ADITIF RARE EARTH	KEGUNAAN
- Keramik			
Ubin, genteng	Zirkon	Pr ₄ O ₁₁ , CeO ₂	Bahan pelapis
Keramik elektronik	Barium-titariat	La, Ce, Pr, Nd	Kapasitor
Stabilished zirkonia	Zirkonia	Y ₂ O ₃	Perhiasan sintetik, pisau, gunting
Sensor oksigen	Partially stabilished zirkonia	Y ₂ O ₃	Sensor pembuangan gas pada mesin automotif
Lapisan pelindung	Fe-Cr-Al-ZrO ₂	Y ₂ O ₃	Mesin tahan panas
- Elektrik dan Magnet			
Resistor	LaB ₆		Elektrik
Penahan panas (thermistor)	BaTiO ₃	La, Y	Elektrik dengann suhu tinggi
Kristal superionik konduktor	ZrO ₂ , CeO ₂	Y ₂ O ₃ , Pr, Gd	Elektrolit pada batere suhu tinggi
Penyimpan informasi	Gd ₃ Ga ₅ O ₁₂	La	Komunikasi
PENGGUNAAN YANG BARU			
- Elektronik dan komunikasi			
Magnetic bubble storage	Garnet	Rare earth, Ga	Memori elektronik
Penyimpanan optik	Alkaline flouride organic	Rare earth	Komputer
Headphones	Fe	Rare earth	Audio-video VTR
- Elektronik			
Magnet permanen	Fe	Nd, Sm, rare earth	Pemakaian komputer automobil, pintu
Magnet untuk motor	Fe	Nd, Pr, rare earth	Automotive brushless motor, Microstepping motor, Motor putaran tinggi untuk robot
Magnet plastik	Plastik	Rare earth	Headphone pada VTR, pemutar kaset dll.
	Polubutylene teraphthalate	Sm	Precision instruments
- Energi panas			
Fuel cell	Ni, Fe	Rare earth	Tenaga listrik
Pengatur suhu (AC)	Fe-Ti	Rare earth	Transfer energi
- Keramik			
Pelapis logam	Zirconia	Rare earth	Serba guna
Keramik komponen listrik		Rare earth	Industri elektronik
Katalis	Alumunium	La, Nd	Katalis polimerisasi
- Organo-metallics			
Cat	Getah organik	Ce	Tambahan pada cat (pengganti timah hitam)
Bahan bakar	Minyak organik	Ce	Pencegah korosi / karat dan meningkatkan pembakaran
- Lain-lain			
Obat radio-nuklir	Fe(OR)	Dy-165	Pengobatan arthritis pada lutut
Bahan tahan korosi / karat	Logam atau keramik	Y	Alat-alat mesin, alat kedokteran

- pengolahan apatit untuk pupuk di Rusia;
- Residu pelapukan batuan granitik (tipe absorpsi-ion), berupa kaolin hasil pelapukan (bukan kaolinisasi akibat proses hidrotermal), contohnya : Long Nan, Cina.

PENGUNAAN LTJ

LTJ dipakai di dunia perindustrian sejak tahun 1880 ketika Welbach menggunakannya untuk pelapis pada lampu gas pijar. Penggunaan *rare earth* saat ini sangat beragam, umumnya untuk industri-industri yang menggunakan teknologi tinggi (Tabel 3).

CADANGAN, PRODUKSI DAN KONSUMSI

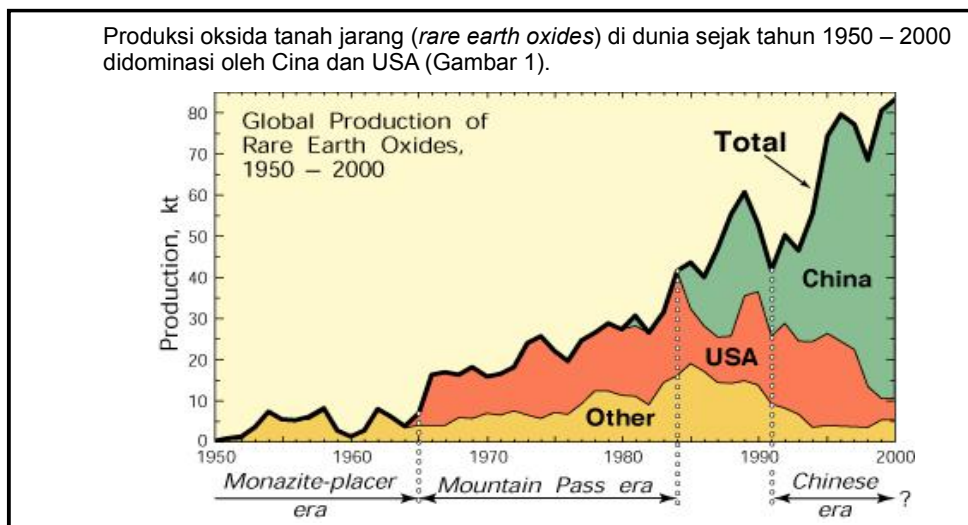
Sampai saat ini cadangan dunia yang diketahui sekitar 40 juta ton dengan cadangan

terbesar berada di Cina (sekitar 75 %) dan menurut jenis unsur, *rare earth* ringan paling banyak. (Tabel 4).

Produksi *rare earth* dunia saat ini sekitar 80.000 ton REO, dengan produk utama *bastnaesit* dan monasit. Terlihat bahwa produksi sebanding dengan cadangan, artinya *rare earth* ringan yang mempunyai cadangan banyak juga diproduksi paling banyak. Akibatnya ada ketidakseimbangan produksi, disatu pihak *rare earth* ringan banyak diproduksi sementara *rare earth* menengah produksinya kecil. Demikian juga cadangannya, bisa dikatakan cadangan *rare earth* ringan sudah mencukupi untuk beberapa puluh tahun mendatang. Akan tetapi untuk *rare earth* menengah dan berat, cadangan maupun produksinya masih kecil. Tidak ada data statistik yang dapat menggambarkan kebutuhan *rare earth* dunia. Konsumsi *rare earth* untuk katalis pada pengolahan minyak bumi di Amerika Serikat turun secara mencolok ($\pm 25\%$) karena ada

Tabel 4.
Cadangan dan distribusi *rare earth* (M. O'Driscoll, 1988)

NEGARA	KUANTITAS (ton REO)	DISTRIBUSI (%)
Amerika Serikat	6.470.911	13,59
Australia	753.923	1,58
India	1.939.241	4,07
Afrika Selatan	986.820	2,07
Cina	36.000.000	75,61
Negara pasaran bersama	962.984	2,07
Negara-negara lainnya	500.000	1,05
Jumlah	47.613.879	



Gambar 1 Produksi oksida tanah jarang (*rare earth oxides*) di dunia sejak tahun 1950 – 2000 (wikipedia.org).

gerakan anti polusi sejak 1985. Penurunan permintaan pasar ini mengakibatkan penurunan produksi *bastnaesit* dari tambang di Mountain Pass sebesar $\pm 30\%$.

Melihat perkembangan teknologi saat ini dan yang akan datang, diperkirakan kebutuhan LTJ menengah akan meningkat. Unsur-unsur Sm, Eu, Gd dan lain-lain sangat dibutuhkan dalam industri keramik bermutu tinggi, industri elektronika, industri optik, dan industri audio-visual. Cadangan LTJ menengah ini, yang sudah diketahui, sangat kecil. Oleh karena itu peluang untuk mengembangkan komoditi LTJ menengah sampai berat masih terbuka.

KETERDAPATAN LTJ DI INDONESIA

Seperti telah diketahui, bahwa endapan LTJ yang ekonomis terdapat dalam batuan karbonatit berasosiasi dengan batuan beku alkali. Di Indonesia, karbonatit belum pernah diketemukan, akan tetapi batuan alkali mungkin terdapat di Kalimantan, terbukti dengan banyaknya intan plaser di Kalimantan Selatan. Seperti diketahui bahwa intan berasosiasi dengan batuan kimberlit dan lamprofir yang sifatnya alkalis. Indonesia tidak dikenal sebagai negara produsen REE di dunia. Walaupun demikian, sebenarnya Indonesia merupakan penghasil LTJ berupa monasit, xenotim dan zirkon sebagai hasil sampingan dari penambangan timah plaser di Bangka, Belitung, Kampar, dan Kepulauan Riau walaupun produksinya masih kecil. Monasit, xenotim dan zirkon yang merupakan sumber unsur LTJ tidak dipisahkan secara tetap, karena harga pasarnya tidak tetap dan jumlah produksinya kecil. Selain itu biaya pemisahannya masih terlalu mahal untuk penambangan timah di daerah-daerah tersebut.

Pemanfaatan hasil sampingan dari penambangan timah plaser di Indonesia belum optimum mengingat LTJ yang dihasilkan terdapat dalam mineral yang juga mengandung bahan radioaktif (monasit, misalnya) sementara berdasarkan Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 Tentang Ketenaganukliran memberikan wewenang kepada Badan Pelaksana (BATAN) untuk melakukan penyelidikan umum, eksplorasi, dan eksploitasi bahan galian nuklir (Pasal 9 Ayat 1 UU No. 10 Tahun 1997) serta Peraturan Pemerintah Nomor 64 Tahun 2000 mensyaratkan izin dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) untuk pemanfaatan bahan nuklir.

Ketersediaan LTJ di Indonesia umumnya tersebar di Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, Pulau Jawa, Pulau Sulawesi, dan Pulau Papua (Gambar 2). Secara geologi endapan LTJ berasosiasi dengan batuan asam (granitik) dan

endapan fosfatik. Dalam lingkungan batuan asam endapan LTJ dijumpai sebagai mineral ikutan pada penambangan timah plaser seperti monasit ((Ce, La, Nd, Th) (PO₄, SiO₄)) dan xenotim (YPO₄) di Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Mineral xenotim mengandung unsur thorium dan uranium. Secara umum REE yang mempunyai potensi untuk bahan nuklir antara lain *Gadolinium* (Gd), *Samarium* (Sm), *Dysprosium* (Dy), *Erbium* (Er) dan *Yttrium* (Y). Potensi endapan REE belum diketahui karena keterdapatannya masih bersifat indikasi.

Kemungkinan lain adalah endapan Tipe Absorpsi-ion pada kaolin hasil residu pelapukan (bukan proses hidrotermal) batuan granit seperti yang diproduksi di daerah Long Nan, Cina bagian selatan. Di Indonesia banyak di temukan endapan residu pelapukan batuan granit seperti di daerah Pulau Bangka dan Pulau Belitung yang selama ini lempung residu (kaolin) tersebut hanya di manfaatkan untuk industri keramik. Pada kaolinisasi granit REE paling tinggi kandungannya antara kedalaman 6 sampai 10 meter (Endang Suwargi dan Dwi Nugroho, 1991).

PENYELIDIKAN LTJ DI INDONESIA

Indonesia telah mulai melaksanakan penelitian LTJ secara khusus dengan dilakukannya kerja sama Eksplorasi antara Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral Departemen Pertambangan dan Energi RI dengan dan Japan International Cooperation Agency dan Metal Mining Agency of Japan (MMAJ) dengan areal eksplorasi di Pegunungan Tiga Puluh (Gambar 2). Pada tahun 2009, Pusat Sumber Daya geologi melakukan penyelidikan di Kecamatan Parmonangan, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara.

1. Pegunungan Tigapuluh

Secara regional, areal Pegunungan Tiga Puluh ditempati oleh batuan malihan dan sedimen berumur Karbon-Perm dan batuan, tufa andesitik berumur Paleogen, batuan sedimen neogen, batuan kurter dan batuan terobosan granitik berumur Karbon-Perm. Batuan granitik di areal ini terdiri dari granit biotik porfir, granit biotit, pegmatit dan apilit yang semuanya termasuk batuan seri kalk-alkali dan seri ilmenit. Menurut Ishihara (1979), batuan granit ini membawa mineralisasi timah, wolfram, Be, Nb, Ta, dan Th.

Mineralisasi yang ditemukan di areal ini sebagai urat kuarsa *stokwork* yang mengandung timah dalam pegmatit dan granit leukokratik yang ditemukan di sepanjang sungai Isahan dan sungai Sikambu yang terletak di bagian barat daerah penyelidikan. Urat kuarsa *stokwork* ini mengandung kuarsa, kasiterit, muskovit, dan arsenopirit yang batuan induknya telah

mengalami greisenisasi yang mengandung timah, wolfram dan serium.

Mineralisasi di hulu sungai Isahan, ditemukan singkapan pegmatit sepanjang 120 m dengan urat kuarsa *stokwork* dengan lebar 1 – 40 cm yang mengandung kasiterit, muskovit, turmalin, arsenopirit, pirit dan sedikit beril. Hasil analisis kimia dari contoh urat yang mengandung kasiterit, menunjukkan bahwa pegmatit di sungai isahan mengadung 3,84% Sn, 0,07% W, dan 0,08-0,24% Ce. Hasil analisis kimia yang diambil dari contoh batuan dari dua sumur yang digali di hulu sungai Isahan menunjukkan bahwa di daerah hulu sungai Isahan terdapat mineralisasi

menunjukkan bahwa, mineralisasi LTJ di Pegunungan Tiga Puluh yang signifikan ditemukan di sungai Sikambu dengan kadar 290-295 ppm.

2. Parmonangan.

Lokasi daerah penyelidikan termasuk dalam wilayah Kecamatan Parmonangan dan Kecamatan Pamonongan, Kabupaten Humbang Hunsudutan, Provinsi Sumatera Utara. Hasil penyelidikan terdahulu, ditemukan anomali geokimia unsur Sn (280 ppm) pada batuan granit gneis di Lumbantobing Ranggigit. LTJ yang di temukan di daerah ini seperti tantalum, ditemukan anomali geokimia cukup tinggi sebesar 20 ppm pada sedimen sungai

Tabel 5

Hasil Analisa Unsur di Sumur Uji Sungai Isahan, Pegunungan Tiga Puluh

SU	Au	Ag	Sn	Nb	Ta	W	Zr	Ti	Th	Ce	Y	U	Li	La
	ppb	ppm												
5	10	<0,2	11	26	<0,1	12	275	10700	43	105	39	9	16	40
6	32	<0,2	<1	20	15	9	105	345	130	185	180	20	29	56

Tabel 6

Hasil Analisa Unsur di Sumur Uji Sungai Sikambu, Pegunungan Tiga Puluh

SU	Au	Ag	Sn	Nb	Ta	W	Zr	Ti	Th	Ce	Y	U	Li	La
	ppb	ppm												
3	7	0,2	14	20	<1	60	225	8050	26	290	97	<1	114	94
4	20	<0,2	8	23	<1	45	220	8900	51	295	96	17	85	90

logam tanah jarang sebagai mineral ikutan dari mineralisasi timah primer (Tabel 5).

Mineralisasi di sungai Sikambu, ditemukan singkapan pegmatit dengan ukuran 100 x 200 m dan 50 x 50 m dan urat kuarsa dengan tebal antara 2 - 20 cm dalam tubuh pegmatit. Urat kuarsa ini mengandung kasiterit, muskovit, turmalin, dan arsenopirit dan tipe mineralisasinya sama dengan mineralisasi di sungai Isahan. Hasil analisa kimia terhadap batuan urat kuarsa yang mengandung arsenopirit menunjukkan bahwa kadar serium mencapai 372 ppm dan 26 ppm Y. Hasil analisis kimia contoh yang diambil dari dua sumur di sungai Sikambu (Tabel 6).

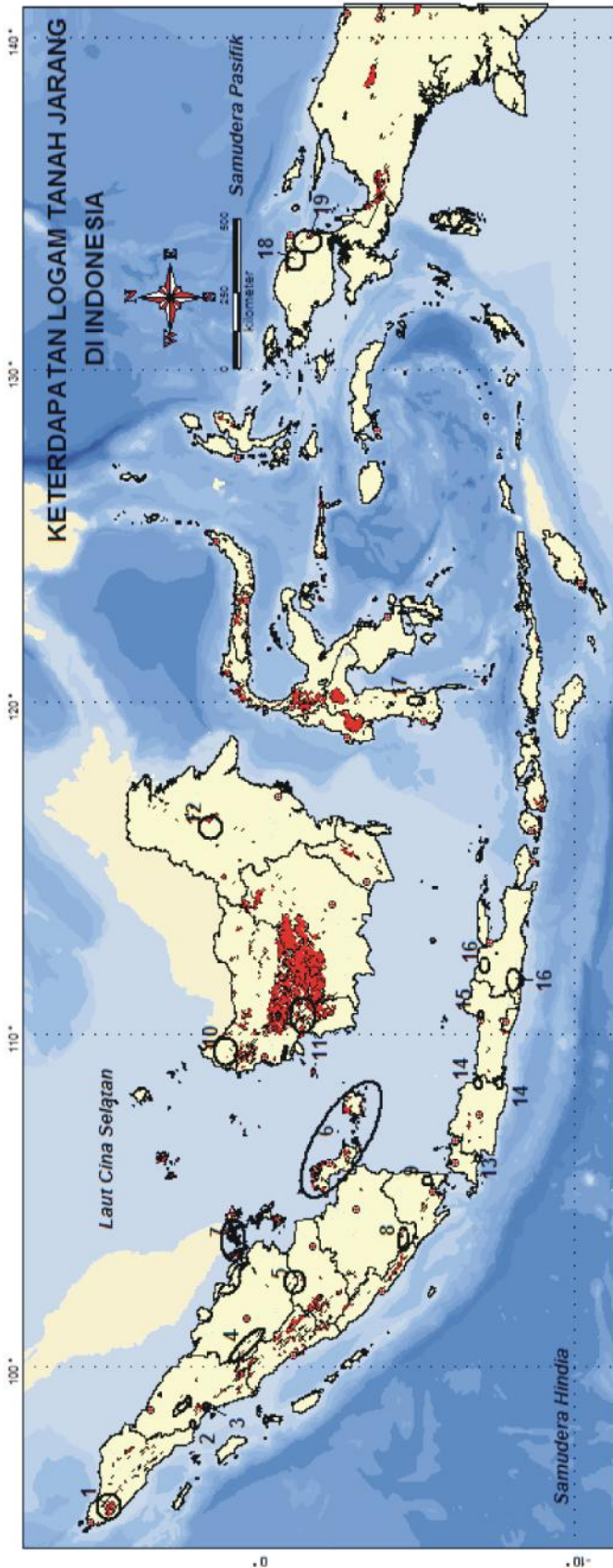
sedangkan hasil anomali untuk logam jarang (Tb, Ho, Tm, dan Lu) memiliki nilai lebih dari rata-rata nilai di kerak bumi. Juga ditemukan singkapan granit termineralisasi di Sisoding yang mengandung 80 ppm Sn.

Hasil analisis contoh tanah di daerah penyelidikan, menunjukkan bahwa kadar unsur logam Ce tampak cukup signifikan pada hampir semua lokasi contoh batuan dengan nilai kandungan Ce signifikan berkisar dari 113 ppm hingga 275 ppm pada sembilan conto batuan tersebut. Unsur Ho dan Tm juga memperlihatkan nilai kandungan yang cukup tinggi mencapai masing-masing 113 ppm dan 115 ppm. Hasil kandungan rata-rata keseluruhan (K) ditunjukkan pada Tabel 7

Tabel 7.

Hasil Perhitungan Kandungan dan Tebal Rata-Rata

Sumur uji	Kandungan Rata-Rata (gr/t)					Tebal Rata-Rata (m)
	Ce	Ho	Tm	Tb	Lu	
CH 1	110	8,2	3	7	14,7	2,9
TP 1	30,5	1,75	1	2,5	8,25	1,2
TP 2	18,8	3,7	1,4	5,6	12,2	0,9
TP 3	40	6	2	7	6,5	1
TP 4	92,5	8,5	4	4	10	2
TOTAL	291,8	28,15	11,4	26,1	51,65	8
LUAS (ha)	728,4	698	896,6	731,5	944,9	1,6 m
Kandungan Rata-Rata Keseluruhan (K)	145,68	5,63	2,28	5,22	10,33	



KETERANGAN :

- 1. Sikuleh (Aceh) : Sn, REE, Zr
- 2. Parmonangan (Sumut) : REE
- 3. Sibolga (Sumut) : Sn, W, REE, Zr, Nb
- 4. Daerah Bangkinang (Riau) : Sn, W, REE, Zr
- 5. Pegunungan Tigapuluh (Riau/Jambi) : Sn, Zr, Ta, Nb, REE
- 6. Kep. Timah (Bangka-Belitung) : Sn, Zr, REE, Ta, Nb, Xe
- 7. Karimun-Kundur (Kepri) : Sn, Zr, REE, Ta, Nb, X
- 8. Bukit Garba (Sumsel) : REE, Zr
- 9. Way Seputih (Lampung) : REE, Zr
- 10. Sambas (Kalbar) : Sn, Zr, Ta, Nb, REE
- 11. Tumbang Titi (Kalbar) : Sn, REE, U
- 12. S. Bunut/Long Laai (Kaltim) : Sn, Zr, REE
- 13. Lebak (Banten) : REE dalam batuan fosfatik

- 14. Ciamis, Cirebon (Jabar) : REE dalam batuan fosfatik
- 15. Semarang (Jateng) : REE dalam batuan fosfatik
- 16. Tuban, Pacitan (Jatim) : REE dalam batuan fosfatik
- 17. Takalar (Sulsel) : Sn, Zr, REE
- 18. Peg. Arfak (Papua Barat) : Sn, Zr, Ta, Nb, REE
- 19. Ransiki (Papua Barat) : Zr, Ta, Nb, REE

 Keterangan REE
 Sebaran batuan granitik

Gambar 2. Ketersediaan REE di Indonesia (dimodifikasi dari Direktorat Sumberdaya Mineral, 2000)

Dengan memasukkan parameter pada Tabel 7 di atas diperkirakan sumber daya hipotetik diperoleh sebagai berikut:

1. Sumber daya Ce 17.481.600 ton dengan kandungan rata-rata 145,68 gr/t
2. Sumber daya Ho 16.752.000 ton dengan kandungan rata-rata 5,63 gr/t
3. Sumber daya Tm 21.518.400 ton dengan kandungan rata-rata 2,28 gr/t
4. Sumber daya Tb 17.556.000 ton dengan kandungan rata-rata 5,22 gr/t
5. Sumber daya Lu 16.752.000 ton dengan kandungan rata-rata 10,33 gr/t

Dari segi distribusi kandungan logam langka dalam tanah di daerah ini, hanya unsur Ce yang memiliki kandungan cukup signifikan. Namun kandungan yang tinggi ini ternyata tidak ditemukan pada hasil analisis comto tanah dari

sumur uji, penampang singkapan tanah, dan parit uji. Bila dibandingkan dengan kadar LTJ yang ditambang di Namibia, yang dipasarkan seharga 250 – 500 dollar AS/ton adalah 0,5% – 2% maka mineralisasi LTJ di Indonesia sangat rendah.

KESIMPULAN

Logam tanah jarang (LTJ) di Indonesia ditemukan pada batuan granitik pembawa timah. Berdasarkan hasil penyelidikan, kadar LTJ di Indonesia yang signifikan hanya serium dengan kadar maksimum 295 ppm. Bila dibandingkan dengan bijih serium yang ditambang di Namibia, kadar LTJ di Indonesia sangat rendah. Namun penyelidikan LTJ perlu dilakukan terutama di daerah penambangan timah dan emas aluvia.

BIBLIOGRAFI

- Anonim, 1988, Rare earth oxides: what and where are they ?; Minerals and Ore, Australian Journal of Mining, September 1988.
- Bates, R.L. and J.A. Jackson, 1980, Glossary of Geology; American Geological Institute, Falls Church, Virginia.
- Endang Suwargi dan Dwi Nugroho, 1991, Hasil penelitian logam jarang di Pegunungan Tigapuluh, Riau, Direktorat Sumberdaya Mineral, 1991, Laporan Tidak Diterbitkan.
- Endang Suwargi, 2009, Mengenal Rare Earth Elements (REE), edisi revisi, Bandung
- Földvári-Vogl, M., 1978, Theory and Practice of Regional Geochemical Exploration; Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978.
- Kamitani, M., 1989, The World Rare-Earth Resources and Their Problems; Geological Survey of Japan.
- Lehman, B., 1991, "WORKSHOP ON IGNEOUS PETROLOGY AND GRANITE – RELATED ORE FORMATION", SEATRAC CENTRE AND UNDP, Ipoh-Malaysia.
- Muecke, G.K. and P. Möller, 1988, The Not-So-Rare Earth.
- O'Driscoll, M., 1988, Rare earths, Enter the Dragon; Industrial Minerals, November 1988.
- Tampubolon, A., 2009, Laporan Eksplorasi Umum Mineral Logam Langka di Kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumut, Pusat Sumberdaya Geologi, Laporan Tidak Diterbitkan.
- Umi Kuntjara, 1997, Kegunaan Unsur Tanah Jarang, Bandung.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Rare_earth_element
http://www.ggg.gl/Rare-Earth-Elements/Rare-Earth-Elements.htm&h=370&w=672&sz65&tbnid=oHsRPVRq6ywPAM:&tbnh=76&tbnw=138&prev=/images%3Fq%3Drare%2Bearth%2Belements&zoom=1&q=rare+earth+elements&hl=id&usg=__UK1-0E8E3KLGQtW2_nP8quJnJ1w%3D&sa=X&ei=qigITfCUG4-rrAeDgYnVDg&ved=0CDcQ9QEwAw

**PEMBUATAN IN-HOUSE STANDARD
BAHAN ACUAN BAKU (STANDARD REFERENCE MATERIAL)
LATERIT NIKEL**

Oleh:

Sri Erni Budhiastuty, Nelly Susanna dan Herry Rodiana

Pusat Sumber Daya Geologi
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung

SARI

Bahan Acuan Baku (*Standard Reference Material*) diperlukan untuk mengontrol kebenaran suatu metoda analisis, juga digunakan untuk mengecek presisi, akurasi, pengembangan metoda analisis, pelatihan teknisi, verifikasi dan evaluasi hasil-hasil analisis yang dikeluarkan oleh laboratorium.

Tujuan dari pembuatan *In-house Standard* Laterit Nikel adalah untuk membuat *Standar Reference Material* (SRM) yang tersertifikasi atau *Certified Reference Material* (CRM) untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat dan selalu siap pakai.

Lokasi pemercontaan dilakukan di Daerah Pomala, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara (kode conto P-1 dan P-2) dan Daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan (kode conto SG-1). Kedua lokasi tersebut dipilih karena mempunyai sumberdaya laterit nikel yang sangat besar.

Data hasil analisis di laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi (8 kali pengulangan) pada umumnya memperlihatkan presisi cukup baik (< 10%) kecuali untuk beberapa unsur seperti CaO (P-1 : 11,28%, P-2 : 33,5% and SG-1 : 27,82%), SiO₂ (P-2 : 10,27%) and Mg (SG-1: 23,60%).

Hasil analisis kimia Ni, Co, Mg, Fe, Cr, SiO₂, Al₂O₃ dan CaO dari 9 (sembilan) laboratorium sangat bervariasi. Hal ini terjadi kemungkinan karena beberapa laboratorium menggunakan metoda analisis yang berbeda. Ada beberapa data yang sangat ekstrim namun ada juga data yang mendekati.

Kata Kunci : Laterit nikel, laboratorium, in-house standard. bahan acuan baku.

ABSTRACT

The Standard Reference Materials (SRM) is one of the important parts in laboratory's quality control, mostly use to control a result of analysis method and also use in precision, accurateness, development of analysis methods, technical staff training, verification, and evaluation of the laboratory results.

Quality Control (QC) for the result of laboratory analysis can be used to determine the performance of the laboratory. QC is one of the techniques that use to confirm accuracy of the laboratory data in comparison with SRM and Certified Reference Materials (CRM). QC can be used as a tool to reject the result of laboratory analysis if that result is not conforming to SRM or CRM.

The aim of the development of Nickel Laterite In -House Standard is to build the certified SRM or CRM for enhancing the accuracy of the laboratory results. The process of the development was starting with samples collection, and followed by samples preparation, homogeny test, chemical analysis, data analysis, and the final step of this process is to issue a certificate.

The internal analysis result from the Centre for Geological Resources Laboratory (8 times iteration) shown that generally the results was precise compare to other laboratory (<10%>) except for several elements such as CaO (P-1: 11.28%, P-2: 33.5% and SG -1: 27.82%), SiO₂ (P-2: 10.27%) and Mg (SG-1: 23.6%). The analysis results of Ni, Co, Mg, Fe, Cr, SiO₂, Al₂O₃, and CaO that derived from 9 (nine) different laboratory displayed variation results due to different analysis methods using by each laboratory.

Keywords : *Laterit Nickel, laboratory, in-house standard, Standard Reference Material*

Pendahuluan

Bahan Acuan Baku (*Standard Reference Material*) diperlukan untuk mengontrol kebenaran dari suatu metoda

dan analisis mengecek presisi, akurasi, pengembangan metode analisis, pelatihan teknisi, verifikasi dan evaluasi hasil analisis yang dikeluarkan oleh laboratorium.

Salah satu upaya mewujudkan

Standard Reference Material (SRM) yang tersertifikasi atau *Certified Reference Material* (CRM) dapat dilakukan melalui pembuatan *In-House Standard* untuk laterit nikel sehingga diperoleh hasil analisis yang lebih akurat dan selalu siap pakai.

