

**ZONASI POTENSI MINERALISASI BESI-TEMBAGA-TIMBAL-SENG
MENGUNAKAN DATA GEOKIMIA DAN GEOLOGI BERBASIS SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS DI KABUPATEN SOLOK, PROVINSI SUMATERA BARAT**
*IRON-COPPER-LEAD-ZINC MINERALIZATION POTENTIAL ZONES USING
GEOCHEMICAL AND GEOLOGICAL DATA IN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM
AT SOLOK REGENCY, WEST SUMATRA PROVINCE*

***Sabtanto Joko Suprpto, **Ildrem Syafri dan **Yoga Andriana**

*Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno-Hatta No.444, Bandung

**Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor

sabtanto_js@yahoo.com

diterima : 14 Februari 2014

direvisi : 24 April 2014

disetujui : 1 Mei 2014

ABSTRAK

Kabupaten Solok, Provinsi Sumatra Barat mempunyai potensi sumberdaya mineral logam. Studi ini bertujuan untuk menentukan daerah potensi mineralisasi mineral logam Fe-Cu-Pb-Zn di Kabupaten Solok dengan menggunakan kombinasi model statistik rasio frekuensi dan sistem informasi geografis. Analisis dilakukan terhadap data sebaran litologi dan struktur geologi serta data 4 jenis unsur unsur dari 433 sampel geokimia endapan sungai aktif. Hasil kajian menghasilkan sebaran spasial sebelas daerah potensi mineralisasi logam Fe-Cu-Pb-Zn. Penelitian lapangan dilakukan di daerah potensi Pisauilang, Kotanaru, dan Air Bertumbuk, ditemukan cebakan bijih besi di tiga lokasi dengan Fe sebagai unsur penyusun utama serta Cu, Pb, dan Zn, sebagai unsur ikutan. Kandungan bijih besi berupa Fe 18,15-70,9 %, Cu 0,025-2,34 %, Pb <0,001-0,004%, dan Zn 0,033-0,58%.

Kata kunci: geologi, geokimia, integrasi, potensi, rasio frekuensi.

ABSTRACT

The Solok Regency of West Sumatra Province has potency of metallic minerals deposit. This study aims to delineate the metallic mineral potential area of Fe-Cu-Pb-Zn using a combination of statistical frequency ratio models and geographic information system. Analysis was conducted on lithologic distribution and structural geology data, combined with geochemical data of 4 elements compound from 433 stream sediment geochemical samples. Results revealed the spatial distribution of 11 potential mineralization areas of metallic mineral Fe-Cu-Pb-Zn. Field investigation was conducted in the Pisauilang, Kotanaru, and Air Bertumbuk areas, encountered three locations of iron ore deposits with Fe as the main constituent and Cu, Pb, and Zn as the associated minerals. The iron ore composed of Fe 18.15 to 70.9%, Cu from 0.025 to 2.34%, Pb < 0.001 to 0.004%, and Zn 0.033 to 0.58 %.

Keywords: frequency ratio, geology, geochemistry, integration, potency.

PENDAHULUAN

Kondisi geologi Daerah Kabupaten Solok dan sekitarnya berpotensi terbentuknya mineralisasi besi dan logam dasar. Untuk mendapatkan temuan baru keberadaan mineralisasi logam tersebut diperlukan penelitian dengan metoda yang

dapat mengarahkan pada lokasi keberadaan mineralisasi logam tersebut.

Penelitian potensi logam di Daerah Kabupaten Solok telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, dan telah ditemukan beberapa lokasi mineralisasi logam. Pada bagian barat Sumatera, mineralisasi emas dan perak terkait

dengan batuan gunungapi berumur Oligo-Miosen (Carlile dan Mitchell, 1994) serta mineralisasi logam besi, tembaga, timbal dan seng berhubungan dengan granitoid Pliosen (Posavec dkk. 1973 dalam Muchsin dkk. 1997). Mineralisasi logam dasar di bagian timur Danau Singkarak dan Rawas berasosiasi dengan granitoid Kapur.

Penelitian dengan metode yang memanfaatkan perangkat komputer untuk mampu mengolah dan mengintegrasikan beberapa jenis/parameter data dalam jumlah dan volume besar, akan membantu dalam melakukan eksplorasi mineral logam, khususnya membuat zonasi daerah potensi lebih mudah dan cepat.

METODOLOGI

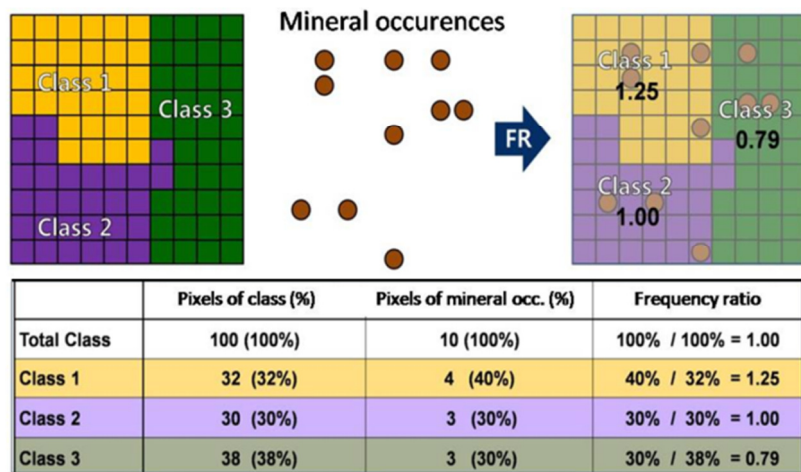
Penelitian ini menggunakan metode aplikasi Sistem Informasi Geografis menggunakan perangkat lunak *ArcGis 9.2* dan *SPSS 13* untuk integrasi model perhitungan statistik *likelihood ratio*. Pemodelan yang digunakan yaitu rasio frekuensi.

Di Kabupaten Solok terdapat cebakan logam Fe, Cu, Pb, dan Zn di 15 lokasi (Crow dkk. 1993 dan Anonim. 2012). Titik lokasi cebakan tersebut menjadi data acuan, yaitu zona tertentu di daerah penelitian dengan kondisi litologi, geokimia dan struktur patahan hampir sama dengan kondisi pada lokasi ditemukannya cebakan logam tersebut, diharapkan mempunyai peluang yang sama untuk juga dijumpainya

cebakan logam. Penentuan lokasi atau zona dengan peluang yang sama tersebut dengan cara membuat peta rasio frekuensi geokimia, litologi, dan struktur.

Tahapan penelitian sebagai berikut :

- 1) Pengumpulan dan kompilasi data keterdapatan cebakan logam besi-tembaga-timbal-seng, litologi, struktur sesar, dan geokimia.
- 2) Pemrosesan data secara statistik untuk menentukan rasio frekuensi masing-masing variabel, yaitu rasio frekuensi geokimia, litologi, dan struktur geologi. Rasio frekuensi tersebut ditentukan berdasarkan hubungan dengan keterdapatan cebakan logam pada masing-masing variabel (Gambar 1, Tabel 2 & 3) menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG).
- 3) Hasil penentuan rasio frekuensi dibuat peta rasio frekuensi geokimia, litologi, geokimia, dan peta rasio frekuensi struktur patahan (Gambar 4, 5 dan 7).
- 4) Selanjutnya *layers* semua peta rasio frekuensi tersebut digabung dibuat *overlay*, dan nilai rasio frekuensi dari semua peta dijumlahkan, sebaran nilai rasio frekuensi hasil penjumlahan tersebut diklasifikasi menghasilkan peta indek potensi mineral (Gambar 10).
- 5) Observasi lapangan dilakukan pada daerah dengan indek potensi mineral tinggi, yaitu membandingkan daerah yang memiliki nilai indeks tinggi dengan kondisi lapangan, untuk membuktikan efektifitas metode, Simangunsong dkk. (2012) dan Ernowo dkk. (2013).



Gambar 1. Model rasio frekuensi dalam pemetaan potensi mineral (Lee dan Min 2001, dalam Ernowo dkk. 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geokimia

Pengolahan geokimia dengan cara membuat klasifikasi sebaran unsur. Terdapat nilai kandungan unsur Fe, Cu, Pb, dan Zn sangat tinggi pada sampel geokimia endapan sungai (Tabel 1). Klasifikasi sebaran nilai unsur pada penelitian ini menggunakan cara dengan menghitung nilai rata-rata ditambah dua atau tiga kali nilai simpangan baku, dan dengan cara membandingkan hasil pengolahan data dengan hasil suatu penyelidikan pendahuluan di daerah yang diselidiki atau di daerah yang mempunyai kesamaan ciri-ciri baik secara geologi maupun geokimia, Rose dkk. (1979) dalam Ghazali dkk. (1986).

Hasil analisis unsur didapatkan daerah anomali di beberapa lokasi di daerah penelitian (Gambar 2 dan 3). Pola sebaran anomali masing-masing unsur Fe, Cu, Pb, dan Zn, mempunyai kemiripan dan di beberapa daerah bertampalan. Umumnya anomali terdapat di bagian barat daerah penelitian. Pola sebaran peninggian kandungan unsur-unsur Fe, Cu, Zn terutama di bagian barat daerah penelitian. Pola sebaran anomali Pb, selain menempati daerah bagian barat daerah penelitian, dijumpai juga anomali di bagian timur.

Sebaran beberapa anomali unsur tersebut, menempati daerah dijumpainya deposit logam. Sebaran anomali pada daerah yang lain ditafsirkan sebagai indikasi adanya potensi mineralisasi logam,

sehingga merupakan daerah potensi untuk menjadi daerah target eksplorasi.

Pengolahan data geokimia dengan membandingkan hasil suatu penyelidikan pendahuluan di daerah yang diselidiki atau di daerah yang mempunyai kesamaan ciri-ciri baik secara geologi maupun geokimia dilakukan dengan secara statistik menggunakan metode *likelihood ratio*. Dalam hal ini membandingkan dengan zona yang telah dijumpai data adanya cebakan logam. Hasil analisis diperoleh nilai rasio frekuensi untuk masing-masing kelas seperti pada Gambar 4 dan 5.