Laterit nikel merupakan hasil pelapukan batuan ultrabasa pada permukaan bumi. Proses pelapukan terjadi karena pergantian musim dalam waktu yang lama. Endapan bijih nikel laterit dihasilkan dari batuan ultrabasa yang mengalami proses pelapukan kimia. Umumnya endapan bijih nikel laterit tebal, dimana lapisan limonit yang kadar nikelnya relatif rendah menutupi lapisan serpentinit dan saprolit dengan kadar nikel yang tinggi.

Lokasi pemercontaan dilakukan di Daerah Pomala, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara (kode conto P-1 dan P-2) dan Daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan (kode conto SG-1). Kedua lokasi tersebut dipilih karena mempunyai sumber daya laterit nikel yang sangat besar.

Metodologi

Pembuatan *In-House Standard* laterit nikel meliputi pemercontaan, preparasi conto di laboratorium, pengujian homogenitas, analisis kimia, pengolahan dan analisis data serta pembuatan sertifikat hasil analisis.

Tersedianya *In-House Standard* laterit nikel di Laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi diharapkan dapat menjadi pembanding dalam pekerjaan rutin analisis laterit nikel. Agar sesuai dengan berbagai macam kadar conto yang dianalisis, dibuatlah beberapa jenis *In-House Standard* laterit nikel dengan kandungan Ni yang berbeda.

Pemercontaan dilakukan di kedua lapisan laterit nikel yaitu limonit dan saprolit masing-masing sebanyak kurang lebih 50

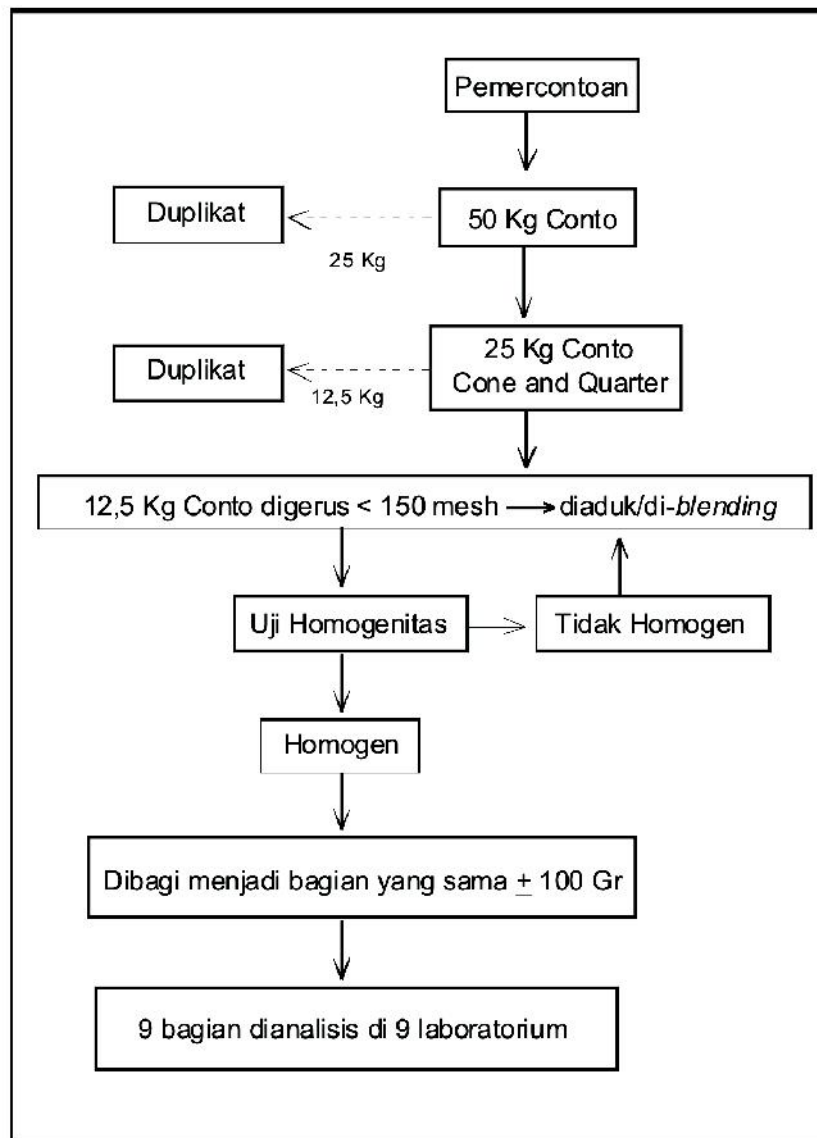
mewakili kandungan Ni sesuai dengan yang diharapkan (Ni < 1%, Ni < 2%, Ni > 2%). Analisis dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi dan berbagai laboratorium lainnya.

Pengujian homogenitas dilakukan dengan menganalisis conto acuan secara *duplo* dengan delapan pengulangan. Persentase kandungan Ni yang diperoleh digunakan sebagai parameter uji. Metoda uji homogenitas yang digunakan adalah metoda *Anova Single Factor*. Jika hasil pengujian yang diperoleh memperlihatkan bahwa conto acuan belum homogen maka proses pengadukan conto harus diulangi lagi.

Conto acuan yang dianggap homogen kemudian dianalisis unsur-unsur Ni, Co, Mg, Fe, Cr, SiO₂, Al₂O₃ dan CaO. Selain di Laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi (PMG), conto acuan dianalisis juga di 8 (delapan) laboratorium lainnya yaitu Intertek, Corelab, Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (TEKMIRA), Pusat Survei Geologi, Pusat Lingkungan Geologi (PLG), Balai Besar Keramik (BBK) dan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).

Metoda analisis yang digunakan, di Laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi, untuk unsur-unsur Ni, Co, Fe, Cr, Mg adalah dengan AAS dan pelarutan dengan HF/HClO₄. Metoda pelarutan HF/HClO₄ mengadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh R.D. Hartati & Ramdanah (1999). Penentuan SiO₂, Al₂O₃ dan CaO dengan metoda spektrofotometri dan AAS. Conto dilebur dengan *Flux* (Li₂B₄O₇ + LiBO₂) didalam cawan grafit.

Analisis data internal dari delapan kali pengulangan dihitung nilai rata-rata, standar deviasi dan presisi, penentuan presisi diadopsi dari Thompson (1973). Data yang dihasilkan digabungkan dengan delapan laboratorium lainnya untuk penentuan *outlier* dan *inlier* berdasarkan Pedoman BSN 224 yang diadopsi dari *ISO/IEC Guide 43:1984*. Kemudian data *inlier* diolah datanya untuk menentukan nilai/kadar (*assigned value*) bahan acuan. Tata laksana preparasi laterit nikel selengkapnya dapat dilihat pada bagan alir pembuatan *In-House Standard* menurut Hartati & Davis, 1991, seperti terlihat pada



Gambar 1. Bagan alir pembuatan *In-House Standard* Laterit Nikel (Hartati & Davis, 1991)

Hasil Analisis kimia

Jumlah conto yang didapat dari dua lokasi sebanyak lima conto tetapi hanya tiga conto (kode conto P-1, P-2 dan SG-1) yang dipilih untuk *In-House Standard* laterit nikel. Ketiga conto tersebut dipilih karena masuk dalam kriteria kadar Ni < 1%, Ni > 1% dan Ni > 2%.

Conto-conto *In-House Standard* Laterit

Nikel dari daerah Pomala dan Sorowako telah dianalisis di laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi sebanyak 8 (delapan) kali pengulangan. Conto yang sama juga di analisis di 8 (delapan) laboratorium lain yang berbeda. Data Hasil analisis dari 9 (Sembilan) laboratorium untuk kode conto P-1, P-2, dan SG-1 disajikan pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1.
Hasil analisis 9 laboratorium untuk kode conto P-1

KODE DAN NAMA LAB		Ni %	Co %	Fe %	Cr %	Mg %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %
A	Intertek	2,34	0,010	9,85	0,550	11,60	51,41	1,62	1,56
B	Corelab	2,34	0,040	8,94	0,470	11,73	46,50	0,42	0,21
C	LIPI	2,16	0,015	8,92	4,760	12,32	50,64	1,28	1,05
D	TEKMIRA	2,24	0,018	10,61	0,640	11,70	43,40	1,51	1,14
E	PSG	2,18	0,014	4,57	0,440	10,76	45,17	1,45	1,33
F	PLG	0,70	0,117	39,44	2,380	1,44	72,13	tda	1,44
G	BBK	0,69	0,003	0,64	0,300	1,00	45,38	29,57	2,80
H	BATAN	2,27	0,020	8,45	0,380	11,10	ta	ta	2,18
I	PSDG	2,20	0,018	9,40	0,286	11,24	50,40	1,43	1,50

Catatan : ta = tidak dianalisa, tda = tidak terdeteksi

Tabel 2.
Hasil analisis 9 laboratorium untuk kode conto P-2

KODE DAN NAMA LAB		Ni %	Co %	Fe %	Cr %	Mg %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %
A	Intertek	1,10	0,140	44,05	1,850	1,10	10,18	6,79	0,09
B	Corelab	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta
C	LIPI	1,12	0,178	41,20	1,090	0,84	10,44	5,72	tda
D	TEKMIRA	1,02	0,120	45,90	2,390	0,89	3,05	0,13	0,08
E	PSG	1,08	0,113	31,33	0,900	1,20	7,90	5,01	0,11
F	PLG	0,44	0,112	40,29	2,790	1,50	37,13	tda	2,91
G	BBK	0,63	0,008	0,67	0,770	0,04	10,38	< 0,25	3,93
H	BATAN	1,11	0,120	42,40	0,760	2,17	ta	ta	0,18
I	PSDG	0,94	0,113	45,38	0,651	0,51	10,28	6,36	0,22

Catatan : ta = tidak dianalisa, tda = tidak terdeteksi

Tabel 3.
Hasil analisis 9 laboratorium untuk kode conto SG-1

KODE DAN NAMA LAB		Ni %	Co %	Fe %	Cr %	Mg %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %
A	Intertek	1,86	0,030	15,20	0,730	15,14	41,92	1,67	0,420
B	Corelab	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta
C	LIPI	2,08	0,050	13,97	3,680	13,40	46,94	1,09	0,100
D	TEKMIRA	1,75	0,030	16,06	0,610	14,72	34,00	1,37	0,310
E	PSG	1,79	0,024	10,88	0,270	15,60	38,73	1,64	0,378
F	PLG	2,18	0,014	4,57	0,440	10,76	45,17	1,45	1,330
G	BBK	0,67	0,004	0,65	0,160	1,28	44,25	4,59	2,240
H	BATAN	1,75	0,030	13,70	0,210	15,00	ta	ta	0,770
I	PSDG	1,74	0,029	13,68	0,201	10,25	41,42	1,51	0,380

Catatan : ta = tidak analisa

Pengolahan dan analisis data

Pada analisis data dari hasil analisis internal (delapan kali pengulangan) dihitung nilai rata-rata, standar deviasi dan presisi, yang ditentukan berdasarkan Thompson (1973). Data yang dihasilkan digabungkan dengan delapan laboratorium lainnya untuk penentuan *outlier* dan *inlier*. Penentuan nilai bahan acuan berpedoman pada Pedoman BSN 224 yang diadopsi dari *ISO/IEC Guide 43:1984*. Kemudian data *inlier* diolah datanya untuk menentukan nilai/kadar (*assigned value*) bahan acuan.

Penentuan nilai/kadar bahan acuan dilakukan secara konsensus. Cara konsensus memerlukan data yang cukup banyak, walaupun dengan keterbatasan data ini tetap menggunakan nilai konsensus. Hal ini dilakukan karena Laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi tidak memiliki CRM Laterit Nikel, jadi tidak ada data sebagai pembandingan. Penentuan nilai konsensus diambil dari nilai median bukan dari nilai rata-rata, selanjutnya dihitung nilai standar deviasi. Nilai standar deviasi dipakai untuk menentukan nilai ketidakpastian (*uncertainty value*), yaitu $\pm 1.96 \text{ sd}$ (terletak dalam limit kepercayaan 95 %).

Jika nilai bahan acuan telah ditentukan selanjutnya dibuat sertifikat hasil analisis conto *In-House Standard* Laterit Nikel sebagai material standar yang tersertifikasi.

Dalam pembuatan *In-House Standard* digunakan metoda uji *outlier* dan *inlier*, hasil dari 9 (sembilan) laboratorium, termasuk data Laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi. Penentuan *outlier* berpedoman pada Pedoman BSN 224 yang diadopsi dari *ISO/IEC Guide 43:1984*.

Data yang ekstrim dibuang dengan menggunakan Uji Grubbs. Pertama data harus diurut dari nilai kecil ke nilai tinggi, kemudian G hasil perhitungan (sesuai rumus) dibandingkan dengan G kritis yang ada di Tabel Grubbs.

Setelah data ekstrim dibuang kemudian dihitung secara statistik untuk menentukan data yang *outlier* kemudian dibuat kurvanya.

Data yang termasuk *inlier* berada di dalam garis batas terluar, yaitu pada Q_1 (Garis merah) dan Q_3 (Garis biru) (garis yang berada ditengah adalah Q_2 = nilai median, (Garis hijau). Sedangkan data-data diluar garis Q_1 dan Q_3 adalah *outlier*.

Untuk menganalisis data digunakan *software* SPSS (*Statistical Product and Service Solution*), dimana akan menghasilkan ringkasan statistik seperti terlihat pada Tabel 4, 5 dan 6 dan kurva *outlier* dan *inlier* seperti terlihat pada Gambar 1 sampai 8.

Rumus Uji Grubbs :

$$G_1 \text{ (terendah/ tertinggi)} = \frac{|\bar{x} - x_i|}{s}$$

$$G_2 = \frac{X_n - X_1}{s}$$

s = SD dari semua hasil
 \bar{x} = x rata-rata
 X_i = data yang diuji
 X_n = data tertinggi
 X_1 = data terendah

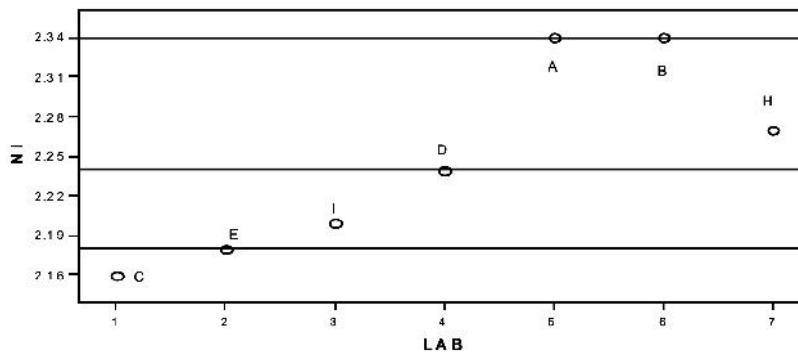
$$G_3 \text{ pasangan rendah} = 1 - [(n - 3) s_{n-2}^2 / (n-1) s^2]$$

$$G_3 \text{ pasangan tinggi} = 1 - [(n - 3) s_{n-2}^2 / (n-1) s^2]$$

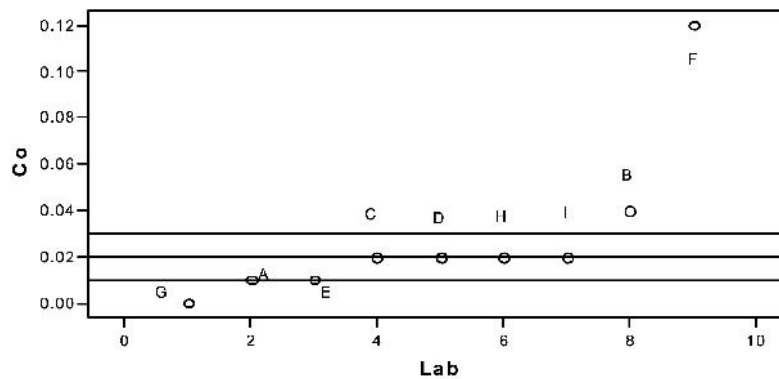
Tabel 4.
Ringkasan statistik *In-House Standard* Laterit Nikel untuk conto P-1

Kode dan Nama Lab		Ni %	Co %	Fe %	Cr %	Mg %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %
A	Intertek	2,34	0,010	9,85	0,550	11,60	51,41	1,62	1,56
B	Corelab	2,34	0,040	8,94	0,470	11,73	46,50	0,42*	0,21*
C	LIPI	2,16	0,015	8,92	4,760*	12,32	50,64	1,28	1,05
D	TEKMIRA	2,24	0,018	10,61	0,640	11,70	43,40	1,51	1,14
E	PSG	2,18	0,014	4,57	0,440	10,76	45,17	1,45	1,33
F	PLG	0,70*	0,117	39,44*	2,380*	1,44*	72,13*	tda	1,44
G	BBK	0,69*	0,003	0,64*	0,300	1,00*	45.38	29,57*	2,80*
H	BATAN	2,27	0,020	8,45	0,380	11,10	ta	ta	2,18*
I	PSDG	2,20	0,018	9,40	0.296	11,24	50,40	1,43	1,50
	mean	2,2471	0,0289	8,6771	0,4386	11,4929	47,5571	1,4580	1,3367
	median	2,2400	0,0200	8,9400	0,4400	11,6000	46,5000	1,4500	1,3850
	n	7	9	7	7	7	7	5	6
	SD	0,0732	0,0359	1,9443	0,1283	0,5083	3,1955	0,1240	0,2040
	Q1	2,1800	0,0100	8,4500	0,3000	11,1000	45,1700	1,3550	1,1175
	Q2	2,2400	0,0200	8,9400	0,4400	11,6000	46,5000	1,4500	1,3850
	Q3	2,3400	0,0300	9,8500	0,5500	11,7300	50,6400	1,5650	1,5150

Catatan : * = data ekstrim, ta = tidak analisa, tda = tidak terdeteksi



Gambar 1. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur Ni conto P-1 (Ni dalam %, *outlier* : Lab. C)



Gambar 2. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur Co conto P-1 (Co dalam %, *outlier* : Lab. B F & G)

Tabel 5.
Ringkasan statistik *In-House Standard* Laterit Nikel untuk conto P-2

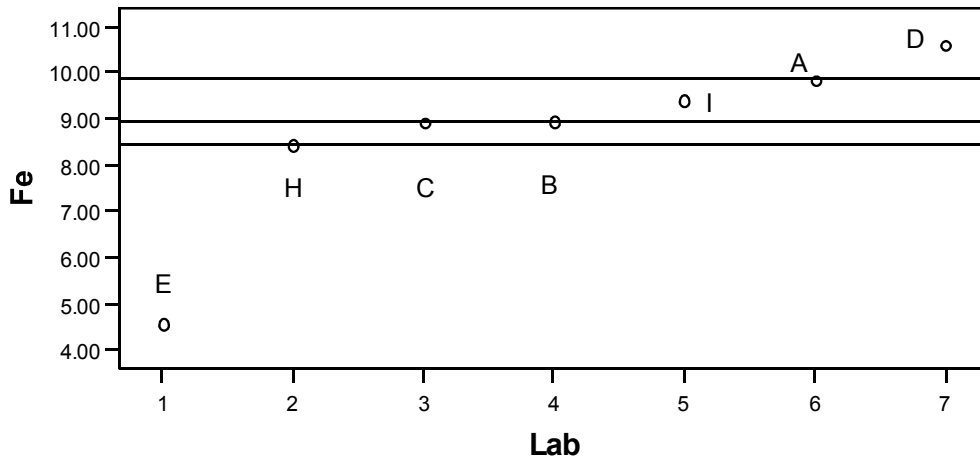
Kode dan Nama Lab	Ni %	Co %	Fe %	Cr %	Mg %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %
A Intertek	1,10	0,140	44,05	1,850	1,10	10,18	6,79	0,09
B Corelab	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta
C LIPI	1,12	0,178	41,20	1,090	0,84	10,44	5,72	tda
D TEKMIIRA	1,02	0,120	45,90	2,390*	0,89	3,05*	0,13*	0,08
E PSG	1,08	0,113	31,33	0,900	1,20	7,90	5,01	0,11
F PLG	0,44*	0,112	40,29	2,790*	1,50	37,13*	tda	2,91*
G BBK	0,63*	0,008*	0,67*	0,770	0,04*	10,38	< 0,25*	3,93*
H BATAN	1,11	0,120	42,40	0,760	2,17	ta	ta	0,18
I PSDG	0,94	0,113	45,38	0,651	0,51	10,28	6,36	0,22
mean	1,0617	0,1271	41,5071	1,0029	1,1729	9,8360	5,9700	0,1600
median	1,0900	0,1200	42,4000	0,9000	1,1000	10,2800	6,0400	0,1450
n	6	7	7	6	7	5	4	5
SD	0,0694	0,0256	4,9449	0,4028	0,5381	1,0868	0,7764	0,0820
Q1	1,0000	0,1100	40,2900	0,7600	0,8400	9,0400	5,1875	0,0875
Q2	1,0900	0,1200	42,4000	0,9000	1,1000	10,2800	6,0400	0,1450
Q3	1,1125	0,1400	45,3800	1,0900	1,5000	10,4100	6,6825	0,2300

Catatan : * = data ekstrim, ta = tidak dianalisa, tda = tidak terdeteksi

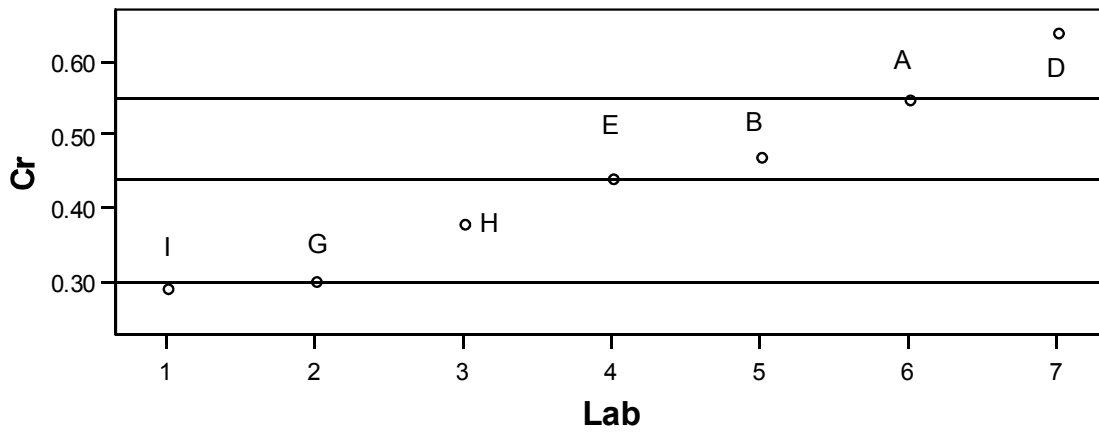
Tabel 6.
Ringkasan statistik *In-House Standard* Laterit Nikel untuk conto SG-1

Kode dan Nama Lab	Ni %	Co %	Fe %	Cr %	Mg %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %
A Intertek	1,86	0,030	15,20	0,730	15,14	41,92	1,67	0,420
B Corelab	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta	ta
C LIPI	2,08	0,050	13,97	3,680*	13,40	46,94	1,09	0,100
D TEKMIIRA	1,75	0,030	16,06	0,610	14,72	34,00*	1,37	0,310
E PSG	1,79	0,024	10,88	0,270	15,60	38,73	1,64	0,378
F PLG	2,18	0,014	4,57*	0,440	10,76	45,17	1,45	1,330
G BBK	0,67*	0,004*	0,65*	0,160	1,28*	44,25	4,59*	2,240*
H BATAN	1,75	0,030	13,70	0,210	15,00	ta	ta	0,770
I PSDG	1,74	0,029	13,68	0,201	10,25	41,42	1,51	0,380
mean	1,7371	0,0314	13,7714	0,3633	14,1886	40,6486	1,4560	0,3971
median	1,7500	0,0300	13,7000	0,2400	15,0000	41,3200	1,5100	0,3800
n	7	7	6	7	7	6	6	7
SD	0,2693	0,0090	1,6550	0,2431	1,8715	4,3433	0,2366	0,1986
Q1	1,7400	0,0300	12,9100	0,1900	13,4000	37,3800	1,2300	0,3100
Q2	1,7500	0,0300	13,7000	0,2400	15,0000	41,3200	1,5100	0,3800
Q3	1,8600	0,0300	15,2000	0,6400	15,2100	44,2500	1,6550	0,4200

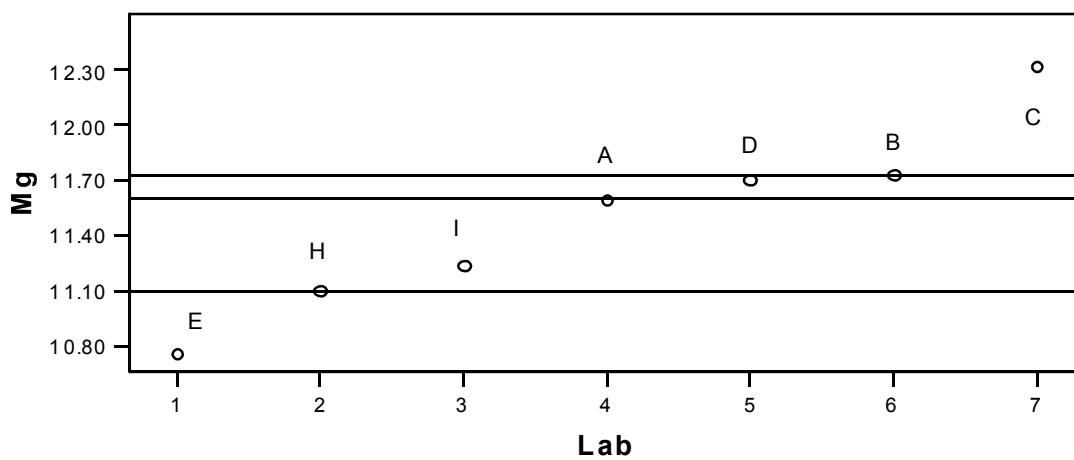
Catatan : * = data ekstrim, ta = tidak dianalisa



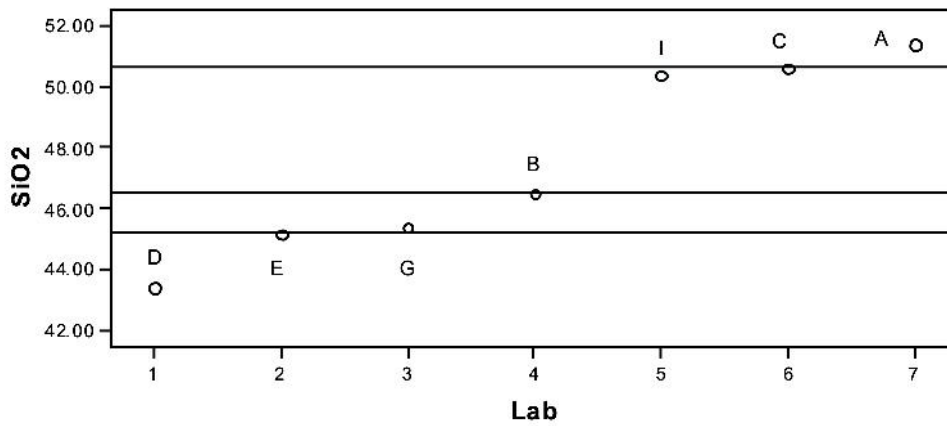
Gambar 3. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur Fe conto P-1
(Fe dalam %, *outlier* : Lab. D & E)



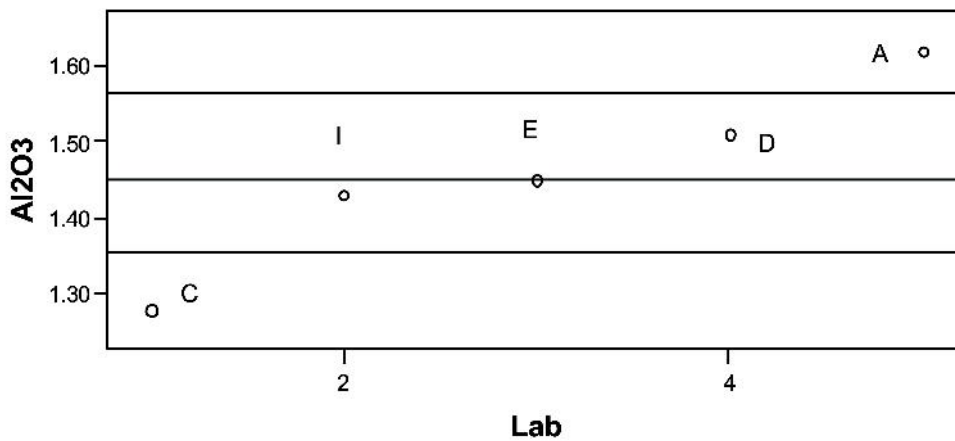
Gambar 4. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur Cr conto P-1
(Cr dalam %, *outlier* : Lab. D & I)



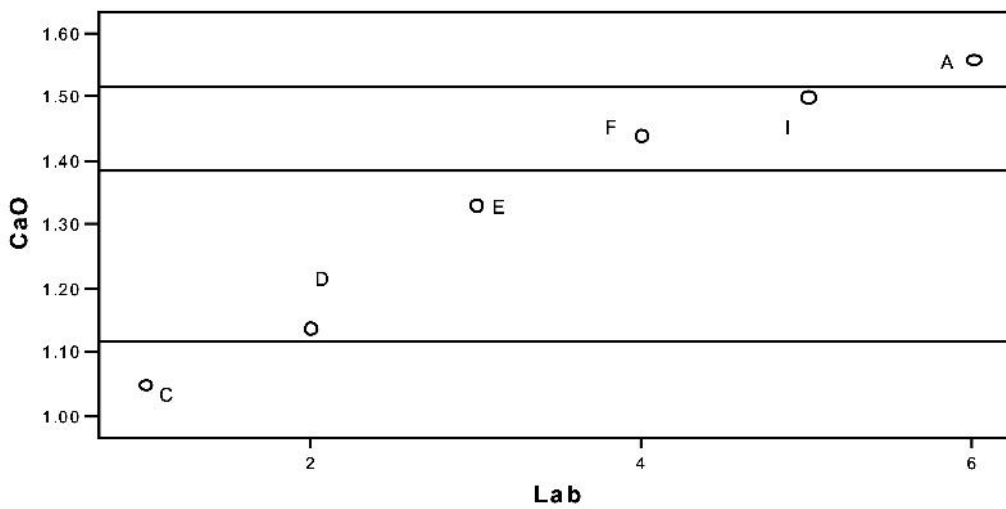
Gambar 5. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur Mg conto P-1
(Mg dalam %, *outlier* : Lab. C & E)



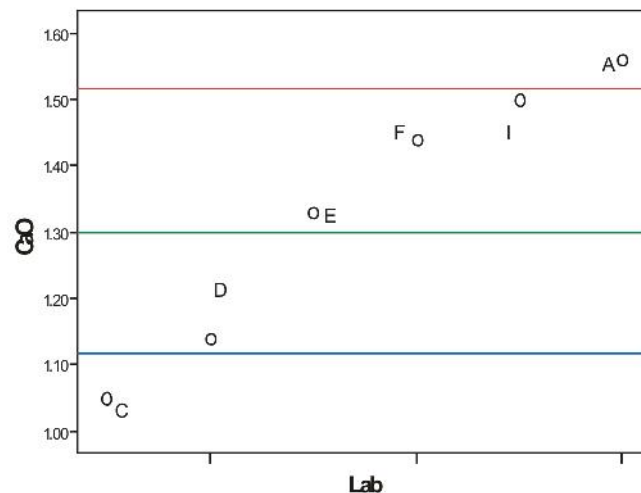
Gambar 6. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur SiO₂ conto P-1 (SiO₂ dalam %, *outlier* : Lab. A & D)



Gambar 7. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur Al₂O₃ conto P-1 (Al₂O₃ dalam %, *outlier* : Lab. A & C)



Gambar 8. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur CaO conto P-1 (CaO dalam %, *outlier* : Lab. A & C)



Gambar 9. Kurva *Outlier* dan *Inlier* untuk unsur CaO conto P-1 (CaO dalam %, *outlier* : Lab. A & C)

Penentuan nilai *In-House Standard*

Penentuan nilai (*assigned value*) *In-House Standard* dilakukan dengan nilai konsensus karena Laboratorium Pengujian Pusat Sumber Daya Geologi tidak memiliki CRM laterit nikel sebagai pembanding. Nilai konsensus ditetapkan berdasarkan nilai konsensus dari suatu uji banding antar laboratorium.

Nilai konsensus diperoleh dari hasil-hasil pengujian yang telah dikumpulkan dari para peserta tanpa mengikutsertakan laboratorium yang *outlier*. Dalam cara "*robust statistik*", median dari semua hasil uji yang terkumpul (tanpa memasukkan data yang "*outlier*") diambil sebagai nilai acuan (*assigned value*). Bahan acuan harus memiliki nilai pasti dan ketidakpastian, disini untuk nilai ketidakpastian adalah $\pm 1,96$ sd (Thompson, 1973).

Maka nilai/kadar (*assigned value*) *In-House Standard* laterit nikel yang diperoleh yang diperoleh adalah nilai median $\pm 1,96$.

Diskusi

Pengambilan conto dilakukan di 5 lokasi tetapi yang digunakan untuk *In-House Standard* hanya conto P-1, P-2 dan SG-1. Hal ini dilakukan karena dari hasil analisis awal diketahui bahwa kadar Ni dalam conto P-1 nilainya hampir sama dengan conto SG-2, sedangkan kadar Ni dalam conto L-1 nilainya hampir sama dengan conto P-2.

Hasil uji statistik homogenitas ketiga conto *In-House Standard* laterit nikel (conto P-1, P-2 dan SG-1) dengan menggunakan persentase kandungan Ni sebagai parameter uji, menjelaskan bahwa setelah dilakukan pengadukan (*blending*) selama 5 x 8 jam dapat dinyatakan conto-conto tersebut telah homogen. Maka conto P-1, P-2 dan SG-1 dapat digunakan sebagai bahan acuan.

Hasil analisis ketiga conto tersebut dengan 8 kali pengulangan yang dilakukan oleh Laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi memperlihatkan hasil presisi yang bervariasi. Presisi pada beberapa unsur terdapat yang kurang baik, yaitu yang bernilai $>10\%$. Conto P-1 untuk unsur-unsur Ni, Co, Mg, Fe, Cr, SiO_2 , Al_2O_3 presisinya cukup baik, kecuali CaO dengan presisi 11,28%. Conto P-2 untuk unsur-unsur Ni, Co, Mg, Fe, Cr, Al_2O_3 memperlihatkan presisi yang baik kecuali SiO_2 (10,27%) dan CaO (33,15%). Conto SG-1 untuk unsur-unsur Ni, Co, Fe, Cr, SiO_2 , Al_2O_3 memperlihatkan presisi yang baik kecuali Mg (23,60%) dan CaO (27,82%).

Hasil analisis kimia Ni, Co, Mg, Fe, Cr, SiO_2 , Al_2O_3 , dan CaO dari 9 (sembilan) laboratorium sangat bervariasi. Hal ini terjadi kemungkinan karena beberapa laboratorium menggunakan metoda analisis berbeda. Beberapa data bernilai sangat ekstrim namun ada juga data yang mendekati.

Tabel 7.
Hasil Pengujian Laterit Nikel kode conto P-1, P-2, dan SG-1

No.	Unsur	P-1		P-2		SG-1	
		Kadar (%)	Standard deviasi	Kadar (%)	Standard deviasi	Kadar (%)	Standard deviasi
1	Ni	2,24	0,08	1,09	0,04	1,75	0,05
2	Co	0,02	0,00	0,12	0,01	0,03	0,00
3	Fe	8,94	0,53	42,40	2,07	13,70	0,83
4	Cr	0,41	0,10	0,84	0,14	0,21	0,18
5	Mg	11,42	0,39	1,10	0,26	15,00	0,75
6	SiO ₂	46,50	2,70	10,33	0,11	41,32	2,71
7	Al ₂ O ₃	1,45	0,04	6,04	0,45	1,58	0,14
8	CaO	1,33	0,15	0,11	0,60	0,38	0,04

Catatan : Harga batas yang diterima adalah nilai rata-rata ± 1.96 sd

Data *outlier* yang dikeluarkan dapat terlihat jelas dari kurva-kurva yang ditampilkan di atas, maka akibatnya data yang dihitung untuk menentukan nilai/kadar (*assigned value*) bahan acuan semakin sedikit. Sebetulnya dalam suatu penentuan nilai/kadar (*assigned value*) bahan acuan secara konsensus memerlukan data yang cukup banyak Namun dengan keterbatasan data ini tetap menggunakan nilai konsensus dalam penghitungan nilai/kadar (*assigned value*) bahan acuan. Hal ini dilakukan karena Laboratorium Pengujian Kimia-Fisika Mineral dan Batubara, Pusat Sumber Daya Geologi tidak memiliki CRM (*Certified Reference Material*) laterit nikel, jadi tidak ada data sebagai pembanding. Untuk nilai konsensus, nilai yang digunakan bukan dari nilai rata-rata melainkan nilai median.

Tersedianya *In-House Standard* ini digunakan untuk mengontrol kualitas data secara terus menerus. Maka hasil analisis setiap unsur yang diperoleh pada setiap analisis harus dicatat dan dibuat tabel monitoring dan data yang diperoleh harus terletak dalam limit kepercayaan 95%. Hal ini harus terus dilaksanakan selama melakukan analisis sehingga jika terjadi penyimpangan akan segera diketahui.

Hasil pengujian *In-House Standard* laterit nikel dari ketiga conto beserta parameternya seperti terlihat pada Tabel 7.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik dalam tahap pelaksanaan pembuatan *in-house standard* maupun pada saat proses penerbitan makalah ini. Terutama kami sampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh staf Laboratorium Pengujian Mineral Logam yang telah memberikan koreksi dan arahannya sehingga makalah ini dapat diterbitkan.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

- Tiga conto *In-House Standard* Laterit Nikel dibuat untuk digunakan di Laboratorium Pengujian Kimia-Fisika Mineral dan Batubara, Pusat Sumber Daya Geologi, sebagai berikut :
 - P-1 conto ini diambil dari daerah Pomala, dari informasi yang didapat di lapangan conto tersebut mempunyai kandungan Ni yang tinggi karena pemercontaan dilakukan pada lapisan *saprolit*. Dari hasil analisis terbukti bahwa conto tersebut termasuk conto dengan kadar tinggi.
 - P-2 conto ini diambil dari daerah Pomala, dari informasi yang didapat di lapangan conto tersebut mempunyai kandungan Ni yang

lebih rendah karena pemercontaan dilakukan pada lapisan *limonit*. Dari hasil analisis terbukti bahwa conto tersebut termasuk conto dengan kadar rendah.

SG-1 conto ini diambil dari daerah Sorowako, dari informasi yang didapat di lapangan conto tersebut mempunyai kandungan Ni yang tinggi karena terdapat bongkahan- bongkahan *garnierit* Gambar 11. Ternyata dari hasil analisis terbukti bahwa conto tersebut termasuk conto dengan kadarsedang.

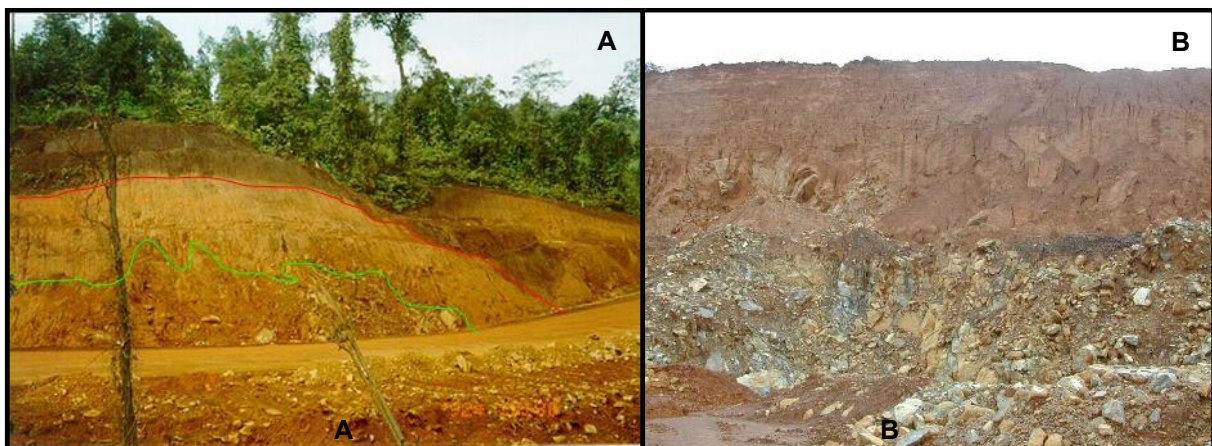
- b. Hasil statistik membuktikan bahwa P-1, P-2 dan SG-1 telah homogen.
- c. Data hasil analisis internal (8 kali pengulangan) pada umumnya presisi cukup baik kecuali untuk beberapa unsur seperti CaO (conto P-1, P-2 dan SG-1), SiO₂ (conto P-2) dan Mg (conto SG-1).
- d. Hasil analisis kimia Ni, Co, Mg, Fe, Cr, SiO₂, Al₂O₃, dan CaO dari 9 (sembilan) laboratorium sangat bervariasi. Hal ini terjadi kemungkinan karena beberapa laboratorium menggunakan metoda analisis berbeda. Ada beberapa data yang sangat ekstrim namun ada juga

data-data yang mendekati.

- e. Presisi pada beberapa unsur terdapat yang kurang baik, yaitu yang bernilai >10%. Conto P-1 untuk unsur-unsur Ni, Co, Mg, Fe, Cr, SiO₂, Al₂O₃ presisinya cukup baik, kecuali CaO dengan presisi 11,28%. Conto P-2 untuk unsur-unsur Ni, Co, Mg, Fe, Cr, Al₂O₃ memperlihatkan presisi yang baik kecuali SiO₂ (10,27%) dan CaO (33,15%). Conto SG-1 untuk unsur-unsur Ni, Co, Fe, Cr, SiO₂, Al₂O₃ memperlihatkan presisi yang baik kecuali Mg (23,60%) dan CaO (27,82%).

Saran

- a. Setiap laboratorium harus mempunyai conto standar acuan yang sesuai dengan jenis-jenis conto yang dianalisis. Maka diharapkan kegiatan pembuatan *In-House Standard* ini akan terus berlanjut dengan jenis-jenis conto lainnya.
- b. Uji stabilitas harus dilakukan pada perioda tertentu untuk mengetahui



Gambar 10. Lokasi pengambilan conto laterit nikel di Blok Barat (A) dan Blok Timur (B)



Gambar 11. Bijih nikel (*Garnierite*) berwarna hijau di daerah Anoa, Blok Barat



Gambar 12. Peralatan preparasi conto laterit nikel jenis *Jaw Crusher* dan *Pulverizer*



Gambar 13. Peralatan preparasi conto laterit nikel jenis *Divider* dan mesin pengaduk



Gambar 14. *Atomic Absorption Spectrometer (AAS) Varian Type AA 240* merupakan alat untuk analisis laterit nikel



Gambar 15. Hasil pengemasan *In-House Standard* contoh laterit nikel

DAFTAR PUSTAKA

- DSN, Pedoman 24-1994 (Adopsi dari ISO/IEC Guide 43 : 1984) : Pedoman Pengembangan dan Pelaksanaan Uji Profisiensi Laboratorium.
- Davies, A.E. dan Hartati, R.D. 1991, *The Preparation of New Quality Control Sample for the Analysis of Sample from Southern Sumatra Geological and Mineral Exploration Project*. Direktorat Sumber Daya Mineral.
- Hartati, R.D. dan Purbahayati, Y, 1998, Pembuatan Conto Acuan Standar dan Cara Cepat Untuk Penentuan Tungsten dalam Conto Eksplorasi Geokimia di Lapangan. Direktorat Sumber Daya Mineral.
- Hartati, R.D. dan Ramdanah, 1999, Penentuan Fe, Co, Ni, Mn dan Cr dalam Contoh Acuan Bijih Laterit Pomala dengan Metoda SSA dan Beberapa Dekomposisi. Direktorat Sumber Daya Mineral. ISSN : 0854 – 4778.
- Hutamadi, R., Kuntjara, U., dan Fujiono, H., 2005. Laporan Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral di Daerah Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi selatan

Kartiwa Sumadi, 2007, Bahan Acuan untuk Uji Kompetensi, Homogenitas Bahan Acuan, Uji Stabilitas Conto Acuan, Kompetensi Kemampuan Pengujian Antar Analisis, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.

Komite Akreditasi Nasional, DP. 01.34, Juli 2004, Pedoman Perhitungan Statistik Untuk Uji Profisiensi.

Lahar, H., Hararap, I.A., Bagdja, M., Koestiany, A., Sukarsih, R., dan Suhandi, 2002, Laporan Pengawasan, Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral di Daerah Pomala, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara.

Thompson, M, 1992, *Data quality in applied geochemistry : the requirements, and how to achieve them*. Journal of Geochemical Exploration, 44 (1992) 3-22.

Thompson, M dan Howarth, R.J., 1973, *Rapid Estimation and Control of Precision by Duplicate Determination*, Analyst, 98, 153.

MEMBANGUN APLIKASI ASEAN MINERAL TRADE DATABASE

Oleh:

Qomariah dan Denni Widhiyatna
Pusat Sumber Daya Geologi
Jalan Soekarno-Hatta nomor.444, Bandung

SARI

ASEAN Mineral Trade Database Application atau Aplikasi Basis Data Perdagangan Mineral ASEAN merupakan bagian dari aplikasi *ASEAN Minerals Database and Information System* yang terdiri dari aplikasi *ASEAN Mineral Resources Database* dan *ASEAN Mineral Trade Database*. Aplikasi *ASEAN Mineral Resources Database* sudah dikembangkan oleh Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi sejak Tahun 2007. Dalam topologi jaringan mineral ASEAN terdapat 6 macam konten yaitu : sumber daya mineral, direktori perusahaan, legislasi pengembangan mineral dan lingkungan, ekspor impor mineral, persediaan dan permintaan, direktori bisnis penelitian dan pengembangan. Database sumber daya mineral menjadi satu sub database tersendiri, sedangkan sisanya digabung kedalam database perdagangan mineral ASEAN.

Dengan tersedianya aplikasi ini diharapkan negara-negara anggota ASEAN akan lebih mudah mempublikasikan informasi potensi mineral dan perdagangannya ke seluruh dunia secara efisien dan efektif apabila dimanfaatkan dengan pengisian data terkait secara berkesinambungan.

Kata Kunci : Basis data, aplikasi.

ABSTRACT

ASEAN Minerals Trade Database application is part of the application of ASEAN Minerals Database and Information System which consists of two sub-databases, i.e. ASEAN Mineral Resources Database and ASEAN Minerals Trade Database. ASEAN Mineral Resources Database applications previously developed by the Center for Geological Resources, Geological Agency, Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) of the Republic of Indonesia in 2007. Indonesia has been appointed by ASEAN Member States as coordinator country in developing ASEAN Minerals Database and Information System application. In the ASEAN mineral network topology consists of 6 kinds of databases namely: mineral resources, company directory, mineral development and environment legislation, mineral exports and imports, supply and demand data, research and development business directory. Database of mineral resources becomes a sub database itself, while the rest is merged into the database of ASEAN minerals trade.

If this application available is expected to ASEAN member countries will more easily publish information on mineral potential and its trade throughout the world in an efficient and effective while it is utilized by entry related data to the application continuously.

Keyword : Database, application

PENDAHULUAN

Kemitraan pengembangan database mineral ASEAN mulai diluncurkan pada ASOMM (ASEAN Senior Officials Meeting on Minerals) ke-4 yang diselenggarakan di Phnom Penh, Kamboja pada tanggal 2-4 April 2002. Kerjasama ini dimaksudkan untuk menstimulasi dan mempromosikan keuntungan adanya database mineral ASEAN terintegrasi yang merupakan database negara anggota ASEAN untuk

pemanfaatan pertambangan dan mineral yang berkelanjutan, efisiensi yang tinggi dalam manajemen data yang menggunakan teknologi komunikasi modern untuk pertukaran informasi sumberdaya mineral, sinkronisasi strategi kerjasama regional dalam perdagangan dan investasi komoditi mineral negara ASEAN, peningkatan kerjasama institusi yang kompeten dan terkait pada bidang pertambangan dan

mineral dalam memformulasikan regulasi dan kebijakan manajemen sumberdaya mineral.

Hasil umum yang diharapkan dari kerjasama pengembangan database mineral ASEAN yaitu tercapainya pemberian dukungan *capacity building* yang lebih baik, terstruktur dan terkoordinir di negara anggota ASEAN dalam manajemen data dan informasi sumberdaya mineral untuk meningkatkan kesempatan perdagangan dan investasi di bidang pertambangan untuk pemanfaatan (produksi dan konsumsi) mineral yang berkelanjutan di negara anggota ASEAN. Hasil khusus yang diharapkan mencakup standarisasi struktur database dan kode data, konversi dari data analog ke data digital, integrasi database mineral melalui situs web, publikasi data dan informasi pada situs web nasional dan regional, pertukaran data dan informasi termasuk regulasi dan kebijakan diantara negara anggota ASEAN.

Dalam penyusunan formulir ASEAN Mineral Trade Database, Indonesia dan Malaysia telah mem bahas nya dalam pertemuan di Johor, Malaysia pada tahun 2009. Pada pertemuan tersebut telah disepakati beberapa hal, antara lain :

1. Formulir beserta field dan atribut yang terkait untuk format entri data pada ASEAN Mineral Trade Database;
2. Penggunaan kode HS (Harmonized System) dan SITC (Standard International Trade Classification) untuk standarisasi penamaan komoditi perdagangan mineral dalam database hanya mencakup batuan, mineral dan logam;
3. Malaysia mengkompilasi dan menyiapkan daftar komoditi (batuan, mineral dan logam) dengan kode SITC dan kode HS serta deskripsi komoditinya yang terkait;
4. Formulir yang diusulkan untuk database mineral perdagangan ASEAN akan didistribusikan ke negara-negara anggota ASEAN melalui Sekretariat ASEAN oleh Indonesia, untuk dipertimbangkan pada pertemuan ASOMM (ASEAN Senior Officials Meeting on Minerals) ke-10 yang akan diselenggarakan di Bangkok, Thailand.

Berdasarkan pertemuan 7th WGMID (Working Group on Mineral Information and Database), 7th WGTIM (Working Group on Trade and Investment in Mineral), 10th ASOMM (ASEAN Senior Officials Meeting on Minerals), dan 3rd ASOMM+3 yang dilaksanakan di Bangkok, Thailand pada tanggal 2 s.d 5 Maret 2010 telah disepakati bahwa database perdagangan mineral ASEAN merupakan bagian dari Database Sumber Daya Mineral yang isinya

terdiri dari *company directory, mineral development and environment legislation, mineral exports and imports, supply and demand data, Research and Development Business Directory.*

PEMBANGUNAN DATABASE SUMBER DAYA MINERAL ASEAN

Database sumber daya mineral ASEAN telah dikembangkan sejak tahun 2007. Metode pengembangan aplikasi sistem informasi dan database mineral ASEAN, antara lain : inventarisasi kebutuhan pengembangan aplikasi sistem informasi dan database mineral ASEAN yang diambil dari formulir isian database mineral ASEAN yang telah disepakati bersama oleh negara anggota ASEAN; persiapan hardware dan software yang diperlukan dalam pembuatan aplikasi database; pengumpulan data/download pendukung software pembuatan program, data dasar negara ASEAN, kode mineral, komoditi energi fosil, mineral logam dan non logam, peta dasar negara ASEAN; pembuatan tampilan form input, struktur database, *Entity Relationship Database (ERD)*; perancangan/design pengembangan aplikasi sistem informasi dan database mineral ASEAN; pembuatan database dari hasil rancangan; pembuatan program php dan javascript sesuai dengan rancangan yang telah dibuat; pembuatan sub-sub program aplikasi database yang meliputi form input, output, hak akses user dan web GIS; pengembangan Web GIS, meliputi peta-peta sumberdaya batubara, mineral logam dan non logam; uji coba program dengan hardware dan software yang tersedia.

Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi mewakili Indonesia ditunjuk oleh ASEAN sebagai ketua *Working Group* pengembangan database mineral ASEAN, yang bertujuan untuk menyeragamkan format database mineral ASEAN, mengingat potensi mineral dan energi fosil negara-negara anggota ASEAN yang cukup berlimpah, tetapi belum tersimpan dalam suatu database yang terintegrasi, serta belum adanya sarana publikasi bersama tentang potensi energi fosil dan mineral negara anggota ASEAN.

Pada tahun 2000, telah disetujui format data entry untuk database ASEAN. Hal ini ditindaklanjuti dengan pembuatan aplikasi untuk pembuatan database tersebut. Akses pengguna ke server aplikasi database mineral ASEAN dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Dengan adanya database berbasis web ini, di masa yang akan datang ASEAN akan memiliki format database yang seragam dan sistematis untuk menarik minat investor asing agar

berinvestasi di bidang industri pertambangan ASEAN.

Saat ini telah dikembangkan database ASEAN di bidang sumber daya mineral, seiring dengan perkembangan aplikasinya direncanakan akan dikembangkan dengan menambah konten.

PEMBANGUNAN ASEAN MINERAL TRADE DATABASE

Metodologi dan prinsip dasar dalam pengembangan aplikasi ASEAN Mineral Trade Database hampir sama dengan pengembangan aplikasi sumber daya mineral dan energi ASEAN, hanya saja ada beberapa tambahan software pendukung tertentu, seperti CMS Wordpress, Database MySQL, Adobe Plash Player, Fusion Chart, Helpndoc yang digunakan pada ASEAN Mineral Trade Database beserta field dan atribut yang disesuaikan dengan kebutuhan.

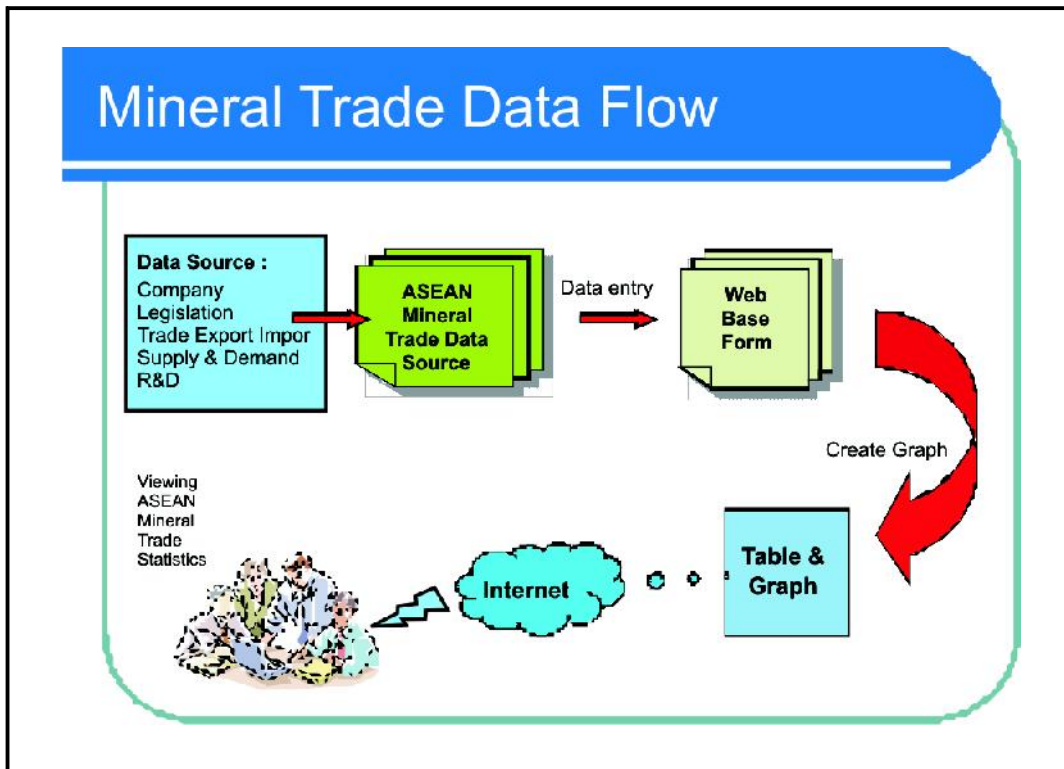
Pembagian hak akses dalam aplikasi ini dibagi ke dalam 3 bagian :

1. *Administrator* yang bertugas untuk mengelola data entri aplikasi, seperti form *company directory, mineral development and environment legislation, mineral exports and imports, supply and demand data, Research and Development Business Directory*;
2. *Author* yang bertugas untuk mengelola data berita yang terkait dengan mineral dan energy di Negara ASEAN;
3. *Public User* berupa pengguna internet yang dapat melihat data output sesuai query yang dibutuhkan dan disediakan.

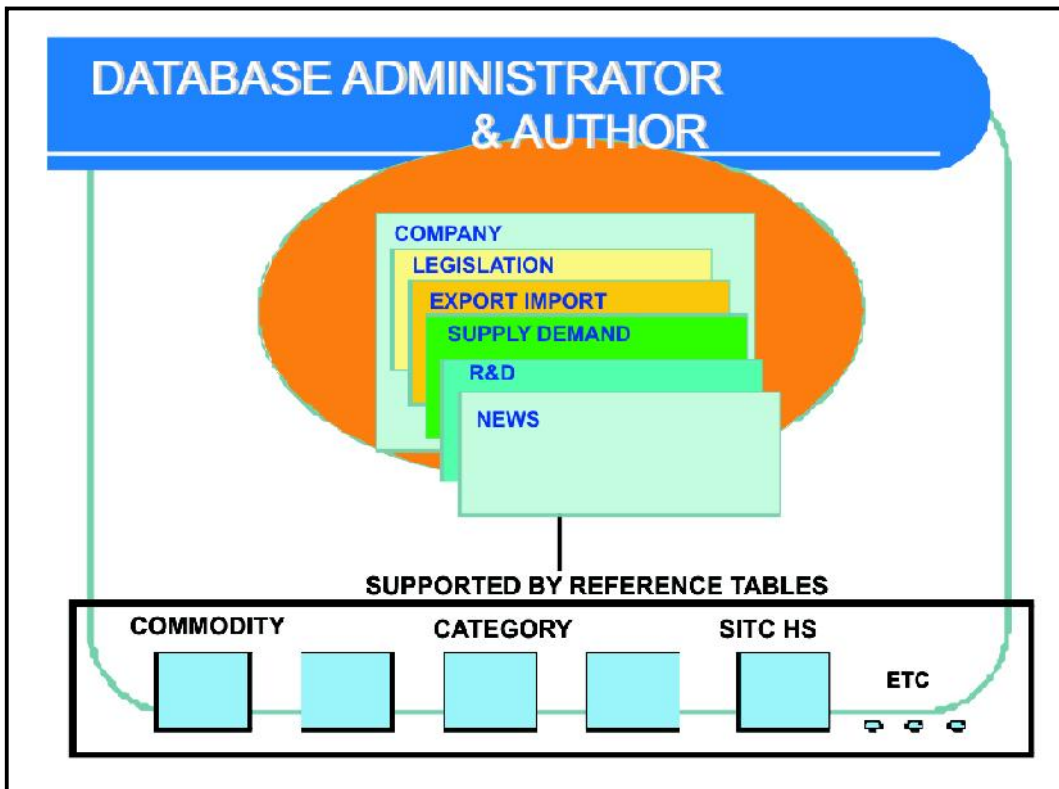
Sesuai dengan pola pengisian data di dalam database, maka dari data laporan yang telah ada dialihkan ke dalam formulir ASEAN Mineral Trade Database yang tersedia, seperti di bawah ini.




Gambar.1 Alur Akses Pengguna ke Server Aplikasi Sumber Daya dan Energi



Gambar.2 Alur Pengisian Data ASEAN Mineral Trade Database



Gambar.3 Ilustrasi kewenangan pengelola ASEAN Mineral Trade Database



ASEAN MINERAL TRADE DATABASE ENTRY FORM

GENERAL

Commodity type Metallic Non-metallic Energy Mineral

Commodity

Country

Data source (organization)

Remarks (if any)

Data entered by

Entry date

Data verification by

Verification date

IMPORTS

SITC code (Rev. 3) - -

HS code . -

Commodity description

No	Country of Origin	Value (CIF)		Quantity	Unit (tonne/kg /gram/oz/ carat)	Year
		Local	USD			

EXPORTS

SITC code (Rev. 3) - -

HS code . -

Commodity description

No	Country of Destination	Value (FOB)		Quantity	Unit (tonne/kg /gram/oz/ carat)	Year
		Local	USD			

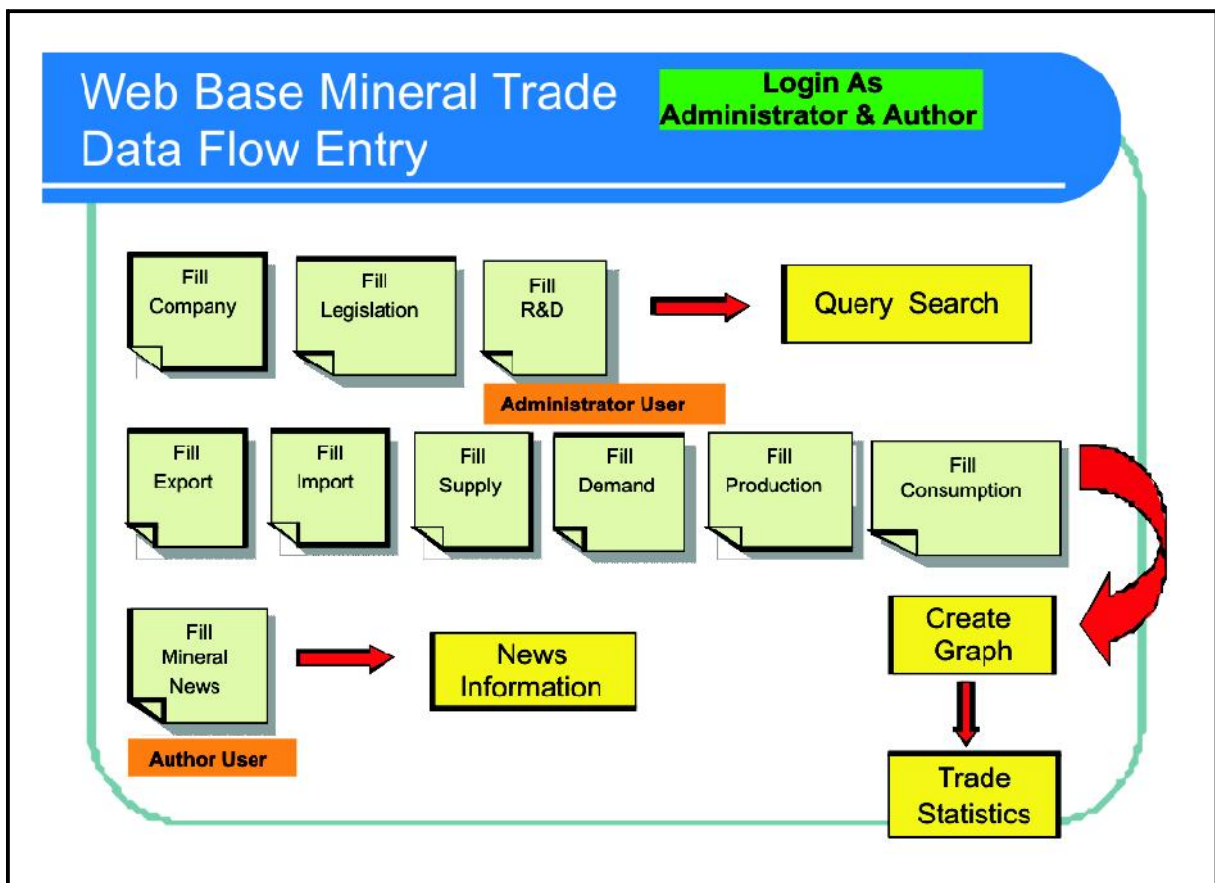
Gambar.4 Formulir Pengisian Data Pada ASEAN Mineral Trade Database

database mineral ASEAN dibuat dengan menggunakan metode CMS (*Content Management System*) Wordpress dengan menggunakan template cityview yang diperoleh sumbernya dari internet dengan alamat <http://www.wordpress.org>. Pemilihan wordpress sebagai pembuatan homepage agar lebih mudah dalam pengelolaan dan pemeliharaan database mineral ASEAN. Dalam CMS Wordpress juga disediakan fasilitas template, modul dan komponen yang dapat menambah fitur dalam aplikasi. Menu aplikasi yang tersedia terkait dengan subdatabase ASEAN Mineral Resources dan subdatabase ASEAN Mineral Trade.

Dalam homepage ini juga disediakan tampilan berita yang dapat diisi, dikelola dan dipublikasi

oleh negara anggota ASEAN melalui login sebagai author. Hasil output berupa query untuk ASEAN Mineral Trade Database juga dikaitkan dengan homepage yang sudah dibuat. Menu dalam homepage dikelompokkan ke dalam 4 bagian:

1. Link dengan website sekretariat ASEAN dan ASEAN Mineral Resources;
2. Link dengan website Administrator ASEAN Mineral Trade Database dan ASEAN Mineral Resources Database;
3. Informasi berita terakhir yang dipublikasi oleh negara anggota ASEAN;
4. Halaman output ASEAN Mineral Trade Database yang dilengkapi dengan informasi tambahan yang terkait dengan ASEAN Mineral Database.



Gambar.5 Alur Pengisian Data Aplikasi ASEAN Mineral Trade Database

Form Edit Trade - Mozilla Firefox

http://203.189.69.146/aseanmin_trade/administrator/dialogue/dialogform.php?trform=...

Trade

Commodity Type : 02 Non Metallic Mineral

Commodity : 0200 Limestone

Country : 01 Indonesia

Data Source (Organization) : BPS

Remark (if any) :

MISCELLANEOUS

Data Entry By : admin

Data Entry Date : 11-03-2010

Cancel OK

Form Add Export - Microsoft Internet Explorer

Export Id : [] [auto increment]

SITC Code : 971-012-100

HS Code : 7108 12 100

Commodity Description : Gold Bullion, non-monetary unwrought forms

Cancel OK

Gambar.6 Pengisian Data Perdagangan ASEAN Mineral Trade Database

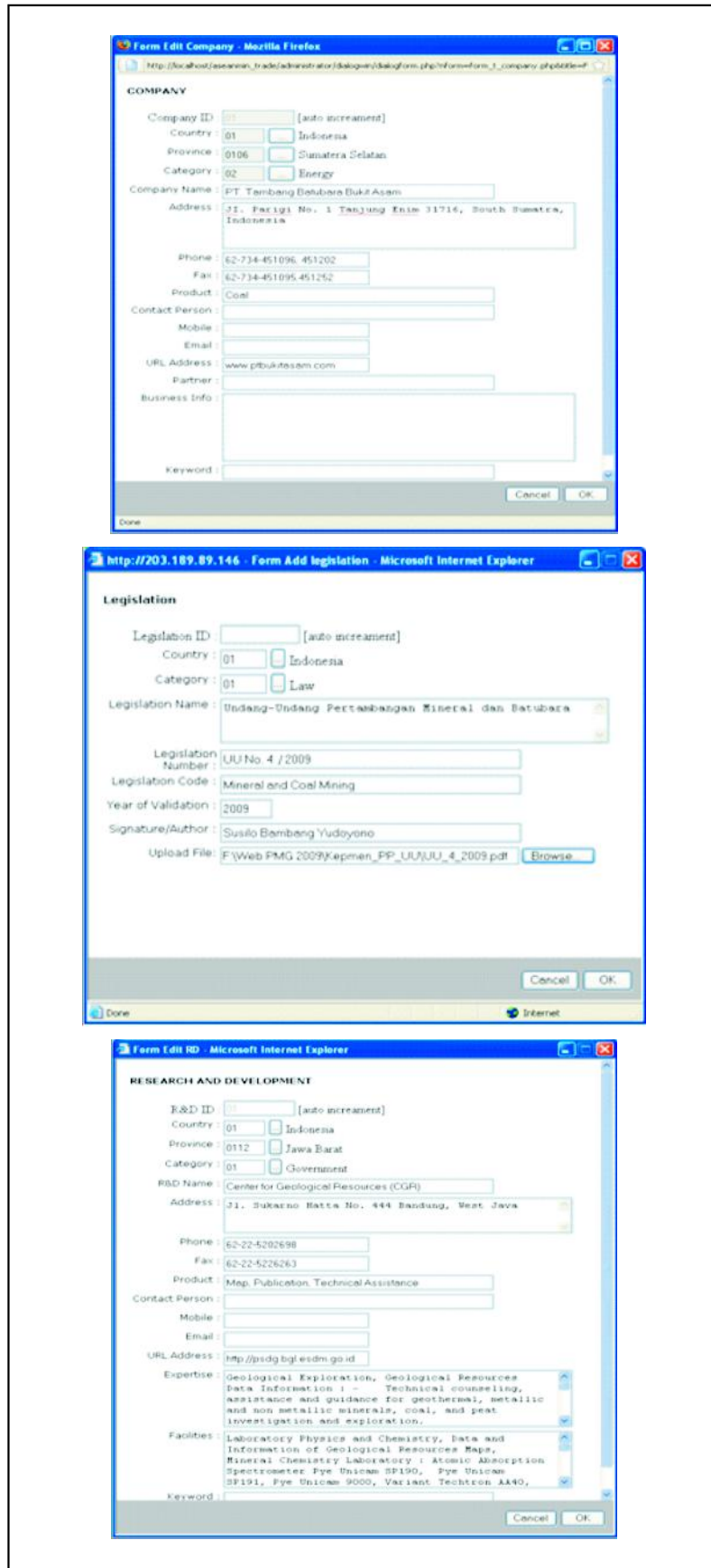
KONDISI SAAT INI

Upaya pengembangan basis data sumber daya mineral diantara negara-negara ASEAN dilakukan secara terus menerus untuk menyediakan informasi yang akurat tentang potensi sumber daya mineral dan perdagangannya di masing-masing negara di ASEAN.

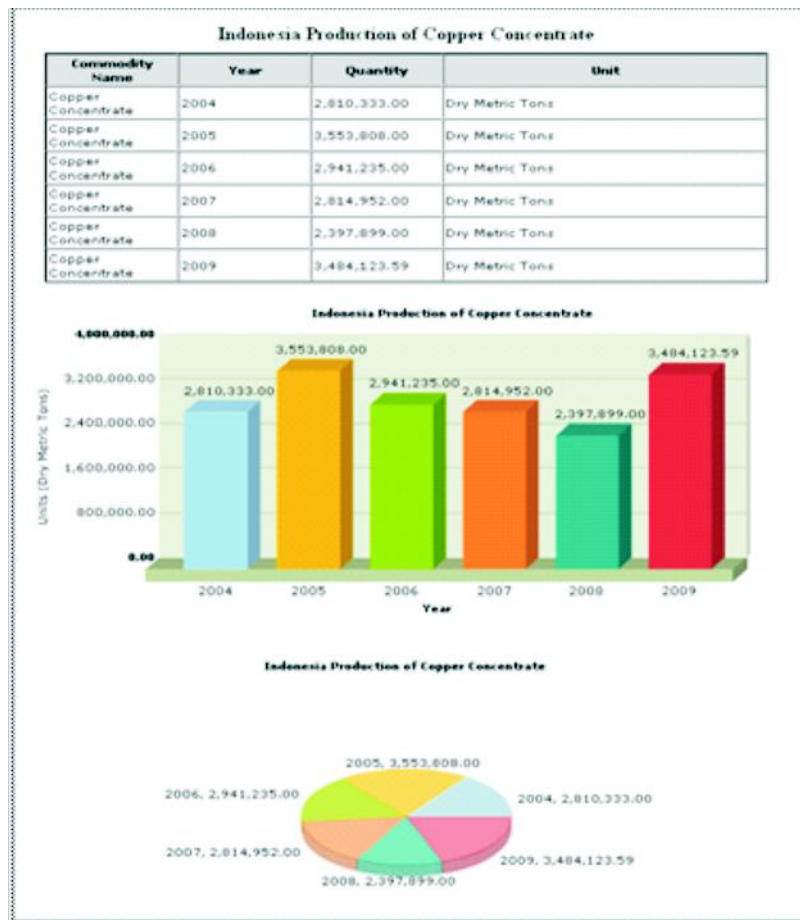
Kondisi saat ini yang telah dicapai antara lain :

- Bentuk formulir data entri untuk aplikasi *ASEAN Mineral Trade Database* yang diusulkan telah disetujui oleh negara-negara anggota ASEAN pada ASOMM X di Bangkok, Thailand;
- Homepage untuk basis data mineral ASEAN yang dilengkapi fitur untuk menginput dan mempublikasikan berita

- dari setiap negara anggota ASEAN telah dikembangkan menggunakan CMS (*Content Management System*);
- Database form input* data perusahaan konsesi pertambangan, penelitian dan pengembangan, legislasi, perdagangan ekspor impor, penawaran dan permintaan, serta *output query* untuk basis data perdagangan mineral ASEAN telah dikembangkan;
- Plus three country* (Jepang, Cina dan Korea) akan terus mendukung pengembangan basis data mineral ASEAN dengan memberikan bantuan teknis;
- ASEAN Mineral Trade Database* pendahuluan diharapkan sudah tersedia di ASOMM XI di Hanoi, Vietnam tahun 2011.



Gambar.7 Pengisian Data Perusahaan, Legislasi dan Penelitian dan Pengembangan pada aplikasi



Gambar.8 Contoh Tampilan Hasil Pencarian Produksi Tembaga Indonesia pada Aplikasi

UPAYA KE DEPAN

- a. Untuk menjaga agar aplikasi dan data dapat digunakan dengan baik dan penambahan data dapat dilakukan secara berkelanjutan maka perlu membentuk kelompok kerja pengelola data sumber daya geologi tingkat nasional dan ASEAN. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menyelenggarakan workshop atau pertemuan secara berkala diantara pengelola data sehingga pemutakhiran database dapat terus dilakukan.
- b. Kegiatan sosialisasi dan/atau diseminasi Aplikasi Database Mineral ASEAN bagi negara yang perlu mendapat bantuan secara khusus perlu dilakukan, agar kemajuan perkembangan data berjalan secara seimbang.
- c. Pemutakhiran aplikasi database perlu dilakukan sesuai dengan perkembangan teknologi informasi, sehingga akan lebih

- d. mempermudah bagi pemanfaatannya, baik dari sisi pengelola maupun penggunaan data/informasi.
- d. Selain itu, dukungan perangkat keras, perangkat lunak dan sumberdaya manusia perlu ditingkatkan, mengikuti perkembangan teknologi informasi.

KENDALA TEKNIS

Dalam proses pembangunannya terdapat beberapa kendala, antara lain :

- a. Perbedaan format data pada masing-masing Negara di ASEAN.
- b. Database informasi mineral di masing-masing Negara ASEAN belum terintegrasi dan dikelola dengan baik;
- c. Memerlukan dukungan untuk melakukan promosi potensi sumber daya mineral di lingkungan Negara-negara ASEAN;
- d. Sulitnya pertukaran data diantara Negara-negara anggota ASEAN.
- e. Sarana teknologi informasi yang tidak merata yang menyebabkan lambatnya

- pengisian data.
- f. Kebijakan di beberapa negara ASEAN yang kurang mendukung menyimpan data sumber daya mineral dan energi pada aplikasi database Mineral ASEAN.
 - g. Tidak kompatibelnya tiap piranti lunak yang digunakan oleh satu server antara peta dasar PHP, Apache, Map Server, WordPress CMS;
 - h. Kadang-kadang fungsi Tool di dalam webmap tidak muncul di dalam browser.
 - i. Terbatasnya koneksi internet, kapasitas bandwidth dan hardisk di dalam server.
 - j. Perbedaan struktur database mineral pada masing-masing negara anggota ASEAN dan perbedaan infrastukturnya juga.
 - k. Perbedaan operasi piranti lunak ketika dikembangkan dalam program berbasis windows dan server ASEAN didalam dasar FreeBSD.
 - l. Berbeda operasi perangkat lunak saat mengembangkan program di berbasis windows dan server ASEAN berbasis linux FreeBSD;
 - m. Terlalu banyak data yang harus diinput dalam aplikasi sehingga diperlukan aplikasi transfer database;
 - n. Perbedaan bahasa dan tulisan yang menyulitkan pemahaman dalam berkomunikasi sehingga diperlukan aplikasi terjemahan dan workshop.

PENUTUP

Aplikasi Database dan Sistem Informasi Mineral ASEAN yang berbasis web telah disempurnakan dan dikembangkan dengan penambahan aplikasi *ASEAN Mineral Trade Database* yang berguna untuk mengetahui kondisi perdagangan mineral di negara-negara ASEAN. Adanya data dan informasi statistik perdagangan mineral ASEAN diharapkan dapat terjalin kerjasama yang saling menguntungkan antar negara ASEAN khususnya untuk saling melengkapi kebutuhan mineral yang belum atau tidak ada di negara yang bersangkutan agar dapat

mengeksport atau mengimpor mineral dari sesama anggota negara ASEAN.

Strategi yang dapat dilakukan dengan tersedianya sarana aplikasi ini, antara lain :

1. Memperbaharui dan memperkuat sistem akses database mineral;
2. Mengembangkan jaringan database perdagangan mineral antar negara anggota ASEAN;
3. Memperbaharui dan menunjuk orang yang bertanggung jawab pada Database ASEAN dari setiap negara anggota ASEAN;
4. Berkoordinasi dengan dengan kelompok lain seperti perdagangan, penelitian dan pengembangan, pelatihan institusi, informasi peraturan dan kebijakan untuk melengkapi data di aplikasi;
5. Menghubungkan halaman web dari informasi mineral ASEAN pada situs web ASEAN;

Adanya upaya untuk mengembangkan kerja sama di bidang pengelolaan mineral dari hulu hingga hilir di kawasan ASEAN akan semakin mendorong terciptanya hubungan yang harmonis diantara negara-negara ASEAN. Sekretariat ASEAN sebagai pihak yang mengkoordinir kerjasama ini diharapkan tetap memacu upaya pengembangan kerjasama di kawasan ASEAN sesuai dengan semangat ASEAN yaitu *“one vision, one community, one identity.”*

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Kepala Bidang Informasi Pusat Sumber Daya Geologi, Ir. Calvin Karo karo Gurusinga, M.Sc yang telah memberikan masukan dalam penyusunan artikel, Indra Sukmayana, ST yang mengembangkan *ASEAN Mineral Database Application* dan Tim Editor Buletin Sumber Daya Geologi yang telah memberikan kritik dan saran dalam proses penyempurnaan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Antony Pranata, 2001, *Panduan Pemrograman Javascript*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Dios Kurniawan, 1997, *HTML 3 untuk Publikasi di Internet*, BPPE, Yogyakarta.
- Fathansyah, 2002, *Basis Data*, Penerbit Informatika, Bandung.
- http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/Books/SIGeografis/SIG-part-2.pdf
- Intruksi Presiden Nomor.3 Tahun 2003, *tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan e-Government*.
- Peraturan Presiden Nomor.85 Tahun 2007, *tentang jaringan data Spatial Nasional*.
- Pusat Sumber Daya Geologi, 2006, *Buku Panduan Sosialisasi Pengelolaan Data dan pelayanan Informasi Sumber Daya Mineral*, Bandung.
- Tim Pengembangan Aplikasi Database Sumber Daya Geologi, 2007, *Laporan Akhir Pengembangan Aplikasi Database Sumber Daya Geologi*, Pusat Sumber daya Geologi, Bandung.
- Wiliams, Sawyer, 2007, *Using Information Technology, Pengenalan Praktis Dunia Komputer dan Komunikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

**PROSPEK MIGAS PADA CEKUNGAN JAWA TIMUR
DENGAN PENGAMATAN METODE GAYABERAT**

Oleh:

Saultan Panjaitan

Pusat Survei Geologi

Jalan Diponegoro 57 Bandung

SARI

Anomali Bouguer di daerah Cekungan Jawa Timur dapat di kelompokkan kedalam (3) tiga bagian yaitu: a. Anomali gayaberat tinggi dari kisaran 20 mGal hingga 60 mGal membentuk tinggian batugamping. b. Anomali gayaberat sedang dari kisaran 0 mGal hingga 20 mGal dibentuk oleh cekungan batuan sedimen. c. Anomali gayaberat rendah dari kisaran 0 mGal hingga -50 mGal dibentuk oleh rendahan Zona Kendeng. Tinggian antiklin yang terkait dengan migas terbentuk pada dua jalur yaitu Zona Rembang di utara dan Zona Randublatung di selatan. Anomali 5 mGal hingga 37 mGal pada anomali sisa dianggap prospek sedangkan < dari 5 mGal kurang prospek. Batuan reservoir terbentuk pada rapat massa $2,7 \text{ gr/cm}^3$ dari batugamping Formasi Kujung bagian atas, Formasi Ngimbang bagian atas dan batupasir Ngrayong bagian atas hingga Formasi Ledok dan Formasi Lidah. Ketebalan batuan reservoir terbentuk antara ± 800 hingga 1100 meter pada kedalaman ± 1500 hingga 2500 meter.

Batuan induk terbentuk pada anomali 0 mGal hingga -35 mGal di Cekungan Lamongan dan Rembang dari serpih terestrial Formasi Ngimbang Bawah, Kujung Bawah dan Formasi Tawun. Batuan alas diperkirakan disusun oleh Kompleks Melange terdiri atas batuan metamorf dan batuan beku mempunyai rapat massa $2,9 \text{ gr/cm}^3$ dengan kedalaman yang bervariasi akibat pematahan bongkah pada batuan alas.

Kata kunci: Gaya berat, migas, cekungan, antiklin, rapat massa, batuan induk.

ABSTRACT

Bouguer Anomalies in East Java basin can be divided into (3) three parts namely: a. High Gravity anomaly, from 20 to 60 mGal that formed by limestone high. b. Medium Gravity anomaly, from 0 to 20 mGal that formed by sedimentary rock basin, and. c. Low Gravity anomaly from 0 to -50 mGal that formed by low Kendeng Zone.

Anticline high that Correlated with oil and gas occurrences can be found in (2) two zones, namely Kendeng Zone in the north and Randublatung Zone in the south. The Value of residual anomaly between 5 mGal and 3+ mGal can be considered as prospect and value below 5 mGal is not prospect. Reservoir rock that has density 2.7 gr/cm^3 was formed by limestone of Upper Kujung, Upper Ngimbang, sandstone of Upper Ngrayong, Lebak and Ledok Formation. The reservoir rock has Thickness from 800 to 1,100 m at depth of 1500 to 2500 mm.

Host rock formed has anomaly between 0 to -35 mGal at Lamongan and Rembang Basin and consisted of teresterial shale of lower Ngimbang, lower of Kujung, and Tawun Formation.

Bedrock was considered as Melange complex, consisted of metamorphic and igneous rock with density $2,9 \text{ gram/cm}^3$ in various depth due to faulted block of the bedrock.

PENDAHULUAN

Daerah penelitian di Cekungan Jawa Timur (Gambar 1) merupakan salah satu Cekungan sedimen yang pertama kali dieksplorasi di Indonesia yaitu sejak akhir abad ke-19. Penelitian dilakukan dengan metode Gayaberat dan sajian data berbentuk lintasan disepanjang jalan raya berjarak $\pm 2-3 \text{ km}$ dan acak $\pm 5-6 \text{ km}$ hingga puluhan kilometer (Gambar 2). Eksplorasi migas di daerah ini telah berlangsung

selama 125 tahun dan merupakan lapangan komersial pertama di Pulau Jawa yang ditemukan di Cekungan ini adalah Lapangan Kuti-Kuraka tahun 1887.

Sampai saat ini kegiatan eksplorasi dan produksi masih berlangsung di wilayah darat maupun laut dan hingga akhir tahun 2009 sejumlah 33 kontrak karya telah diberikan ijin melakukan aktivitas eksplorasi di daerah ini. Beberapa penemuan ladang migas cukup

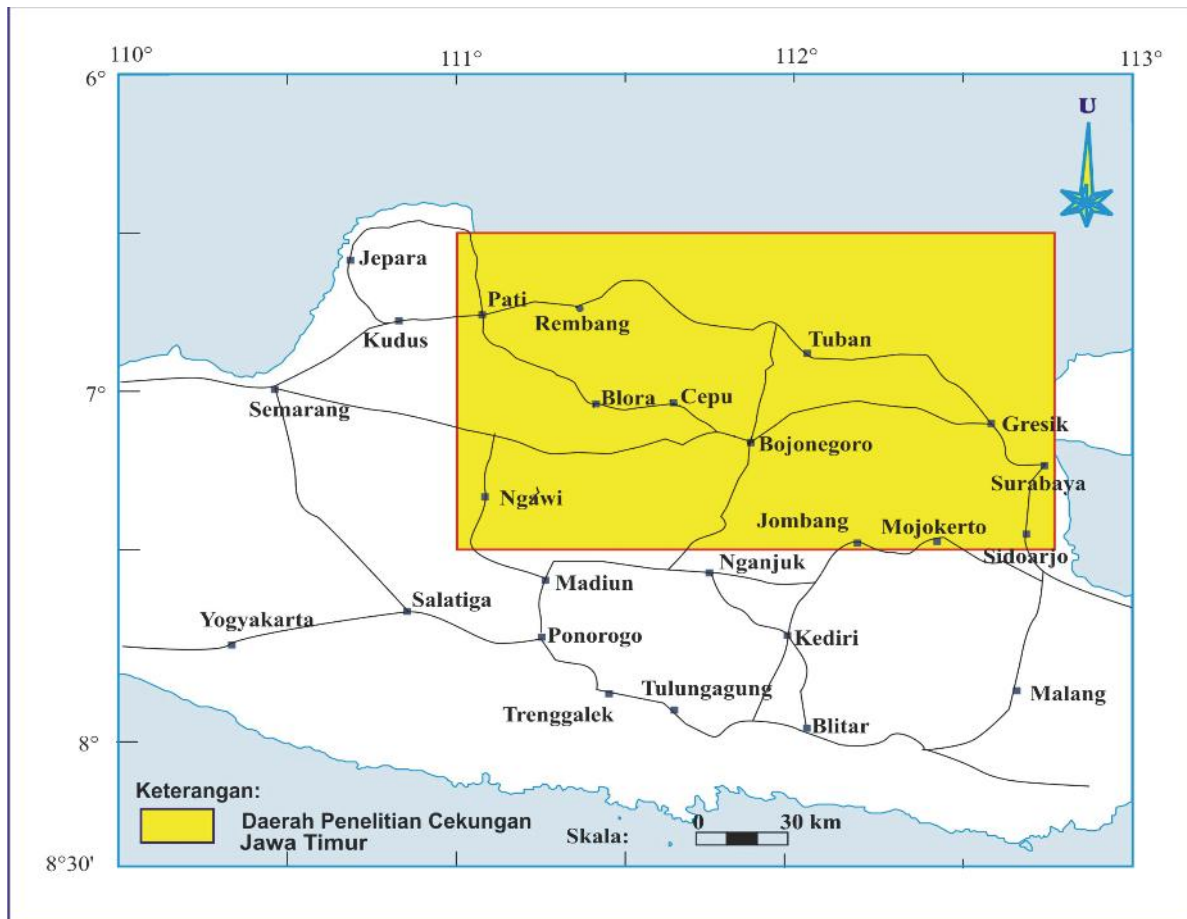
Diterima tanggal 27 Agustus 2010
Revisi tanggal 11 Oktober 2010

signifikan setelah era 1980-an dan eksplorasi dalam lima tahun terakhir telah menemukan lapangan migas Mudi dan Sukowati dan mulai memproduksi pada tahun 2007 serta lapangan Banyu Urip tahun 2009. Eksplorasi yang dilakukan PERTAMINA di daerah ini melaporkan bahwa migas telah ditemukan hampir diseluruh satuan stratigrafi Cekungan Jawa Timur, mulai dari reservoir klastik Ngimbang umur Eosen Tengah sampai reservoir vulkanoklastik Pucangan umur Plistosen (Gambar 3). Konfigurasi batuan dasar yang telah mengalami deformasi membentuk rendahan dan tinggian sehingga membuat cekungan ini kaya akan dapur migas.

Batuan induk utama adalah serpih terestrial Ngimbang terbentuk di daerah rendahan membentuk cekungan dan perangkap-perangkap terumbu terbentuk pada karbonat

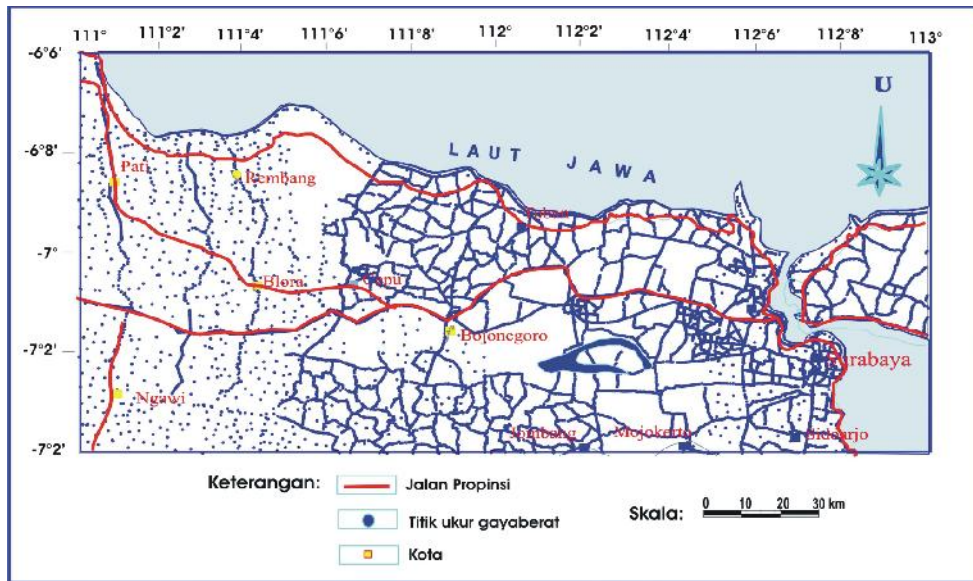
Kujung-1, dan Prupuh. Beberapa objek reservoir dilaporkan masih belum tereksplorasi dengan baik dan masih berpotensi dimasa depan adalah : Batupasir Ngimbang dan karbonat, karbonat-siliklastik Kujung Bawah, batupasir laut dalam Ngrayong, karbonat globigerina. Mundu-Selerejo dan batupasir vulkanoklastik Pucangan. Pengembangan kembali sumur-sumur tua berdasarkan kajian yang dilakukan oleh PERTAMINA mengindikasikan bahwa potensi lapangan migas masih banyak yang belum terungkap dan diduga masih terbuka lebar akan adanya penemuan lapangan-lapangan migas baru.

Dengan adanya data yang komplit termasuk penyediaan data geobarat akan menarik minat investor melakukan eksplorasi lanjutan baik oleh PERTAMINA sendiri maupun perusahaan dalam negeri dan asing.



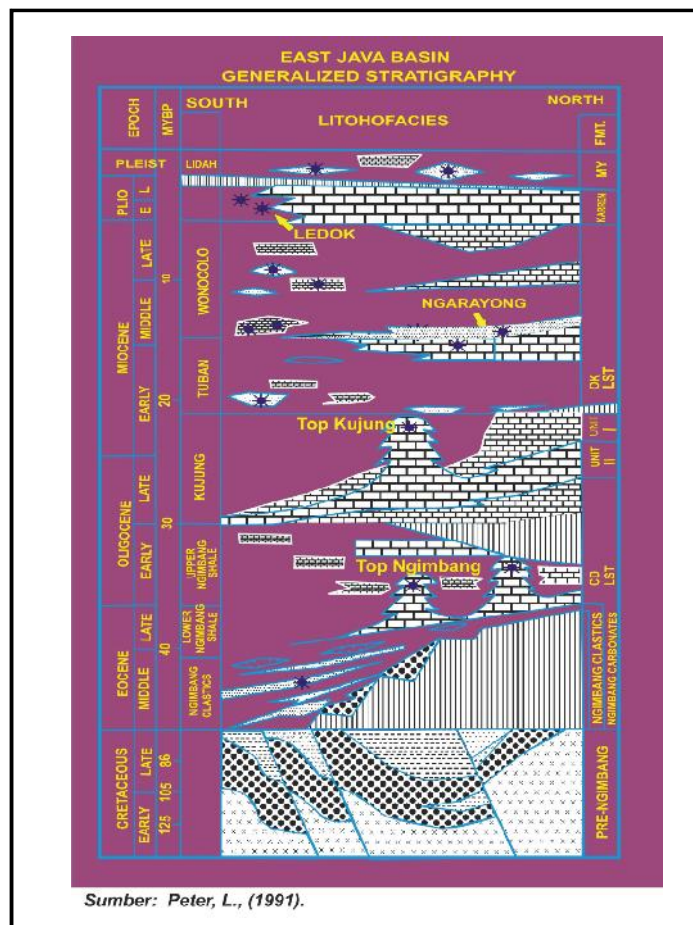
Sumber: Atlas Jawa Timur

Gambar 1. Peta lokasi Penelitian di Cekungan Jawa Timur.



Sumber: Basis data Pusat Survei Geologi, Untung, M., Setlo, Y., (1978). Syarif, dkk., (1994). Simon Hutibessy., (2005) Cekungan Jawa Timur.

Gambar 2 . Lokasi titik ukur gabungan gayaberat dijalan raya berjarak 1-2 Km sepanjang jalan raya berbentuk garis karena rapat dan yang acak berjarak antara 4 hingga 10 km Cekungan Jawa Timur.



Gambar 3. Kolom stratigrafi yang memperlihatkan migas terperangkap dari lapisan berumur Eosen Tengah hingga Pliosen Cekungan Jawa Timur.

Tataan Geologi

Cekungan sedimen penghasil minyak di wilayah Indonesia bagian barat yang berumur Tersier secara tektonik berada pada cekungan busur belakang (*back arc basin*) (Gambar 4). Dan salah satunya adalah Cekungan Jawa Timur Utara terbentuk akibat tumbukan Lempeng Hindia Australia bergerak ke arah utara terhadap lempeng Sunda yang dicirikan oleh anomali rendah didaerah tumbukan dan anomali tinggi didaerah pegunungan selatan Jawa. Pertemuan kedua lempeng tersebut yang bersifat tumbukan melibatkan kerak samudera lempeng Hindia dan kerak benua dari lempeng Sunda yang membentuk sistem busur kepulauan "*Sunda Arc System*".

Cekungan yang terbentuk di Jawa Timur terbagi menjadi 3 mandala struktur masing-masing dari utara ke selatan adalah: Paparan Utara (*Northern Platform*), Tinggian Tengah (*Central High*) dan Cekungan Selatan (*Southern Basin*). Paparan Utara tersusun oleh Busur Bawean (*Bawean Arc*) dan Paparan Madura/Kangean Utara. Tinggian Tengah terdiri dari Tinggian Kujung, Madura, Kangean dan Lombok, sedangkan di Selatan dibagi dalam beberapa Zona yaitu: Zona Rembang, Zona Randublatung dan Zona Kendeng. Di daratan Jawa Timur satuan stratigrafi tertua adalah batuan dasar yang langsung menumpang di atasnya yaitu:

Pra-Ngimbang umur Eosen Bawah terdiri atas batupasir sisipan serpih, batulanau dan batubara tidak selaras dengan Formasi Ngimbang di atasnya.

Formasi Ngimbang umur Eosen Tengah ditandai dengan sedimen klastik yang terdiri dari perselingan batupasir, serpih dan batugamping kadang-kadang dijumpai batubara yang menunjukkan lingkungan laut dangkal di atasnya didapatkan Formasi Ngimbang secara tidak selaras.

Formasi Kujung tersusun oleh serpih dengan sisipan batugamping dan batupasir, batugamping bagian bawah merupakan batugamping Kranji, sisipan bagian atasnya serpih dan batugamping klastik disebut juga sebagai batugamping Prupuh. Pada daerah rendahan berkembang serpih Kujung dan pada daerah lebih tinggi berkembang terumbu karbonat dan Anggota Prupuh.

Formasi Tuban terdiri atas perlapisan batulempung beberapa sisipan batugamping dan serpih terbentuk pada Awal Miosen dan diendapkan pada lingkungan laut dalam.

Formasi Tawun tersusun oleh perselingan antara serpih karbonat pasiran dengan batupasir dan batugamping umur Miosen Awal hingga Miosen Tengah lingkungan paparan yang agak dalam.

Formasi Ngrayong terdiri atas batupasir, serpih, batulempung, batulanau dan sisipan batugamping umur Miosen Awal-Miosen Tengah tersingkap secara luas pada Lembar Rembang ketebalannya berkisar 950 meter.

Formasi Bulu Mempunyai penyebaran yang luas di antiklin Rembang Utara tersusun oleh batugamping berwarna putih kadang-kadang berlapis kalkarenit dengan sisipan napal dan batupasir umur Miosen Tengah.

Formasi Wonocolo tersusun oleh napal dan lempung tidak berlapis di bagian bawah tersusun oleh batugamping pasiran dengan pengendapan transgresif ketebalan berkisar 500 meter umur Miosen Tengah-Atas pada lingkungan paparan luar.

Formasi Ledok mempunyai *stratotype* di antiklin Ledok Cepu tersusun oleh perselingan antara-batupasir glaukonitik dengan sisipan napal umur Akhir Miosen.

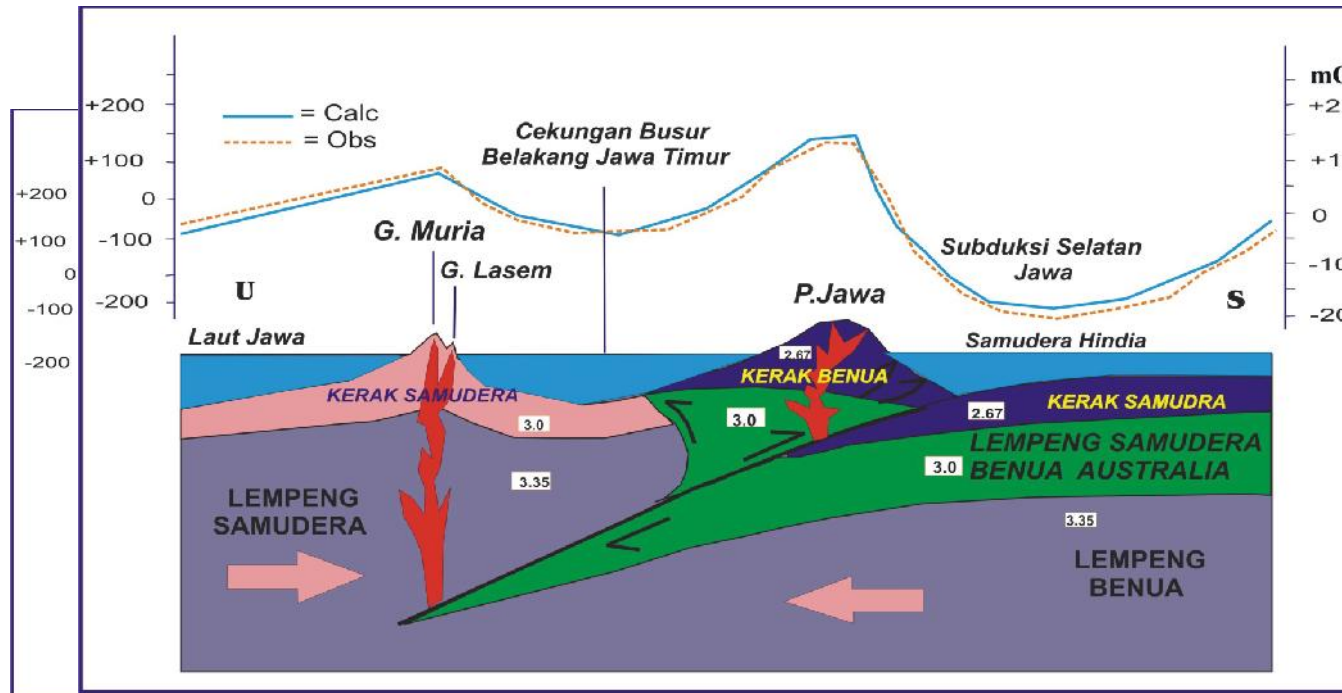
Formasi Mundu tersusun oleh napal masif bagian atas formasi ini berubah menjadi batugamping pasiran umur Miosen Akhir-Pliosen dengan pengendapan laut dalam ketebalan berkisar 700 meter.

Formasi Selorejo Tersusun oleh perselingan antara batugamping napalan hingga batugamping pasiran dianggap sebagai Anggota Formasi Mundu tersingkap bagus di Sungai Gadu umur Pliosen Tengah-Akhir.

Formasi Lidah tersusun oleh batulempung hitam dan napal berlapis yang diselingi oleh batupasir umur Plio-Plistosen.

Formasi Paciran tersusun oleh batugamping masif umumnya merupakan batugamping terumbu tersebar di utara Zona Rembang dari wilayah Tuban, Lamongan dan Gresik umur Pliosen hingga Awal Plistosen.

Penelitian struktur telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Situmorang, B., dkk., (1976). Sesar normal memperlihatkan arah N30°E dan N90°-100°E sedangkan sesar mendatar arah N70°E struktur perlipatan arah barat-timur membentuk Antiklinorium



Gambar 4. Model subduksi gayaberat selatan Jawa yang membentuk cekungan Busur Belakang dan Tinggian Muria dan G.Lassem di utara Rembang Cekungan Jawa Timur.

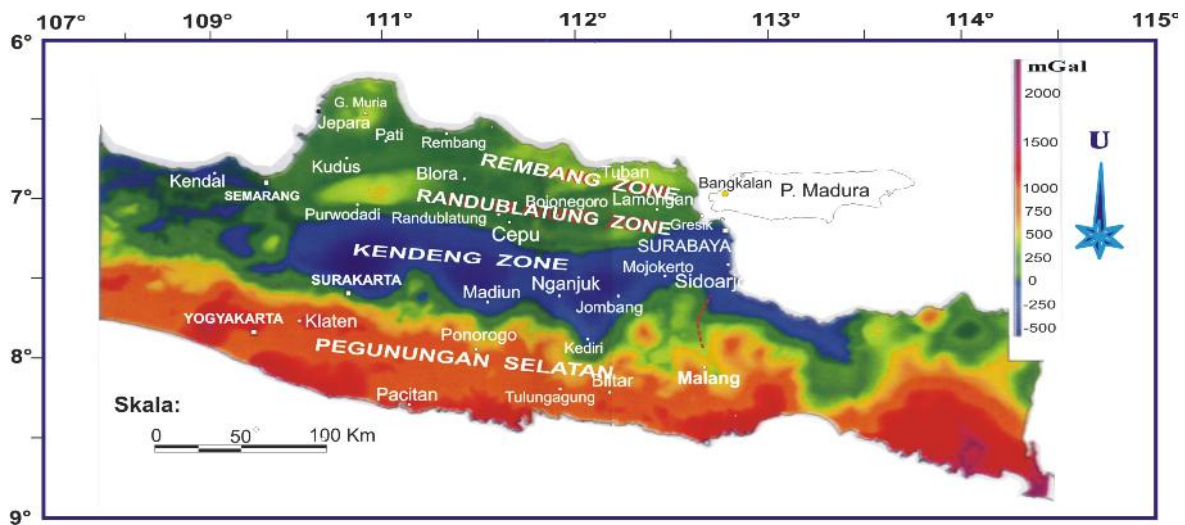
Peta anomali Bouguer merupakan cerminan dari refleksi gabungan anomali regional dengan anomali lokal. Tampilan peta anomali Bouguer regional Jawa Timur (Gambar 5) oleh Untung M., Setio, Y., (1978) bila dibandingkan dengan peta anomali Bouguer Cekungan Jawa Timur (Gambar 6) daerah Zona Rembang, Zona Randublatung, Zona Kendeng daerahnya hampir sama. Di Pegunungan Selatan Jawa terdapat anomali tinggi mencapai 200 mGal, anomali tinggi tersebut pada peta geologi didominasi oleh batugamping serta andesit tua.

Hasil penelitian gayaberat lokal di Cekungan Jawa Timur dikelompokkan ke dalam 3 (tiga) kelompok yaitu:

1. Anomali gayaberat tinggi dari kisaran 20 mGal hingga 60 mGal membentuk tinggian antiklin batugamping terkait dengan batuan reservoir.
2. Anomali gayaberat sedang dari kisaran 0 mGal hingga 20 mGal membentuk rendahan oleh cekungan batuan sedimen dari batuan induk migas.
3. Anomali gayaberat rendah dari kisaran 0 mGal hingga -50 mGal dibentuk oleh rendahan Zona Kendeng tidak terkait dengan migas.

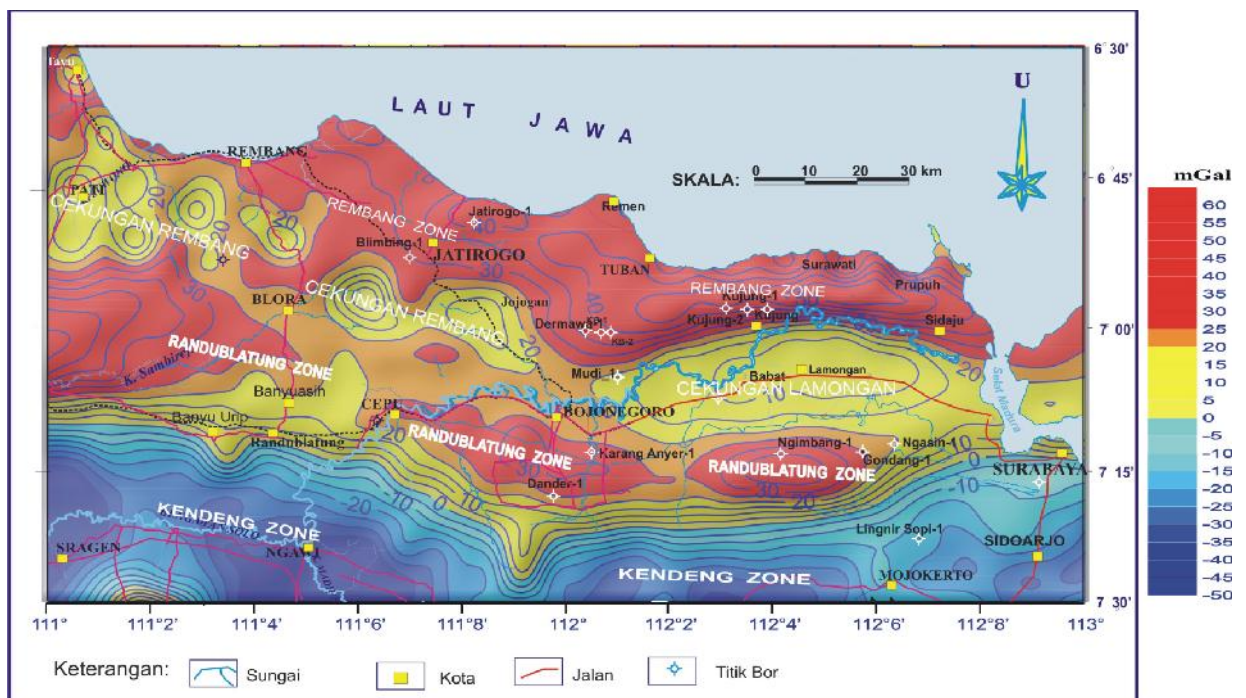
Tinggian anomali dari 20 mGal hingga 60 mGal terdapat didaerah utara arah barat-timur termasuk kedalam Zona Rembang dan di selatan termasuk Zona Randublatung. Tampilan anomali di utara membentuk tutupan (*closure*) memanjang yang terkait dengan tinggian batugamping sebagai batuan reservoir.

Tinggian anomali tersebut memanjang dari daerah Rembang – Jatirogo – Tuban- Kujung hingga Prupuh. Sedangkan tinggian anomali didaerah selatan terbentuk memanjang kearah timur dari Purwodadi sebelah barat – Lapangan Banyu Urip – Banyuasih – Cepu – Bojonegoro – Ngimbang – Surabaya hingga ke Sidoarjo. Cekungan terbentuk pada rendahan anomali dari kisaran 0 mGal hingga 20 mGal (Warna kuning). Cekungan Rembang terputus-putus membentuk tutupan (*closure*) antiklinorium disekat oleh tinggian-tinggian lokal. Kearah timur membentuk Cekungan Lamongan yang memisahkan tinggian Zona Rembang dengan tinggian Zona Randublatung. Kerapatan kontur dan kelurusan anomali yang memisahkan anomali tinggi dengan anomali rendah di utara dan di selatan merupakan kontak struktur berupa sesar naik sepanjang Zona Rembang dan Zona Randublatung



Sumber: Untung M., Seto, Y., (1978).

Gambar 5. Peta anomali Bouguer yang menggambarkan daerah pegunungan selatan Jawa dicirikan anomali tinggi hingga +200 mGal dan daerah Zona Kendeng anomali negatif mencapai -50 mGal dan anomali sedang terbentuk di daerah Zona Rembang dan Zona Randublatung dari 0 hingga +25 mGal membentuk tinggian antiklin yang terkait dengan migas di Cekungan Jawa Timur.



Gambar 6. Peta anomali Bouguer yang memperlihatkan Zona Rembang dan Zona Randublatung membentuk anomali antara 20-60 mGal dan membentuk tinggian sedangkan Cekungan Lamongan dan Rembang pada bagian tengah kearah barat cekungan terisolasi oleh tinggian lokal. Struktur rendahan di Zona Kendeng terbentuk pada anomali negatif 0 mGal hingga -50 mGal Cekungan Jawa Timur.

Anomali Sisa

Peta anomali sisa didapat setelah anomali Bouguer dikurangi anomali regional. Anomali sisa adalah lebih rinci dan mencerminkan anomali lokal lebih dangkal jika dibandingkan dengan anomali Bouguer. Tampilan anomali sisa (Gambar 7) hampir mirip dengan anomali Bouguer hanya saja nilai anomalinya lebih kecil.

Anomali sisa yang terbentuk di daerah Kujung utara mencapai 37 mGal. Anomali tinggi tersebut membentuk punggungan gayaberat diakibatkan oleh rapat massa batuan yang lebih besar yaitu 2.7 gr/cm^3 pada batugamping Formasi Kujung bagian atas. Di daerah Tuban tinggian anomali menurun tajam hingga 5 mGal dan ke arah pantai nilainya terus menurun. Di daerah Jatirogo membentuk tinggian tertutup (*closure*) 13 mGal dan menurun ke arah selatan Rembang berbatasan dengan sinklin Pati di barat.

Tinggian-tinggian tersebut termasuk kedalam Zona Rembang yang terkait dengan perangkap struktur migas. Tinggian anomali sisa yang terbentuk di daerah selatan dimulai dari daerah Purwodadi hingga ke Cepu dicirikan oleh anomali 13 mGal yang membentuk tutup (*closure*) memanjang. Di daerah Karanganyer anomali kembali menurun hingga 5 mGal menerus ke daerah Ngimbang, Surabaya dan Sidoarjo. Tinggian anomali di selatan ditafsirkan masih sama dengan kelompok batuan yang terbentuk di utara yaitu batugamping Formasi Kujung atau Formasi Ngimbang bagian atas. Tinggian anomali tersebut termasuk kedalam Zona Randublatung yang ditafsirkan terkait sebagai perangkap struktur. Rendahan anomali hingga -35 mGal membentuk cekungan Lamongan sedangkan ke arah barat cekungan terputus-putus hingga di daerah Pati membentuk Cekungan Rembang.

Penampang Anomali A – B

Panjang lintasan penampang $\pm 120 \text{ km}$ arah utara-selatan (Gambar 8) dari Ngawi-Cepu-Jatirogo tegak lurus struktur regional. Pemodelan penampang geologi bawah permukaan diturunkan dari pemodelan penampang geofisika berdasarkan rapat massa

batuan, kemudian dikorelasikan dengan data-data geologi setempat. Rapat massa batuan dari yang tinggi hingga rendah dari lapisan bawah sebagai berikut:

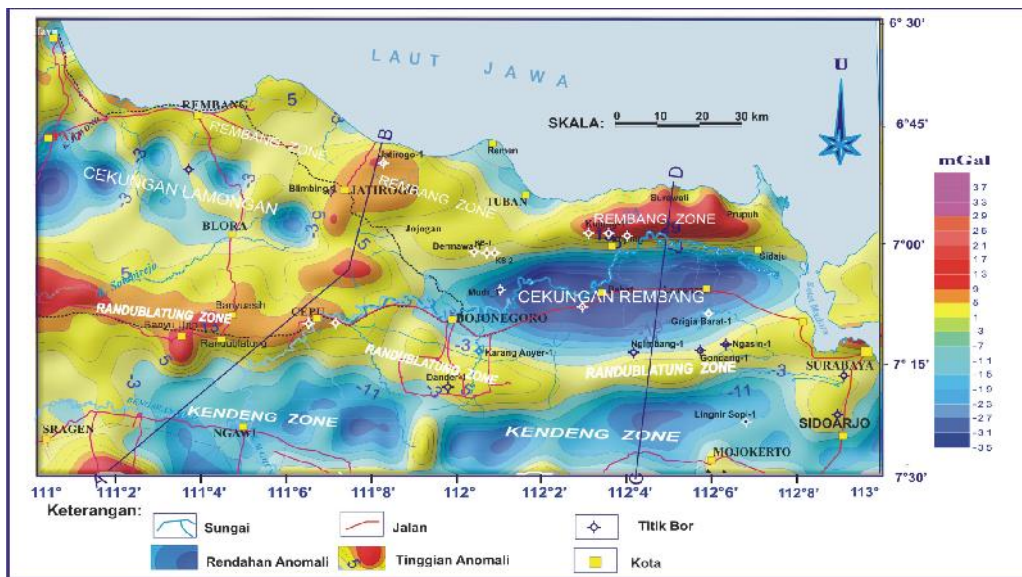
-Rapat massa batuan $2,9 \text{ gr/cm}^3$ terbentuk sebagai batuan alas dengan kedalaman yang bervariasi akibat tinggian. Batuan alas di daerah tinggian terbentuk pada kedalaman $\pm 2000 - 3000$ meter bahkan pada sumur Kujung-1 terbentuk pada kedalaman ± 1600 meter di bawah Formasi Ngimbang sedangkan pada penampang C-D berkisar 2000 meter. Di daerah rendahan Cekungan Lamongan batuan dasar mencapai kedalaman $\pm 3000-500$ meter.

-Rapat massa batuan $2,5 \text{ gr/cm}^3$ terbentuk sebagai batuan beku granit yang sebarannya cukup luas dan memanjang arah barat-timur mungkin berbentuk batolit atau stok.

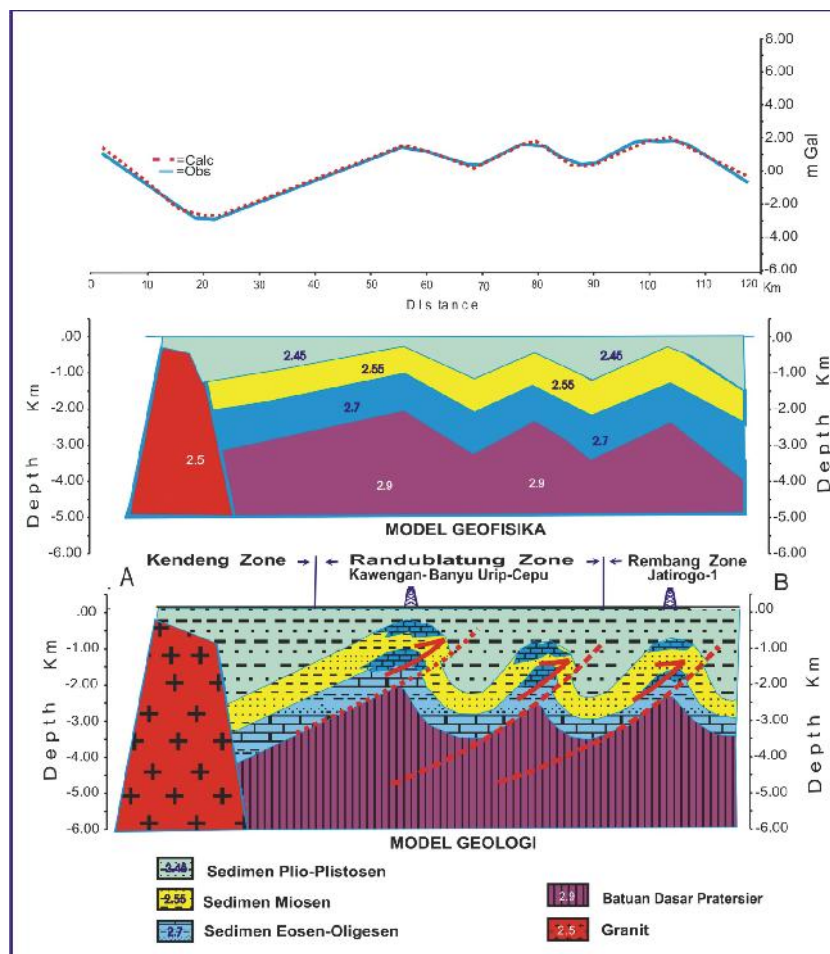
- Rapat massa batuan $2,7 \text{ gr/cm}^3$ dibentuk oleh batuan sedimen Eosen-Oligosen ditafsirkan sebagai batugamping Formasi Ngimbang dan Formasi Kujung bagian atas dengan ketebalan ± 800 hingga 1100 meter membentuk batuan reservoir. Kedalaman batuan reservoir terbentuk dari $\pm 1500-2000$ meter, korelasi dengan penampang seismik batuan reservoir pada Formasi Kujung atas terbentuk di kedalaman ± 1600 meter. Bahkan puncak batugamping Formasi Kujung bisa mencapai ketebalan ± 1000 meter seperti yang terlihat pada pemboran sumur migas Dermawa-1.

- Rapat massa batuan $2,55 \text{ gr/cm}^3$ dibentuk oleh sedimen Miosen dari batupasir, batugamping Formasi Tuban dan batugamping Wonocolo serta anggota batupasir Ngrayong yang semuanya merupakan batuan reservoir ketebalannya berkisar $\pm 1000 \text{ m}$ terbentuk setempat-setempat pada lapisan atas hingga Formasi Ledok dan Formasi Lidah.

- Rapat massa batuan $2,45 \text{ gr/cm}^3$ dibentuk oleh sedimen Plio-Plistosen dari Formasi Ledok di daerah Mojokerto dan Formasi Lidah di daerah Surabaya merupakan batuan reservoir. Pada lintasan penampang punggungan anomali gayaberat 13 mGal membentuk antiklinorium sebagai lapangan produktif. Di daerah utara pada Zona Rembang bagian timur anomali gayaberat mencapai 37 mGal dan terdapat beberapa lokasi pemboran migas dari sumur Jatirogo-1.



Gambar 7. Peta anomali sisa memperlihatkan titik pemboran migas terletak di daerah tinggian antiklin pada Zona Rembang dan Zona Randublantung antara 0 hingga -37 mGal dan Cekungan Lamongan dan Rembang dicirikan anomali dari 0 mGal hingga -35 mGal Cekungan Jawa Timur.



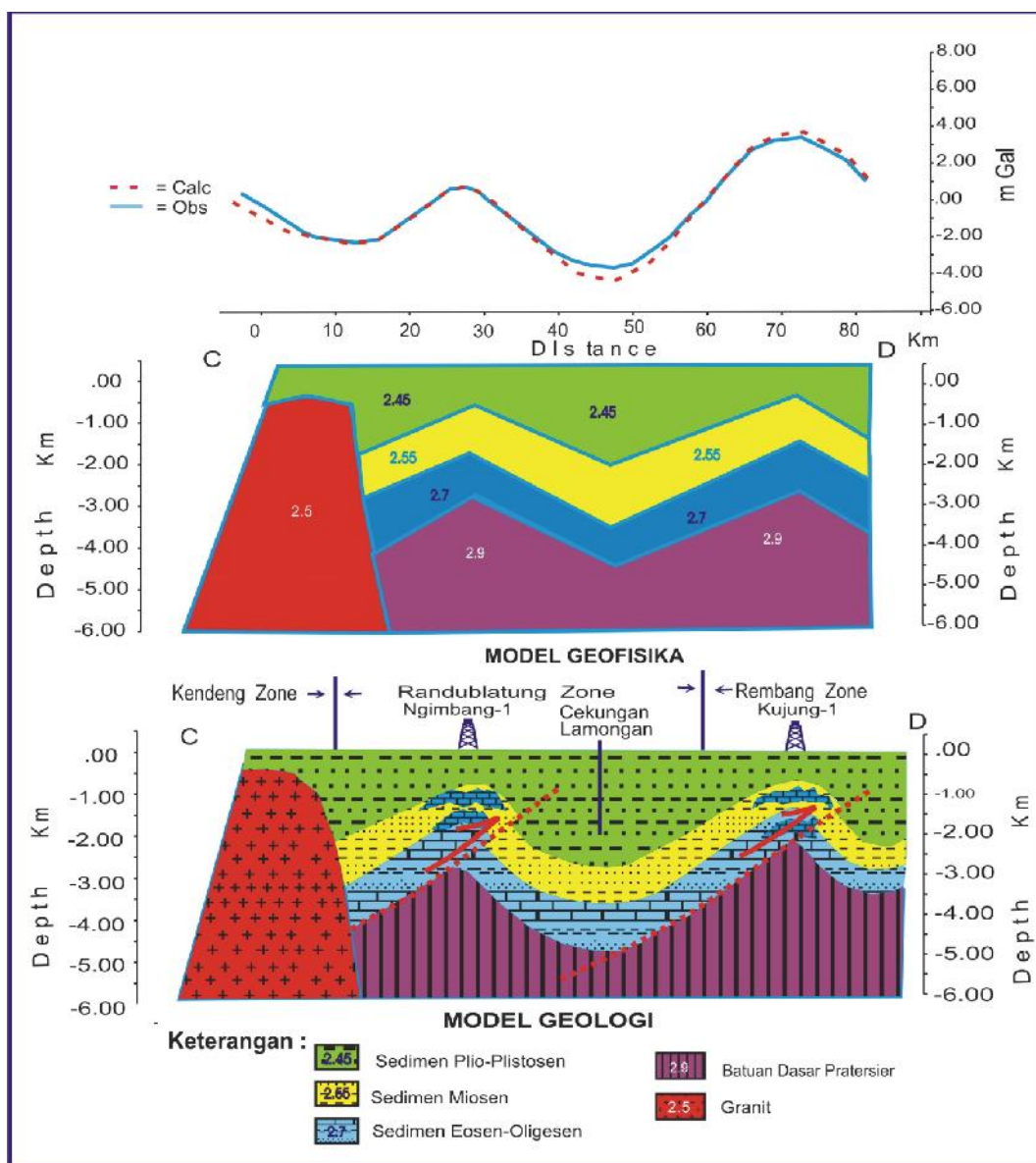
Gambar 8. Penampang A-B yang memperlihatkan tinggian antiklin oleh sesar naik merupakan perangkat struktur dari lapangan migas Kawengan, Banyu Urip dan Jatirogo Cekungan Jawa Timur.

Penampang Anomali C – D

Panjang lintasan penampang berkisar 80 km arah utara-selatan (Gambar 9) tegak lurus struktur regional dari barat Mojokerto-Ngimbang-Kujung memotong Cekungan Lamongan - Zona Kendeng - Zona Randublatung dan Zona Rembang. Kelompok batuan dan struktur yang terbentuk di lintasan ini tidak jauh berbeda dengan lintasan A – B. Pada lintasan penampang di Cekungan Lamongan, batuan yang terkait dengan migas terbentuk pada anomali -35 mGal lebih luas jika dibandingkan dengan Cekungan Rembang. Antiklinorium tidak

terbentuk di lintasan ini, tinggian menyempit dari Cepu hingga Lembar Jatirogo, Mojokerto dan Surabaya.

Batuan induk di daerah ini dilaporkan terdiri atas Formasi Tawun dan Formasi Ngimbang bagian bawah. Pada peta anomali sisa di daerah Tuban migas terdapat pada tinggian gayabarat batugamping Formasi Kujung dengan anomali 37 mGal. Demikian juga di Jatirogo daerah tinggian telah dilakukan pemboran migas pada sumur produksi Jatirogo-1 dan di Cilacap. Di Mojokerto migas terbentuk di lapisan atas pada Formasi Ledok dan di Surabaya terbentuk pada Formasi Lidah berumur Plio-Plistosen.



Gambar 9. Penampang C-D yang memperlihatkan tinggian antiklin oleh sesar naik merupakan perangkat struktur didaerah sumur minyak Ngimbang-1, Kujung-1, Kujung-2, dan Kujung-3 kedalam Cekungan Lamongan mencapai 5000 m Cekungan Jawa Timur.

Diskusi

Cekungan Jawa Timur mulai terbentuk pada Eosen melalui peretakan dan pemekaran batuan dasar menjadi tinggian antiklin. Konfigurasi batuan dasar yang telah mengalami deformasi menjadi tinggian dan rendahan membuat cekungan di daerah ini kaya akan migas. Tinggian yang terkait dengan migas membentuk dua jalur yaitu Zona Rembang dan Zona Randublatung yang tercermin dari peta struktur (Gambar 10).

Migas di Cekungan ini telah ditemukan hampir diseluruh satuan stratigrafi mulai dari reservoir silisiklastik Ngimbang umur Eosen Tengah sampai reservoir vulkanoklastik umur Plistosen. Semua batuan reservoir yang terbentuk di daerah ini selalu berasosiasi dengan perangkat struktur terutama sesar naik (Mujahidin, N., 2010) seperti yang tergambar pada penampang anomali A-B dan C-D. Secara keseluruhan tinggian anomali dibentuk oleh rapat massa batuan $2,7 \text{ gr/cm}^3$ dari batugamping Formasi Kujung atas, Batugamping Ngimbang atas, serta batupasir Ngrayong lapisan atas sebagai batuan reservoir yang prospek pada anomali 13 mGal hingga 37 mGal. Batuan reservoir tersebut berkembang sebagai terumbu karbonat di wilayah-wilayah pinggiran cekungan pada sekuen puncak transgresi.

Batuan induk berkembang dengan baik di daerah rendahan yang membentuk cekungan pada anomali sisa 0 mGal hingga -35 mGal. Cekungan Lamongan dan Rembang merupakan tempat pengendapan lapisan-lapisan serpih yang kaya organik dari lingkungan terestrial Formasi Ngimbang Bawah, Kujung Bawah dan Tawun (Satiana, A. H., 2010). Migas bermigrasi dari cekungan tersebut melalui patahan mensuplai daerah-daerah tinggian hingga ke lapisan atas pada jalur tinggian Zona Rembang dan Zona Randublatung.

Zona Rembang merupakan jalur migas yang membentuk tinggian antiklin di utara arah barat-timur merupakan daerah potensia yang ditinjau dari dimensi dan nilai kontur anomali sisa membentuk tinggian-tinggian antara 13 mGal - 37 mGal. Puncak tutupan (*closure*) tinggian tersebut terbentuk lebih luas seperti di Antiklin Rembang - Antiklin Pakel - Blok Tuban di lapangan Mudi dan Sukowati hingga tinggian Kujung membentuk antiklinorium. Di daerah tinggian antiklin Pakel hingga ke Jatirogo pada Formasi Tawun merupakan lapangan minyak yang prospek, terdapat 66 sumur bor dan sebagian tidak berproduksi lagi. Di Blok Tuban tinggian anomali sisa melandai hingga 5 mGal seperti yang terdapat pada sumur produksi Kembang Baru-1, Kembang Baru-2 yang telah berproduksi mulai tahun 1990 dan sumur Mudi-1

tahun 1993.

Di daerah Kujung anomali gayabarat meninggi hingga 37 mGal membentuk tutupan (*closure*) memanjang cukup luas dengan beberapa titik pemboran di Kujung-1, Kujung-2, dan Kujung-3 daerah ini dianggap prospek karena tinggian anomalnya jauh lebih luas jika dibandingkan dengan anomali yang terbentuk sebelah barat. Pada penampang A-B migas terbentuk di batuan sedimen Eosen-Oligosen yaitu pada reservoir batugamping Formasi Kujung dan Formasi Ngimbang bagian atas pada rapat massa $2,5$ hingga $2,7 \text{ gr/cm}^3$ dengan kedalaman diatas 1500 hingga 2500 meter. Korelasi dengan penampang seismik model dua dimensi (Gambar 11) di daerah tinggian batugamping bagian atas sumur Kujung-1 pada Lapangan Sukowati migas terbentuk mulai dari kedalaman ± 1600 meter. Sedangkan pada penampang seismik (Gambar 12) reservoir batuan karbonat terdapat pada kedalaman 2000-3000 meter dengan ketebalan antara ± 800 hingga 1100 meter. Di pemboran sumur migas Dermawa-1 reservoir batugamping Formasi Kujung terbentuk pada kedalaman 1800 meter (Gambar 13) dan di daerah sumur Kembang Baru-1 kedalamannya hanya 850 meter.

Tinggian yang kurang prospek terdapat di selatan Rembang memanjang arah utara-selatan berdimensi kecil akibat sesar-sesar geser atau sesar normal membentuk sub cekungan -3 mGal. Reservoir batuan karbonat di atas ternyata lebih luas pada peta anomali magnet (Gambar 14) yang terkait dengan batuan reservoir. Batuan reservoir tersebut di daerah Zona Rembang membentuk rendahan anomali dari kisaran 0 nT hingga -700 nT ditempati oleh batugamping tersebar cukup luas hingga ke Pulau Madura. Anomali magnet tersebut hampir sama daerahnya dengan tampilan anomali gayabarat sedang dari 0 mGal hingga 60 mGal membentuk tinggian yang terkait dengan migas di daerah ini. Sedangkan anomali magnet yang terbentuk di Zona Randublatung lebih tinggi yaitu 0 nT hingga 150 nT yang mencerminkan sebaran batuan sedimen bersifat gampingan lebih sedikit jika dibandingkan dengan di daerah Randublatung. Anomali tersebut di duga didominasi oleh batupasir Formasi Ngrayong bagian atas sebagai batuan reservoir.

Anomali magnet tertinggi terbentuk di Zona Kendeng mencapai 150 nT hingga 700 nT daerah sebarannya sama dengan rendahan dari anomali gayabarat -50 mGal. Tinggian anomali magnet tersebut diakibatkan material magnetik jauh lebih tinggi dan kemungkinan dibentuk oleh komponen batuan bersifat basa dari vulkanik andesitik Kuartar Pegunungan Kendeng. Sedangkan Jawa bagian selatan ditandai oleh

anomali magnet terendah dari kisaran 0 nT hingga -700 nT membentang arah barat-timur dari batugamping Plistosen arah barat-timur yang menindih batuan piroklastik secara tidak selaras.

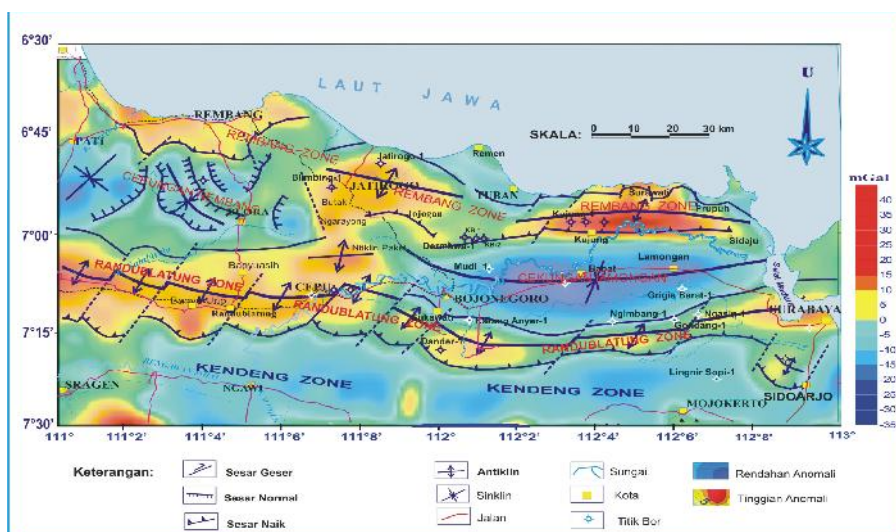
- Zona Randublatung merupakan jalur migas di daerah selatan membentuk tinggian antiklin arah barat-timur mulai dari Purwodadi - Lapangan Banyu Urip - Lapangan Sukowati - Antiklin Cepu - Bojonegoro - Ngimbang - Surabaya - Sidoarjo. Jalur migas tersebut daerahnya sama dengan yang dikemukakan DITJEN MIGAS (Maryanto, W., 2010). Perangkat tinggian yang potensial terbentuk di lapangan Banyu Urip pada anomali sisa 5 mGal hingga 13 mGal dicirikan dengan tutupan (*closure*) memanjang cukup luas, lapangan baru ini mulai berproduksi tahun 2009. Tinggian di lapangan Banyu Urip menerus hingga ke daerah Blok Cepu dan direncanakan titik pemboran yang baru di daerah ini akan dilakukan PERTAMINA pada tahun 2010. Kedalaman batuan reservoir pada penampang C - D berkisar 1000-2500 meter dan di lapangan Kujung-1 berkisar 900 meter pada batugamping dan batupasir Formasi Ngimbang Atas. Di daerah antiklin Lidah Surabaya maupun di Sidoarjo pemboran migas telah dilakukan dan dianggap cukup prospek karena antiklinnya cukup luas dengan nilai kontur anomali 13 mGal. Sedangkan di daerah Ngimbang-1 dan Gondang-1 luas antiklinnya relatif kecil dan kontur anomali sisa juga hanya 5 mGal sehingga ditafsirkan kurang prospek.

Lapisan penyekat batuan reservoir secara umum diwakili oleh batulempung laut dalam Formasi Ngimbang bawah umur Eosen dan serpih laut Formasi Kujung bawah umur Oligosen dan penyekat lainnya mungkin serpih Formasi

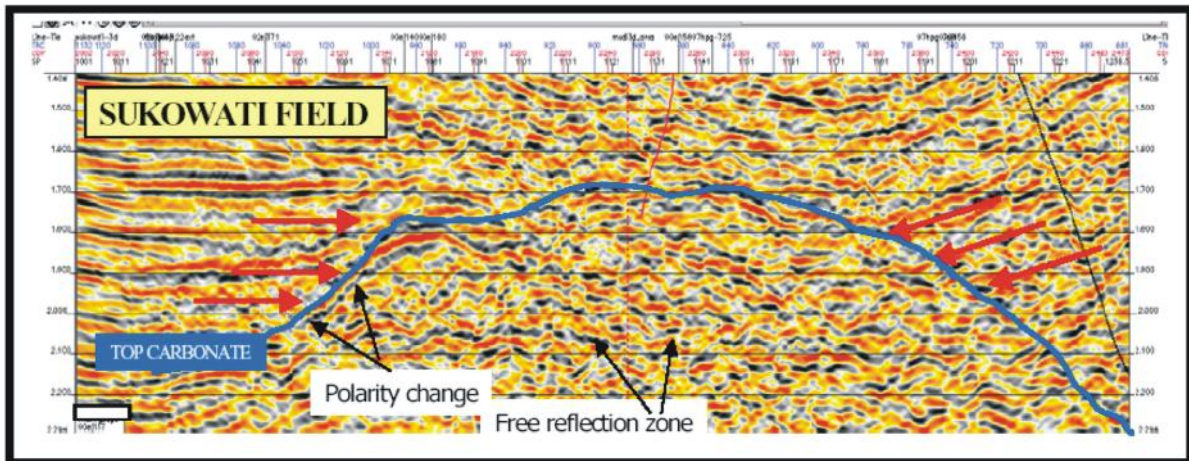
Taban dan Tawun (Bambang P., dkk., 2010). Semua titik pemboran diseluruh Cekungan Jawa Timur terletak pada daerah tinggian anomali gayaberas sebagai reservoir migas. Adanya titik pemboran di dua sumur yang dilakukan didaerah Cekungan Lamongan adalah guna mengetahui susunan stratigrafi terdalam hingga batuan alas.

Batuan alas yang tercermin dari anomali gayaberas dan penampang seismik diduga Kompleks Melange batuan metamorf dan batuan beku mempunyai rapat massa 2,9 gr/cm³ dengan kedalaman yang bervariasi akibat pematahan bongkah pada batuan alas. Di daerah tinggian batuan alas terbentuk pada kedalaman ± 2000 - 3000 meter bahkan di sumur Kujung-1 kedalaman mencapai 1600 meter sedangkan di daerah rendahan di Cekungan Lamongan mencapai 5000 meter.

Zona Kendeng dibentuk oleh rendahan anomali gayaberas sisa -35 mGal terbentuk paling selatan arah barat-timur. Cerminan anomali tersebut diduga dulunya merupakan cekungan turbidit yang cukup dalam dan sekarang merupakan deretan perbukitan vulkanik Kuartar. Anomali rendah yang terbentuk di zona ini akibat adanya rapat massa batuan yang kecil 2,45 gr/cm³. Adanya material fraksi ringan berupa debu atau tuff vulkanik serta batuan terobosan bersifat asam akan merefleksikan anomali yang rendah sepanjang Zona Kendeng. Pengangkatan yang terjadi pada vulkanik Miosen di selatan Jawa Timur diikuti oleh penyesaran di jalur Zona Rembang dan Zona Randublatung yang mengakibatkan tenggelamnya jalur rendahan Zona Kendeng. Kemudian mengalami pengangkatan kembali pada tektonik Plio-Plistosen dan mendeformasi Cekungan Jawa Timur secara keseluruhan

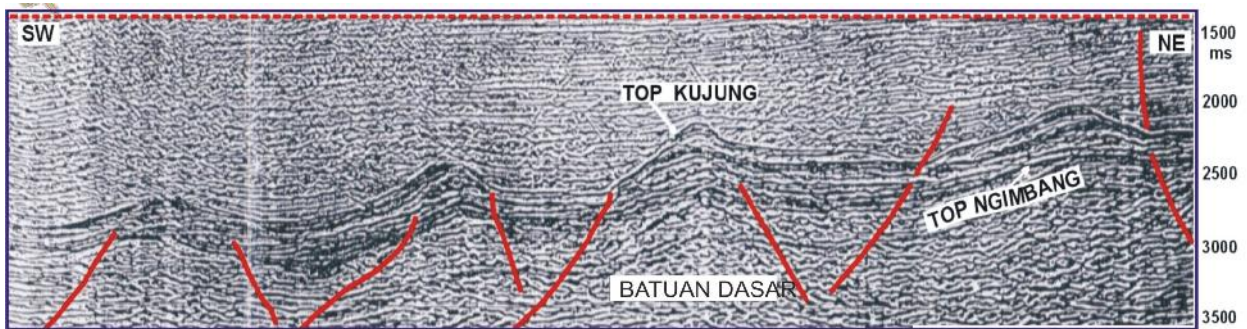


Gambar 10. Peta struktur memperlihatkan tinggian antiklin prospek berfungsi sebagai struktur perangkat migas dan Sumur produksi terbentuk di daerah tinggian. Daerah rendah membentuk cekungan kedaerah tinggian melalui bidang petahan dan nampak beberapa struktur antiklinorium, sesar naik, sesar geser dan sesar normal terbentuk didaerah cekungan Jawa Timur.



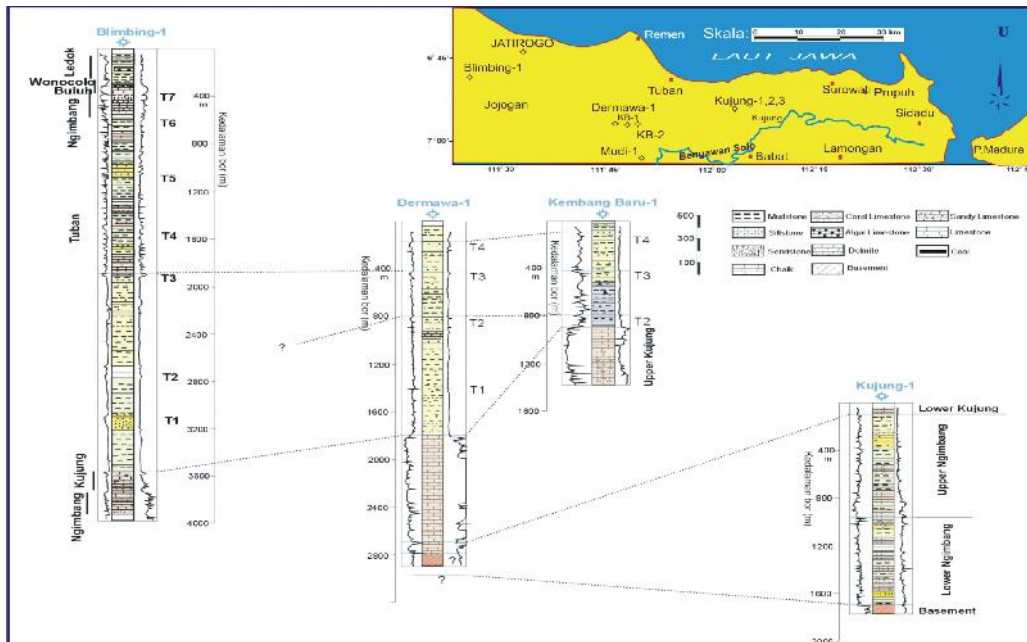
Sumber: Abdul, M., Dkk (2005).

Gambar 11. Model 2D penampang sesimik merupakan reservoir karbonat kedalaman 1800 m di lapangan Sukowati Cekungan Jawa Timur.



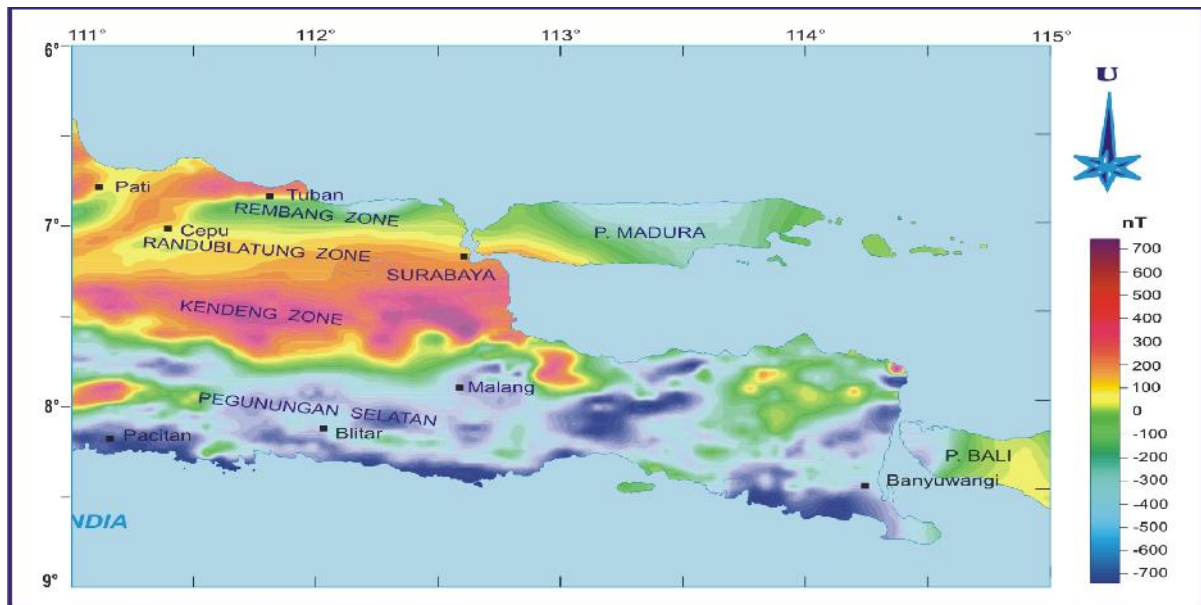
Sumber: Abdul, M., Dkk (2005).

Gambar 12. Penampang lintasan Seismik arah Baratdaya-Timurlaut yang memperlihatkan tinggian antiklin Formasi Kujung bagian atas dari reservoir batugamping kedalaman 2000 - 2800 m sebagai perangkap migas di Cekungan Jawa Timur.



Sumber: Conoko., (1983).

Gambar 13. Penampang bor yang memperlihatkan batuan reservoir dari batugamping tinggian Formasi Kujung kedalam 1000 m pada sumur Kembang Baru-1, dan Dermawa-1 kedalam 1800 m sedangkan Blimbing-1 kedalam 3500 m Cekungan Jawa Timur.



Sumber: Basis data PSG Transect VII Jawa Kalimantan.

Gambar 14. Peta anomali magnet yang memperlihatkan Pegunungan Selatan membentuk anomali rendah dari 0 hingga -700 nT didominasi batugamping, daerah Zona Kendeng anomali magnet tinggi mencapai 700 nT. Pada Zona Randublatung dan Zona Rembang anomali sedang dari 0 hingga 100 nT didominasi batugamping hingga ke Pulau Madura yang terkait dengan Migas di Cekungan Jawa Timur.

Kesimpulan

1. Anomali Bouguer yang terbentuk di daerah Cekungan Jawa Timur dapat di kelompokkan ke dalam (3) tiga bagian yaitu:
 - a. Anomali gayaberat tinggi dari kisaran 20 mGal hingga 60 mGal membentuk tinggian batugamping terkait dengan batuan reservoir.
 - b. Anomali gayaberat sedang dari kisaran 0 mGal hingga 20 mGal membentuk cekungan oleh batuan induk.
 - c. Anomali gayaberat rendah dari kisaran 0 mGal hingga - 50 mGal dibentuk oleh rendahan Zona Kendeng tidak terkait dengan migas.
2. Daerah prospek yang terkait dengan migas ditafsirkan dari anomali sisa membentuk dua jalur tinggian antiklin yaitu Zona Rembang di utara dan Zona Randublatung di selatan arah barat-timur, terbentuk pada 5 mGal hingga 37 mGal sedangkan yang kurang prospek < 5 mGal.
3. Batuan reservoir terbentuk dari lapisan bawah hingga atas pada rapat massa batuan 2,7 gr/cm³ dari batugamping Formasi Kujung bagian atas, Formasi Ngimbang bagian atas dan batupasir Ngrayong bagian

atas hingga Formasi Ledok dan Formasi Lidah.

4. Ketebalan batuan reservoir terbentuk antara ± 800 hingga 1100 meter kedalaman berkisar 1500 hingga 2500 meter.
5. Batuan induk terdiri dari serpih lingkungan terestrial Formasi Ngimbang Bawah, Kujung Bawah dan Tawun pada anomali 0 mGal hingga - 35 mGal terbentuk di Cekungan Lamongan dan Rembang.
6. Batuan alas diperkirakan dari Kompleks Melange terdiri atas batuan metamorf dan batuan beku mempunyai rapat massa 2,9 gr/cm³ dengan kedalaman yang bervariasi akibat pematangan bongkah pada batuan alas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Pimpinan Pusat Sumber Daya Geologi Bandung, Tim Editor dan Dewan Redaksi serta semua pihak yang telah membantu hingga karya tulis ini dipublikasikan. Penulis menyadari atas kekurangannya, namun kedepan akan terus berusaha untuk membuatnya lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, M., Irfan, M., Sopandi, T., 2005. Between Reality and Illusion, Hidrocarbon Hunting in East Java Basin. Proceedings Joint Convention Surabaya 2005 HAGI-IAGI PERHAPI The 30 th HAGI, The 34 th IAGI and The 14 th PERHAPI Annual Conference and Exhibition, pp 48-56.
- Conoco., 1983. Merpati-1 final well report (unpublished).
- Mujahidin, N., 2010. Analisis Petroleum System dan Potensi Eksplorasi Pengembangan Lapangan Migas Baru di Cekungan Jawa Timur, Lokakaria Badan Geologi-BP MIGAS –DINAS ESDM, Surabaya, 22-23 Juni 2010.
- Maryanto, W., (2010). Kebijakan dan Manajemen Eksplorasi di Indonesia, Lokakaria Badan Geologi-BPMIGAS –DINAS ESDM, Surabaya, 22-23 Juni 2010.
- Peter, L., (1991). The Neogene Geological History of East Java Some Unusual Aspects Of Stratigraphy. Proceedings Indonesian Assosiation of Geologists (IAGI), Twentieth Annual Convention, December 1991 pp. 26-36.
- Syarif, N., Suhariono., Subagio., 1994. Peta Anomali Bouguer Lembar Surabaya, Jawa Pusat Survei Geologi Bandung, Skala 1 : 100.000.
- Satiana, A. H., 2010. Optimalisasi Sumberdaya Hidrokarbon Di Cekungan Sedimen Jawa Timur. Lokakaria Badan Geologi-BP MIGAS –DINAS ESDM, Surabaya Juni 22-23-2010.
- Situmorang, B., Siswoyo, Thayib, S., 1976. Wrench Fault Tectonics and Aspects of Hydrocarbon Accumulation in Java. Proc. 5th. Ann. Conv. IPA, p. 53-67.
- Simon Hutubessy., 2005. Laporan Penelitian Konfigurasi Batuan Dasar Didaerah Cepu dan sekitarnya Jawa Tengah - Jawa Timur, Pusat Survei Geologi Bandung.
- Untung, M., Seto, Y., 1978. Gravity and geological study in Java, Indonesia. Geological Survey of Indonesia and Japan, Spec. Publ. 5.

PENGARUH SESAR NORMAL CEUNOHOT TERHADAP LANDAIAN TEMPERATUR SUMUR JBO-1 DAN JBO-2 DI LAPANGAN PANAS BUMI JABOI, SABANG, NANGGROE ACEH DARUSSALAM

Oleh:

Soetoyo dan Sri Widodo

Pusat Sumber Daya Geologi
Jln. Soekarno - Hatta No. 444 Bandung

SARI

Sesar Ceunohot yang teridentifikasi dari survei geologi dan geofiska, memotong/melintang daerah prospek panas bumi Jaboi di antara Gunung Lemo Matee dan Gunung Semeureugh dengan arah baratdaya – timurlaut. Sesar ini diduga menjadi media naiknya fluida panas bumi dari reservoir menuju permukaan. Hal ini didukung dengan data pengeboran sumur landaian suhu JBO-1 dan JBO-2.

Dalam sumur JBO-1 didapati hilang sirkulasi sebesar 55,5 lpm di kedalaman 90,64 sampai 90,84 m dan sebesar 10 lpm pada kedalaman 172 sampai 238 m, dengan landaian suhu sekitar 21 °C. Dalam sumur JBO-2 didapati hilang sirkulasi dengan kisaran 30 sampai 350 lpm di zona kedalaman 21 sampai 43,15 m dan sebesar 30 lpm pada kedalaman 141 sampai 142 m, dengan landaian suhu sekitar 17 °C.

Tingginya temperatur gradient di sumur JBO-1 disesbbkan karena letaknya berada lebih dekat dengan zona rekahan sesar Ceunohot.

Kata Kunci: Sesar Ceunohot, Landaian Suhu, Sumur, Reservoir.

ABSTRACT

Ceunohot normal fault identified from geological and geophysical survey crossing Jaboi geothermal prospect area between Leumoo Matee and Semeureugh Mountain with southwest – northeast. This fault was troughed to be a medium of the geothermal fluid rising from the reservoir toward the surface. This is supported by the temperature gradient drilling data of JBO-1 and JBO-2.

In the well JBO-1 lost circulation was found at 55,5 lpm at a depth of 90.64 to 90.84 m and at 10 lpm at a depth of 172 to 238 m, with the temperature gradient of about 21 °C in the well JBO-2 lost circulation were found with the range of 30 to 350 lpm in the depth of 21 to 43.15 m and a rate of 30 lpm at a depth of 141 to 142 m, with the temperature gradient of about 17 °C.

The high temperature gradient is at the JBO-1 well because its location was closer to and on fracture zone of Ceunohot fault.

PENDAHULUAN

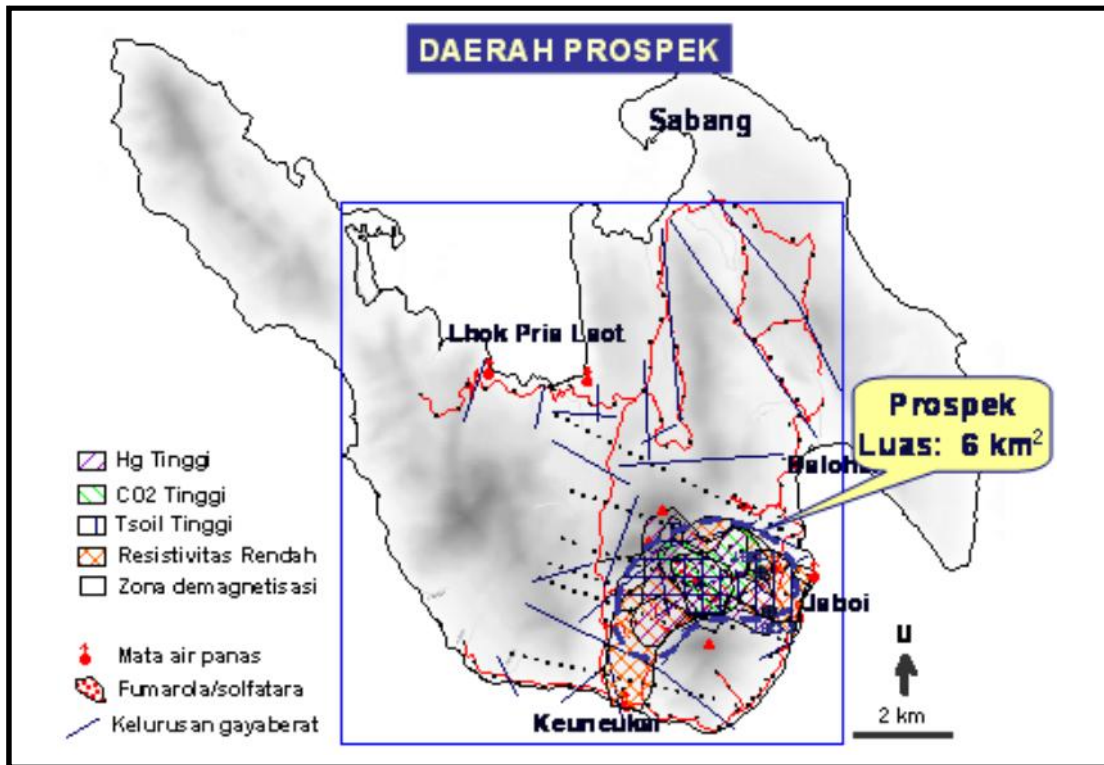
Daerah Panas Bumi Jaboi secara administratif termasuk wilayah Kecamatan Suka Jaya, Kota Sabang, Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam. Secara geografis sumur JBO-1 dan JBO-2 masing-masing berada pada koordinat geografis 5°48.176' LU - 95°20.049' BT dan 5°47.897' LU - 95°20.289' BT (Gambar 1).

Sesar Ceunohot salah satu sesar normal yang merupakan bagian dari sesar pembentuk graben dan merupakan sesar normal yang melintas daerah prospek di bagian utara.

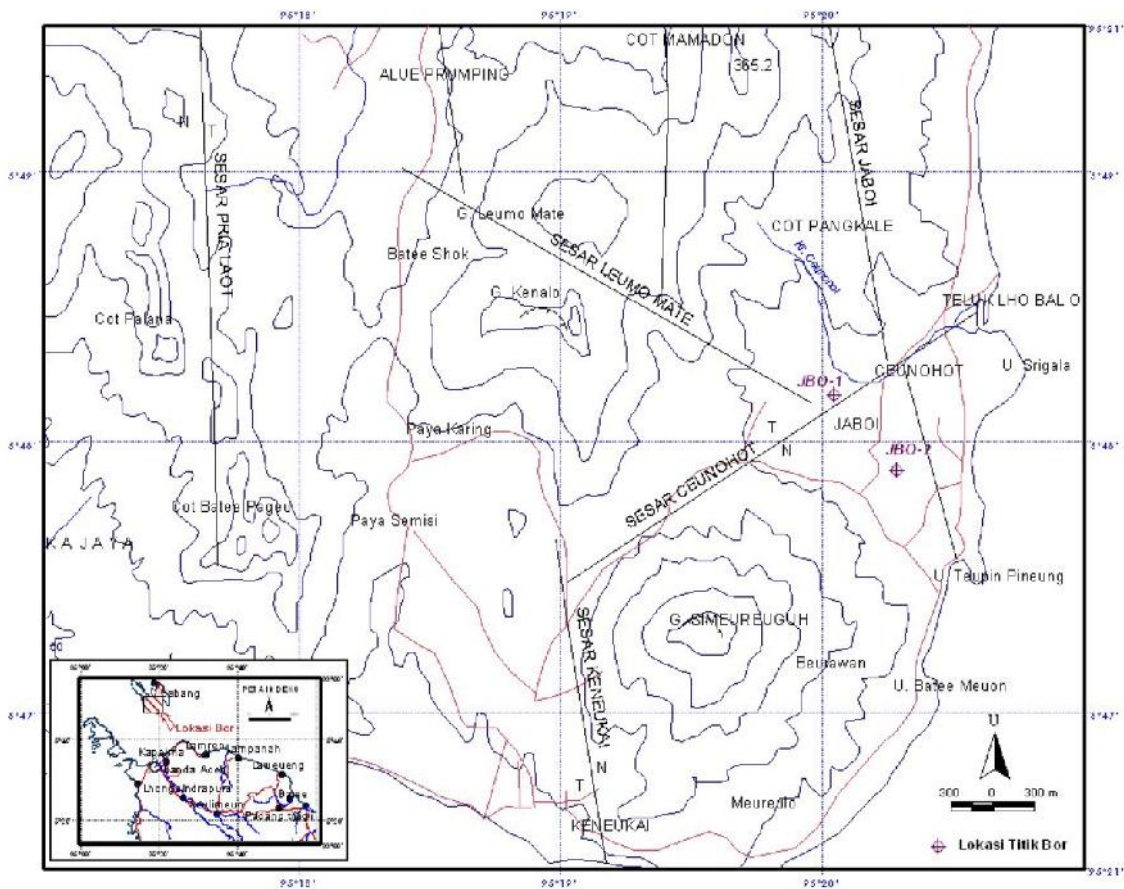
Hasil penyelidikan geologi, geokimia, dan geofisika diketahui adanya potensi panas bumi sebesar ± 50 MWe terletak di sekitar G Leumo Matee-Seumeureugh dengan luas daerah prospek ± 6 km² dan temperatur reserervoir sekitar 255 °C (geothermometer silika dan gas) (Gambar 2a).

Sumur landaian suhu JBO-1 dan JBO-2 mempunyai kedalaman 250 m hasilnya berupa gradien panas, geologi bawah permukaan dan jenis serta tipe batuan ubahan.

Diterima tanggal 04 September 2010
Revisi tanggal 24 Oktober 2010



Gambar 1. Daerah Prospek Panas Bumi Jaboi, P. Weh, Sabang NAD. Widodo S., dkk., (2005).



Gambar 2a. Peta Lokasi Daerah Penyelidikan, P. Weh, Sabang NAD. (Tim Survei Landaian Suhu, 2006)

Lonjakan temperatur lumpur pembilas masuk (Tin) dan keluar (Tout) di sumur JBO-1 dari permukaan sampai kedalaman 100 m berkisar antara 0-2.8°C, dengan Tin= 32.1-46.0°C dan Tout= 34.0-46.4°C. Selanjutnya, pada interval kedalaman 100 - 238 m, lonjakan temperatur berkisar 1.4 -4.6°C, dengan Tin= 40.7-55.0°C dan Tout= 42.1-57.9°C.

Jarak permukaan sumur JBO-1 dari Sesar Ceunohot sekitar 250 meter dengan posisi pada bagian blok sesar yang bergerak relatif naik. Sumur JBO-1 diperkirakan memotong sesar Ceunohot pada kedalaman 90,64 s.d 90,84 meter dan 172-238 meter

Lonjakan temperatur di sumur JBO-2 dari permukaan sampai kedalaman 100 m berkisar antara 0 - 0.7°C, dengan Tin= 30.5-36.5°C dan Tout= 30.7-36.8°C. Selanjutnya, pada interval kedalaman 100 - 250 m, lonjakan temperatur berkisar 0.4-2.4°C, dengan Tin= 31.1-39.9°C dan Tout= 31.8-41.9°C.

Jarak permukaan sumur JBO-2 dari sesar Ceunohot sekitar 500 meter dengan posisi pada bagian blok sesar yang bergerak relatif turun.

GEOLOGI PERMUKAAN

Pulau Weh merupakan sebuah pulau vulkanik yang terbentuk di dalam suatu segmen depresi dari jalur sesar Semangko di ujung barat laut Sumatera.

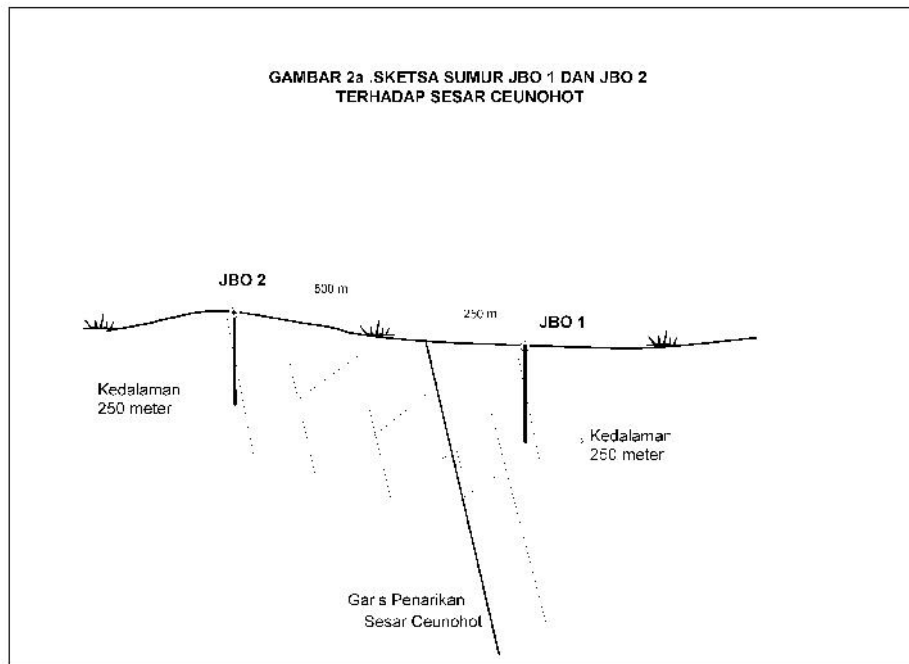
Daerah panas bumi di pulau Weh batuanya adalah vulkanik tua. Litologi Pulau Weh dapat dikelompokkan dalam empat kelompok satuan batuan, yaitu batuan sedimen Tersier, vulkanik tua P. Weh berumur Kuartar - Tersier, vulkanik muda Kuartar dan aluvial yang sebaran batuanya diperlihatkan secara lebih rinci pada gambar 3.

Aktivitas panas bumi yang terjadi di pulau Weh ini berkaitan erat dengan aktivitas tektonik vulkanik yang terjadi sesudah terbentuknya Gunungapi Leumo Matee dan Semeureuguh.

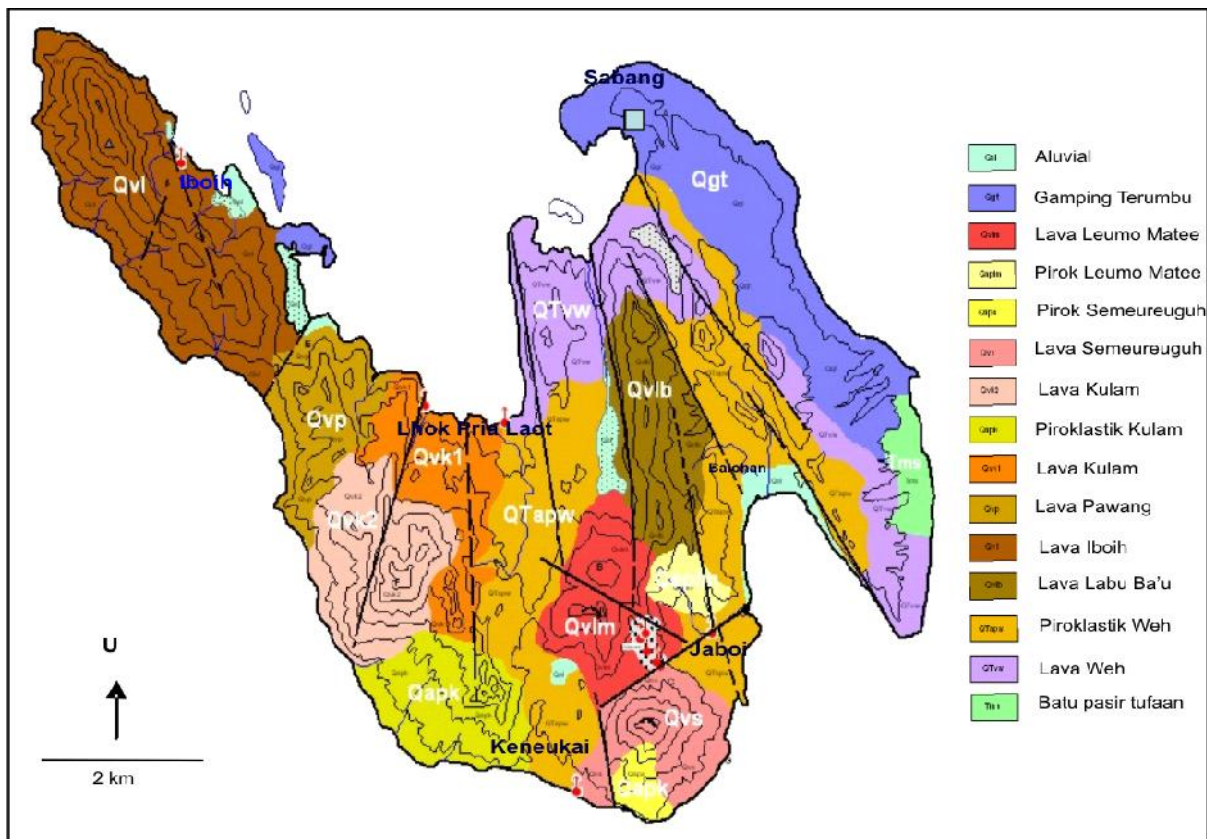
Zona depresi di pulau tersebut seperti graben Teluk Sabang, Balohan dan graben Lhok Pria Laot dengan arah struktur dominan barat laut tenggara terbentuk akibat pembentukan sesar normal menangga.

Sesar normal Ceunohot berarah timur laut barat daya merupakan bagian dari sesar pembentuk graben tersebut dan merupakan sesar normal yang melintas daerah prospek di bagian utara. Akibat pensesaran ini maka blok sesar bagian barat laut relatif bergerak turun dibanding blok bagian tenggara. Dimungkinkan Sesar Normal Ceunohot merupakan salah satu sesar prospek di lapangan panas bumi Jaboi, P. Weh, Nanggroe Aceh Darussalam.

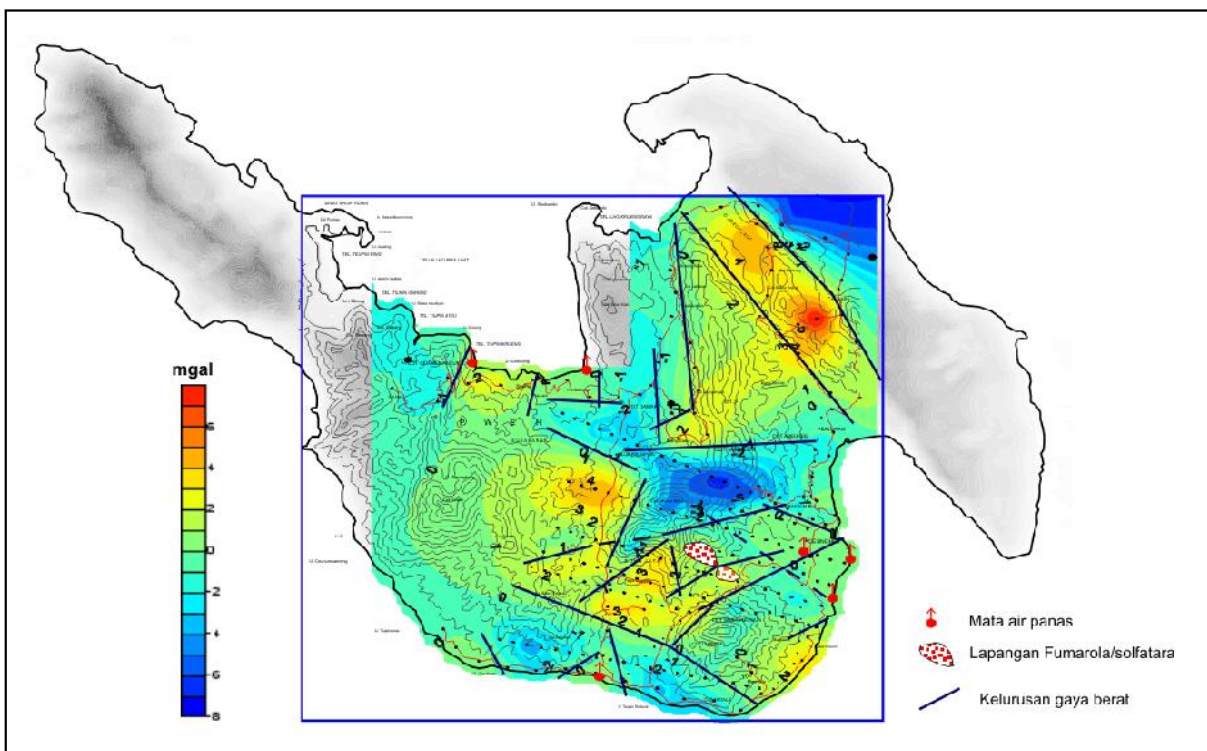
Data anomali gaya berat Bouguer memperlihatkan kelurusan-kelurusan utama berarah barat laut - tenggara dan juga kecenderungan nilai yang mengecil ke arah



Gambar 2b. Sketsa sumur JBO 1 dan JBO 2 terhadap sesar Ceunohot



Gambar 3. Peta geologi daerah Sabang Widodo S., dkk., (2005).



Gambar 4. Peta anomali gaya berat sisa orde-2 (Widodo S., dkk., (2005).

baratdaya atau ke arah tengah depresi Semangko di daerah tersebut.

Peta anomali gaya berat sisa memperlihatkan kompleksitas kelurusan di daerah panas bumi Jaboi, dengan arah kelurusan dominan baratdaya - timurlaut (Sesar Ceunohot) dan baratlaut-tenggara (Sesar Leumo Matee) (Gambar 4). Kompleksitas ini memperlihatkan bahwa daerah tersebut merupakan zona rekahan permeabel yang berpotensi untuk terbentuknya sistem panas bumi. Sebuah struktur berarah baratdaya-timurlaut dan memotong lapangan fumarol Jaboi kemungkinan merupakan struktur utama yang mengontrol kemunculan manifestasi panas bumi di daerah tersebut. Keberadaan struktur di lingkungan alterasi Jaboi ini diperkuat oleh data interpretasi struktur Head on (Gambar 5) yang memotong zona alterasi dan mata air panas le Seum (Sri Widodo dkk, 2005)

GEOLOGI SUMUR

Litologi sumur JBO-1 dan JBO2, terdiri dari: 1). Breksi Tufa Terubah, 2). Andesit Terubah, dan 3). Breksi Tufa terubah bersisipan Tufa terubah.

Sumur JBO-1 Breksi Tufa Terubah

Dijumpai mulai dari permukaan sampai kedalaman 15 m, umumnya telah terubah dengan intensitas ubahan kuat sampai sangat kuat. Pada interval kedalaman 0 - 3 m batuan terlapukkan sangat kuat (soil), berwarna coklat-kekuningan, gembur, lepas-lepas (unconsolidated). Pada interval kedalaman selanjutnya, yaitu 3 - 15 m, breksi tufa terubah. Mineral-mineral ubahan yang hadir adalah: lempung (montmorilonit, smektit, kaolinit), kuarsa sekunder, oksida besi, pirit, dan dengan/tanpa karbonat (kalsit). Batuan bersifat mengembang (swelling) bila terkena air hanya pada interval kedalaman 6 - 12 m, yaitu sebesar 5 %.

Andesit Terubah

Satuan batuan ini hanya dijumpai pada interval 15 - 22.70 m, dengan ketebalan sekitar 7.70 m. Batuan ini telah terubah hidrotermal dengan intensitas kuat menjadi mineral lempung (smektit, montmorilonit, kaolinit), kuarsa sekunder, pirit, dan oksida besi. Sedikit dijumpai rekahan batuan yang terisi oleh kuarsa sekunder dan pirit.

Breksi Tufa Terubah sisipan Tufa Terubah

Satuan batuan ini dijumpai pada interval kedalaman 22.70 hingga 238 m, dengan intensitas ubahan bervariasi dari lemah sampai sangat kuat. Pada interval kedalaman 100 hingga 238 m, intensitas ubahan semakin kuat. Tufa terubah hadir hanya pada interval kedalaman

216.83 - 216.88 m, 226.62 - 229.25 m, dan di 234.58 - 235.27 m, dengan ketebalan hanya beberapa cm, yang hadir sebagai sisipan pada satuan breksi tufa terubah ini. Umumnya berwarna abu-abu, kehijauan, kehitaman, kecoklatan, cukup padu, regas, berbutir pasir sampai abu. Batuan mempunyai sifat swelling terutama di interval kedalaman 22.70 - 29.14 m, 62.11 - 100 m, 148.60 - 148.80 m, dan 172 - 177 m, yaitu sebesar 5 - 40 %.

Sumur JBO-2 Breksi Tufa Terubah

Satuan batuan ini dijumpai mulai dari permukaan sampai kedalaman 21 m, umumnya telah terubah dengan intensitas ubahan kuat sampai sangat kuat. Pada interval kedalaman 0 - 3 m batuan terlapukkan sangat kuat (soil), berwarna coklat-kekuningan, sedikit keputih-putihan, kehitaman, gembur, lepas-lepas (unconsolidated). Pada interval kedalaman selanjutnya, yaitu 3 - 21 m, breksi tufa terubah. Mineral-mineral ubahan yang hadir adalah: lempung (montmorilonit, kaolinit), oksida besi, kuarsa sekunder, dan dengan/tanpa pirit.

Andesit Terubah

Satuan batuan ini hanya dijumpai pada interval kedalaman 21 - 29.50 m, dengan ketebalan sekitar 8.50 m. Secara megaskopis dapat diperikan, sbb: abu-abu-kehitaman, sedikit putih-kehijauan, relatif segar, keras, banyak dijumpai kekar-kekar gerus, milonitisasi, dan hancuran batuan, terutama pada kedalaman 24.45 - 25 m, 25.70 -26.30 m, dan 27.25 - 27.65 m, berekstur porfiritik, terdiri dari fenokris: plagioklas, piroksen, dan hornblende, tertanam dalam masa dasar afanitik dan gelas vulkanik.

Breksi Tufa Terubah sisipan Tufa Terubah

Satuan batuan ini dijumpai pada interval kedalaman 29.50 hingga 250 m, dengan intensitas ubahan bervariasi dari lemah sampai sangat kuat. Batuan pada interval kedalaman 50.45 sampai 96 m relatif kurang padu, mudah lepas-lepas, getas, banyak dijumpai kekar gerus, milonitisasi, dan hancuran batuan. Pada interval 96 m hingga kedalaman 250 m, batuan relatif padu, regas, hanya diinterval kedalaman 137 - 143 m, batuan kurang padu, mudah hancur, getas.

Secara umum sampai kedalaman akhir intensitas ubahan semakin kuat, banyak dijumpai urat-urat halus yang terisi oleh mineral kalsit dan kuarsa sekunder, berwarna putih. Pada interval kedalaman tertentu satuan ini dicirikan dengan kehadiran oksida besi yang tinggi, berwarna coklat-kemerahan, terutama di kedalaman 110.80 - 114.30 m dan 160 - 186 m.

Struktur Geologi

Kehadiran struktur geologi dapat diamati dari sifat fisik batuan seperti breksiasi, milonitisasi, kekar-kekar dll. yang dikombinasikan dengan parameter pemboran seperti adanya hilang sirkulasi (PLC/TLC) dan drilling break.

Pada sumur JBO-1 ini terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas hanya pada interval kedalaman 90.64 - 90.84 m, 172 - 238 m, masing-masing sebesar 55.5 lpm dan 10 lpm.

Pada sumur JBO-2 banyak terjadi hilang sirkulasi baik PLC maupun TLC, terutama pada interval kedalaman 21 - 24 m (60 lpm), 24.45 - 25.70 m (>100 lpm), 27.25 - 27.65 m (84 lpm), 43.15 m (>350 lpm), dan 141 - 142 m (30 lpm).

Lonjakan temperatur lumpur pembilas masuk (Tin) dan keluar (Tout) di sumur JBO-1 dari permukaan sampai kedalaman 100 m berkisar antara 0 - 2.8°C, dengan Tin= 32.1 - 46.0°C dan Tout= 34.0 - 46.4°C. Selanjutnya, pada interval kedalaman 100 - 238 m, lonjakan temperatur berkisar 1.4 - 4.6°C, dengan Tin= 40.7 - 55.0°C dan Tout= 42.1 - 57.9°C.

Jarak permukaan sumur JBO-1 dari sesar Ceunohot sekitar 250 meter dengan posisi pada bagian blok sesar yang bergerak relatif naik. Sumur JBO-1 diperkirakan memotong sesar Ceunohot pada kedalaman 90,64 - 90,84 meter dan 172 - 238 meter. Kenyataan ini membuktikan bahwa sesar Ceunohot adalah merupakan sesar normal bertipe step fault.

Lonjakan temperatur di sumur JBO-2 dari permukaan sampai kedalaman 100 m berkisar antara 0 - 0.7°C, dengan Tin= 30.5 - 36.5°C dan Tout= 30.7 - 36.8°C. Selanjutnya, pada interval kedalaman 100 - 250 m, lonjakan temperatur berkisar 0.4 - 2.4°C, dengan Tin= 31.1 - 39.9°C dan Tout= 31.8 - 41.9°C.

Jarak permukaan Sumur JBO-2 dari Sesar Ceunohot sekitar 500 meter dengan posisi pada bagian blok sesar yang bergerak relatif turun. Sumur JBO-2 tidak memotong Sesar Cenohot, bahkan mempunyai posisi semakin menjauh dari Sesar Cenohot dengan bertambahnya kedalaman Sumur JBO-2.

SESAR CEUNOHOT

Pulau Weh merupakan pulau vulkanik yang telah mengalami depresi dari jalur Sesar Semangko. Sesar Ceunohot salah satu sesar normal yang, merupakan bagian dari sesar sesar pembentuk graben tersebut dan merupakan sesar normal yang melintas daerah prospek di bagian utara. Akibat pensesaran ini maka blok sesar bagian barat laut relatif bergerak turun dibanding blok bagian tenggara. Dimungkinkan sesar normal Ceunohot merupakan salah satu sesar prospek di Lapangan Panas Bumi Jaboi, P. Weh, Nanggroe Aceh Darussalam.

Sampai dengan kedalaman 250 meter, perpotongan sumur JBO-1 dengan sesar Ceunohot terjadi pada kedalaman antara 90 s.d 91 meter dan 172 - 238 meter di bawah permukaan, yang ditandai oleh adanya hilang sirkulasi pada pemboran di kedalaman tersebut.

Pada pemboran sumur JBO-1 terjadi lonjakan temperatur lumpur pembilas antara kedalaman 0 - 100 meter sekitar 2,8°C. Sedangkan pada sumur JBO-2 antara kedalaman 0 - 100 meter beda temperatur lumpur pembilas masuk dengan temperatur lumpur pembilas keluar hanya sekitar 0,7°C.

LOGGING TEMPERATUR

Hasil pengukuran logging temperatur JBO-1 di kedalaman 100 m, yaitu sebesar 59.1C dan 69.7C setelah *probe* direndam selama 9 jam 34 menit. Pengukuran T-Logging di kedalaman 150 m, temperatur terukur 72.4C dan setelah *probe* direndam selama 8 jam temperatur maksimum 82.8C. Sedangkan temperatur ekstrapolasi di kedalaman 150 m berdasarkan hasil pengeplotan dengan metode *Horner plot* adalah 86C (Gambar 6, 7, 8, 9).

Dari data temperatur di atas, menunjukkan sumur JBO-1 mempunyai anomali gradien temperatur sebesar 20.5C - 22C per 100 meter atau rata-rata sekitar 21C, dan peningkatan anomali temperatur selaras dengan bertambahnya kedalaman lubang bor.

Pengukuran logging temperatur di sumur JBO-2 di kedalaman 150 m, yaitu sebesar 70.2°C dan setelah T-tool direndam selama ± 8 jam temperaturnya adalah 74.4°C. Sedangkan temperatur ekstrapolasi di kedalaman 250 m berdasarkan hasil pengeplotan dengan metode *Horner plot* adalah 92C, (Gambar 6, 10 dan 11).

Dari data-data temperatur di atas, menunjukkan sumur JBO-2 mempunyai anomali gradien panas sebesar 17 per 100 meter.

PEMBAHASAN

Sesar Ceunohot adalah salah satu sesar normal bertipe step fault yang merupakan bagian dari sesar sesar pembentuk graben di P. Weh dan merupakan sesar normal yang melintas daerah prospek di bagian utara (Gambar 1). Sampai dengan kedalaman 250 meter sesar ini terpotong oleh Sumur JBO-1 pada kedalaman 90.64 - 90.84 m dan 172 - 238 m dengan ditandai oleh hilangnya sirkulasi masing-masing sebesar 55,5 lpm dan 10 lpm.

Akibat perpotongan sesar ini maka terjadi lonjakan temperatur lumpur pembilas sumur JBO-1 dari kedalaman 0 - 100 m sebesar 2.8°C, dengan Tin= 32.1 - 46.0°C dan Tout= 34.0 - 46.4°C. Selanjutnya, pada interval kedalaman

100 - 238 m, lonjakan temperatur berkisar 1.4 - 4.6°C, dengan T_{in} = 40.7-55.0°C dan T_{out} = 42.1-57.9°C.

Dibanding lonjakan temperatur di Sumur JBO-2 dari permukaan sampai kedalaman 100 m sebesar 0.7°C, dengan T_{in} = 30.5 - 36.5°C dan T_{out} = 30.7 - 36.8°C. Selanjutnya, pada interval kedalaman 100 - 250 m, lonjakan temperatur berkisar 0.4 - 2.4°C, dengan T_{in} = 31.1 - 39.9°C dan T_{out} = 31.8 - 41.9°C.

Gradien temperatur sumur JBO-1 mempunyai rata-rata 21°C tiap bertambahnya kedalaman 100 meter, sedangkan gradien temperatur Sumur JBO-2 rata-rata 17°C tiap bertambahnya kedalaman 100 meter.

Lonjakan temperatur lumpur pembilas maupun gradien temperatur di sumur JBO-1 yang lebih tinggi dari sumur JBO-2 karena jarak sumur JBO-1 terhadap sesar Ceunohot lebih dekat dari pada sumur JBO-2.

Kedudukan dan jarak datar kedua sumur landaian suhu ini terhadap sesar Ceunohot sangat berpengaruh terhadap lonjakan lumpur pembilas maupun gradien temperatur di masing-masing sumur landaian suhu JBO-1 dan JBO-2 karena sesar Ceunohot sebagai bidang lemah/porositas tinggi, dimungkinkan telah berfungsi sebagai media untuk dilalui fluida panas dari reservoir naik ke bagian permukaan, sehingga fluida panas akan memanasi batuan di sekitar Sesar Ceunohot.

Daerah yang mempunyai jarak lebih dekat dengan bidang sesar, akan mempunyai tingkat panas yang lebih tinggi dari pada daerah yang lebih jauh dari bidang sesar. Semasa fluida panas naik ke permukaan, batuan yang dilalui Sesar Ceunohot terkena panas sehingga terjadi alterasi. Gejala ini dicerminkan pula oleh tingkat alterasi batuan di sepanjang Sumur JBO-1 secara umum lebih kuat dibanding tingkat alterasi di Sumur JBO-2, karena sumur JBO-2 mempunyai jarak yang lebih jauh dari Sesar Ceunohot dibanding Sumur JBO-1.

Kemungkinan berfungsinya Sesar Ceunohot ini sebagai media naiknya fluida panas bumi dari dalam reservoir ke bagian permukaan, maka Sesar Ceunohot bersamaan sesar-sesar lain yang berpotongan di zona graben P. Weh, dapat disebut sebagai sesar prospek di Lapangan Panas Bumi Jaboi, P. Weh, NAD.

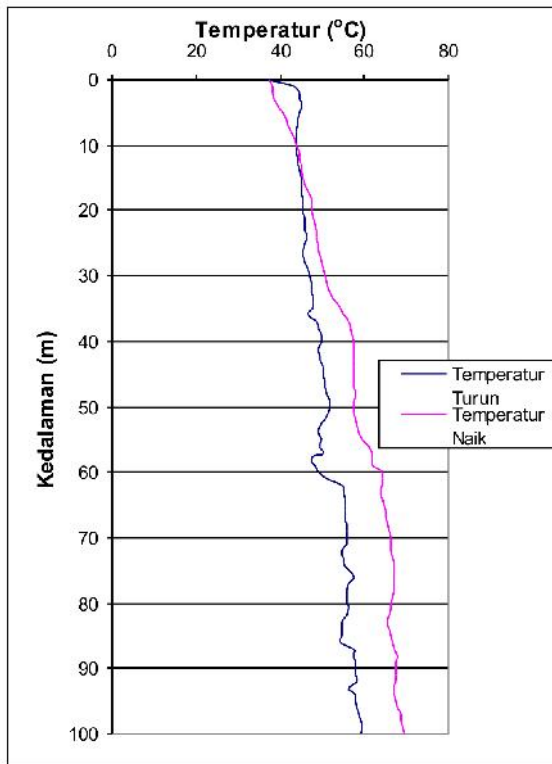
Untuk mendapatkan fluida panas bumi dengan temperatur yang tinggi, maka dalam penentuan titik bor eksplorasi maupun eksploitasi di lapangan panas bumi Jaboi, P. Weh, kedalaman titik perpotongan sesar Ceunohot dengan sumur eksplorasi/eksploitasi harus diperhitungkan.

KESIMPULAN

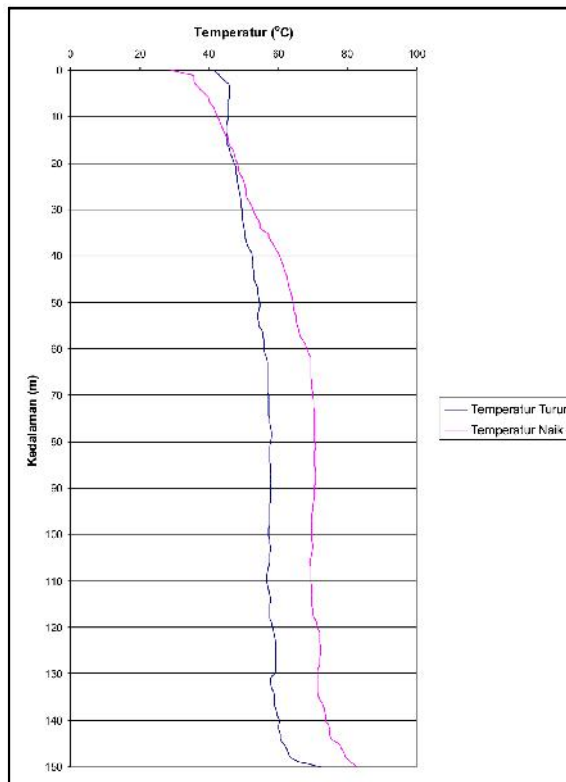
- | Litologi sumur landaian suhu JBO-1 dan JBO-2 disusun oleh satuan batuan yang relatif sama, yaitu: 1). Breksi Tufa Terubah, 2). Andesit Terubah, 3). Breksi Tufa sisipan Tufa Terubah
- | Intensitas ubahan Sumur JBO-1 relatif lebih kuat dibanding Sumur JBO-2 dan cenderung semakin meningkat dengan bertambahnya kedalaman.
- | Anomali landaian suhu di sumur JBO-1 dan JBO-2 masing-masing sebesar 20.5 - 22°C dan 17°C per 100 meter kedalaman yang berarti struktur sesar Ceunohot sangat berpengaruh terhadap landaian suhu di lapangan panas bumi Jaboi, Sabang, Nanggroe Aceh Darussalam.
- | Sesar Ceunohot berfungsi sebagai media naiknya fluida panas bumi dari dalam reservoir ke bagian permukaan.
- | Untuk rencana pengembangan Sumur Eksplorasi maupun Sumur Eksploitasi, perpotongan sumur dengan Sesar Ceunohot harus diperhitungkan pada kedalaman tertentu, karena Sesar Ceunohot dimungkinkan sebagai sesar prospek.

UCAPAN TERIMA KASIH

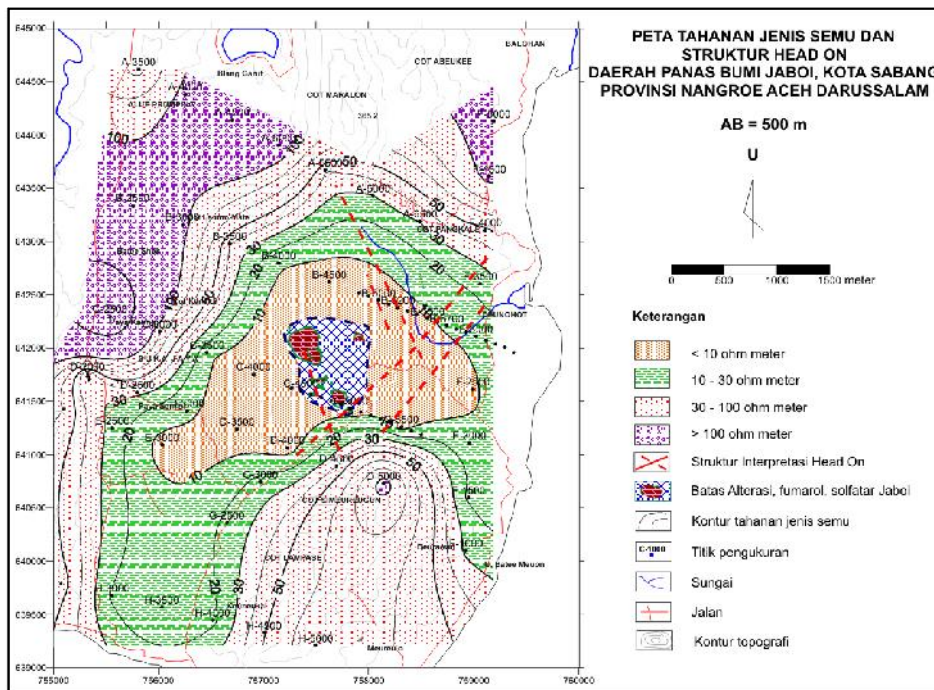
Terima kasih disampaikan kepada seluruh dewan redaksi yang telah memberikan kesempatan makalah ini untuk dimuat dalam buletin yang kita cintai ini. Kepada editor yang telah mengoreksi, memberikan saran dan diskusi dalam penyusunan makalah ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Survei Terpadu dan Tim Survei Landaian Suhu Daerah Panas Bumi Jaboi, atas kerja samanya dalam penulisan makalah ini.



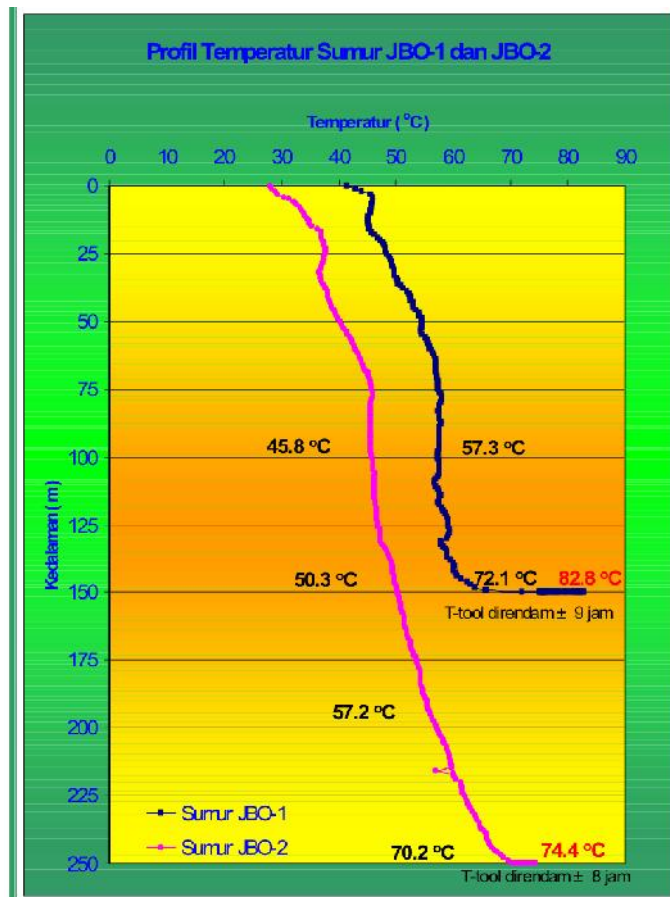
Gambar 7. Profil Temperatur Logging Sampai Kedalaman 100 m di Sumur JBO-1, Kota Sabang NAD (Tim Survei Landaian Suhu, 2006)



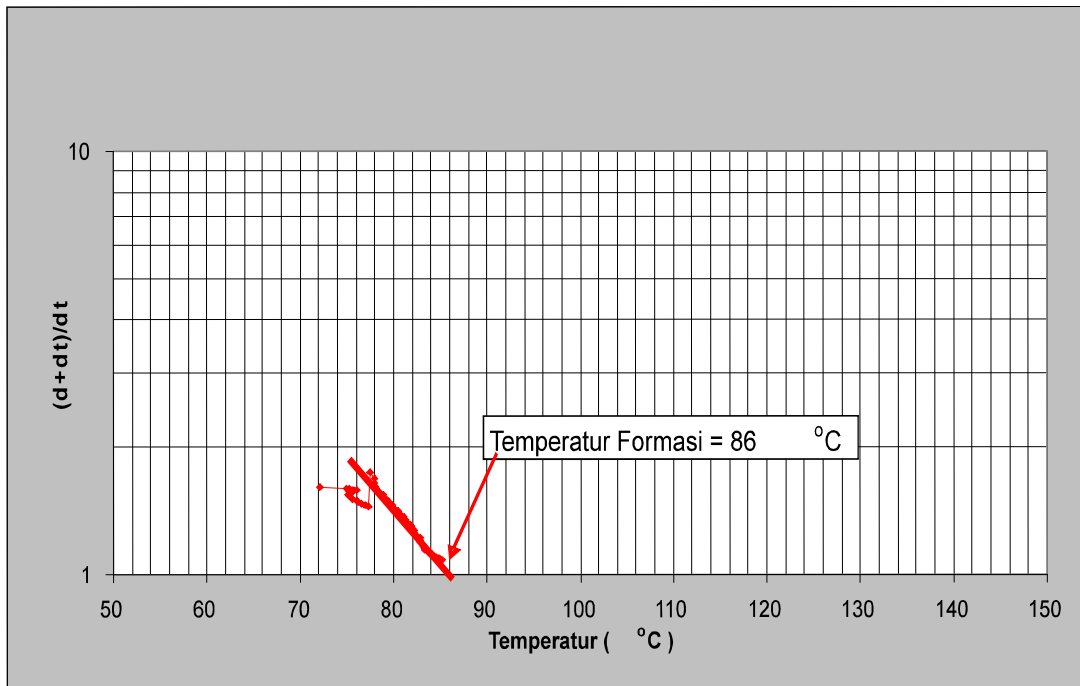
Gambar 8. Profil Temperatur Logging Sampai Kedalaman 150 m di Sumur JBO-1, Kota Sabang NAD (Tim Survei Landaian Suhu, 2006)



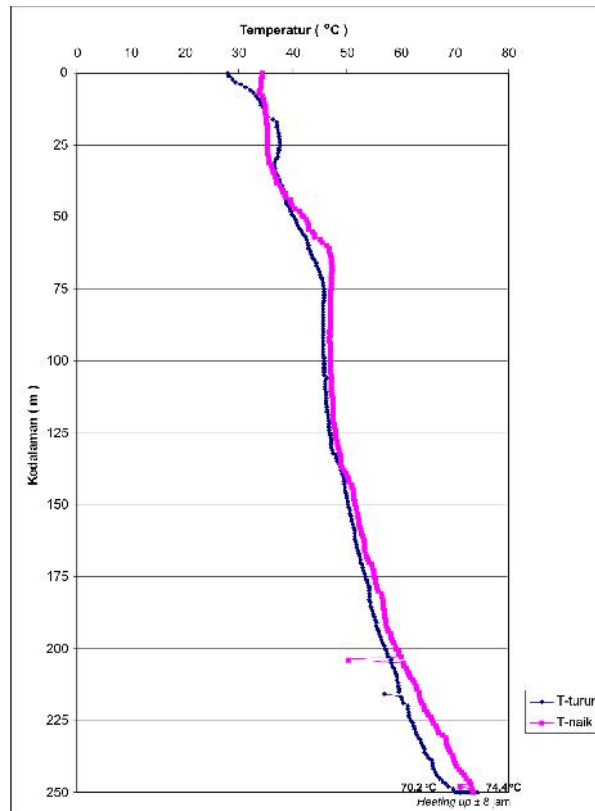
Gambar 5. Peta Struktur Interpretasi Head On (Widodo S., dkk., (2005).



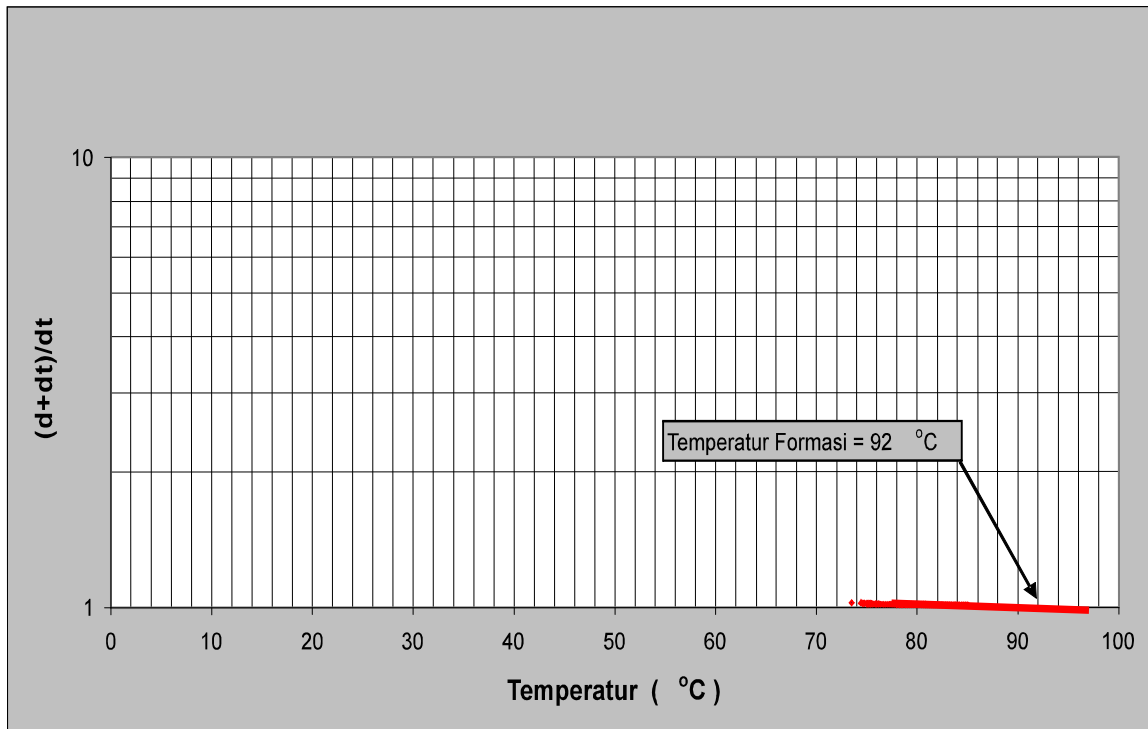
Gambar 6. Profil Temperatur Landaian Suhu Sumur JBO-1 an JBO2, Daerah Panas Bumi Jaboi, P. Weh, Sabang NAD. (Tim Survei Landaian Suhu, 2006)



Gambar 9. Horner Plot Sumur Landaian Suhu JBO-1, Kota Sabang NAD. (Tim Survei Landaian Suhu, 2006)



Gambar 10. Profil temperatur Landaian Suhu Sumur JBO-2 Daerah Panas Bumi Jaboi, Kota Sabang - NAD (Tim Survei Landaian Suhu, 2006)



Gambar 11. Horner Plot Sumur Landaian Suhu JBO-2, Kota Sabang NAD.
(Tim Survei Landaian Suhu, 2006)

DAFTAR PUSTAKA

Browne, P.R.L., (1978). *Hydrothermal alteration in Active Geothermal Fields, Annual Riview of Earth and Planetay Science* 6:229-250

Hasan R., dkk., (2000). *Penyelidikan dan kajian potensi panas bumi Saban, P. Weh, Daerah Istimewa Aceh, Direktorat Vulkanologi, Bandung*

Lawless, J.V., White, P.J., and Bogie, I., (1994). *Important Hydrothermal Minerals and their Significance, Fifth Edition, Kingston Morrison Ltd*

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

Tim Survei Landaian Suhu, 2006, *Survei Landaian Suhu Sumur JBO-1, Jaboi, Kota Sabang, Nanggro Aceh Darusalam, Pusat Sumber Daya Geologi.*

Tim Survei Landaian Suhu, 2006, *Survei Landaian Suhu Sumur JBO-2, Jaboi, Kota Sabang, Nanggro Aceh Darusalam, Pusat Sumber Daya Geologi.*

Widodo S., dkk., (2005). *Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia, dan Geofisika, Daerah Panas Bumi Jaboi, Kota Sabang, Provinsi Aceh Darussalam, direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.*

Alamat Redaksi

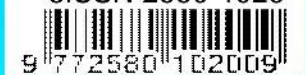
Buletin Sumber Daya Geologi
Bagian Tata Usaha, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254
Tel. (022) 522 6270, 520 2698, Fax: (022) 522 6263,
Website : <http://psdg.geologi.esdm.go.id/>
OJS: buletinsdg.geologi.esdm.go.id
Email: buletinpsdg@gmail.com

ISSN 1907-5367



9 771907 536770

eISSN 2580-1023



9 772580 102009