Geologi

Batuan malihan menyusun daerah penelitian berumur Jura sampai Karbon. Pembentukan batuan tersebut disusul oleh aktifitas terobosan yang intensif terjadi pada Zaman Kapur (Gambar 6). Batuan penyusun tersebut sebagian besar bersifat karbonatan (Kastowo dkk. 1996, Silitonga dan Katowo, 2007, Rosidi dkk. 2011). Batuan beku yang secara stratigrafis menerobos batuan sebagian bersifat karbonatan, berpotensi besar menghasilkan mineralisasi logam, di antaranya logam dasar dan besi.

Selain batuan malihan, batuan sedimen umumnya juga karbonatan, dijumpai melampar luas di daerah penelitian, umumnya berumur Tersier, diterobos oleh batuan intrusi berumur Miosen. Intrusi magmatik berlangsung juga pada Zaman Kuartar, di mana aktifitas vulkanik masih berlangsung sampai saat ini. Kondisi tersebut memungkinkan terbentuknya cebakan mineral logam pada batuan Tersier.

Tabel 1. Ringkasan statistik geokimia conto endapan sungai aktif Daerah Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat (satuan dalam ppm, kecuali Fe %)

Unsur	Rata-rata	Standar Deviasi	Jumlah Analisis	Minimum	Maksimum	Rata-rata Pada Kerak Bumi (Berkman, 2001)
Fe	8,25	3,49	433	1,32	46,68	4,65
Cu	35,51	22,37	433	4,1	2780,9	55
Pb	17,15	9,00	433	1,9	99,6	12,5
Zn	110,79	54,32	433	17,4	510,3	70

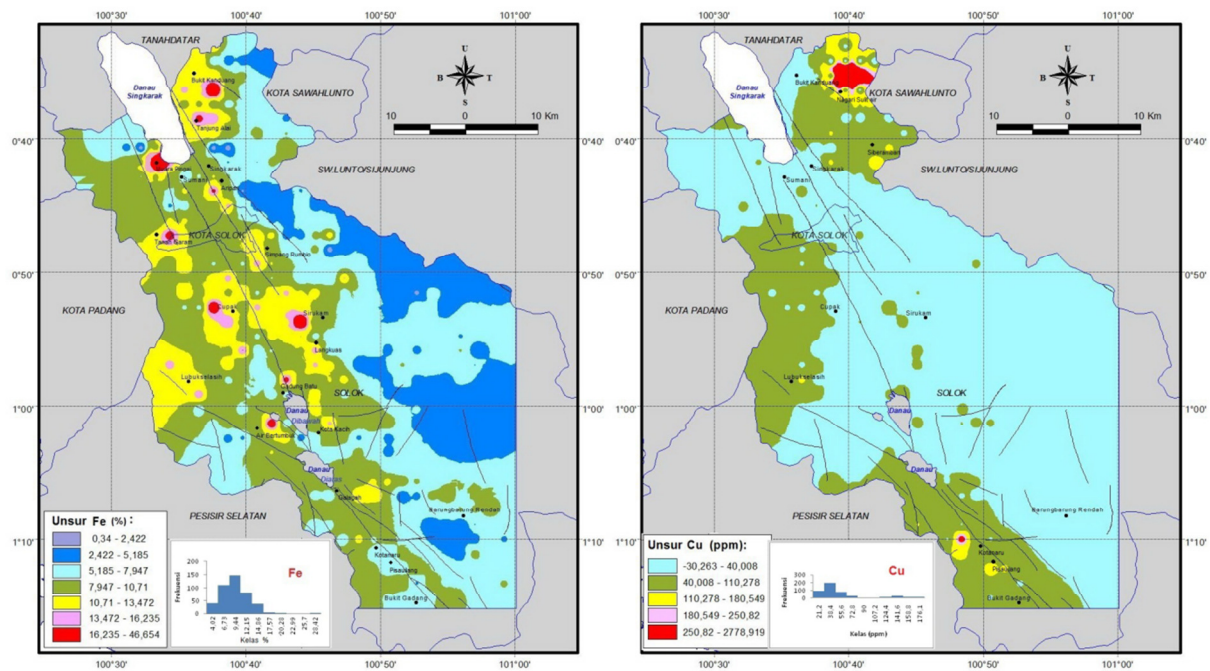
Dengan berlangsungnya aktifitas magmatik pada zaman Kuarter, memungkinkan terbentuknya cebakan mineral logam hasil aktifitas volkanik, yang terbentuk pada kedalaman dangkal, atau pada lingkungan epitermal.

Daerah Kabupaten Solok tersusun atas 25 satuan batuan. Keterdapatan mineralisasi logam Fe-Cu-Pb-Zn pada 9 satuan litologi. Tiap satuan litologi ditentukan rasio frekuensinya terhadap keterdapatan mineralisasi logam tersebut (Gambar 7).

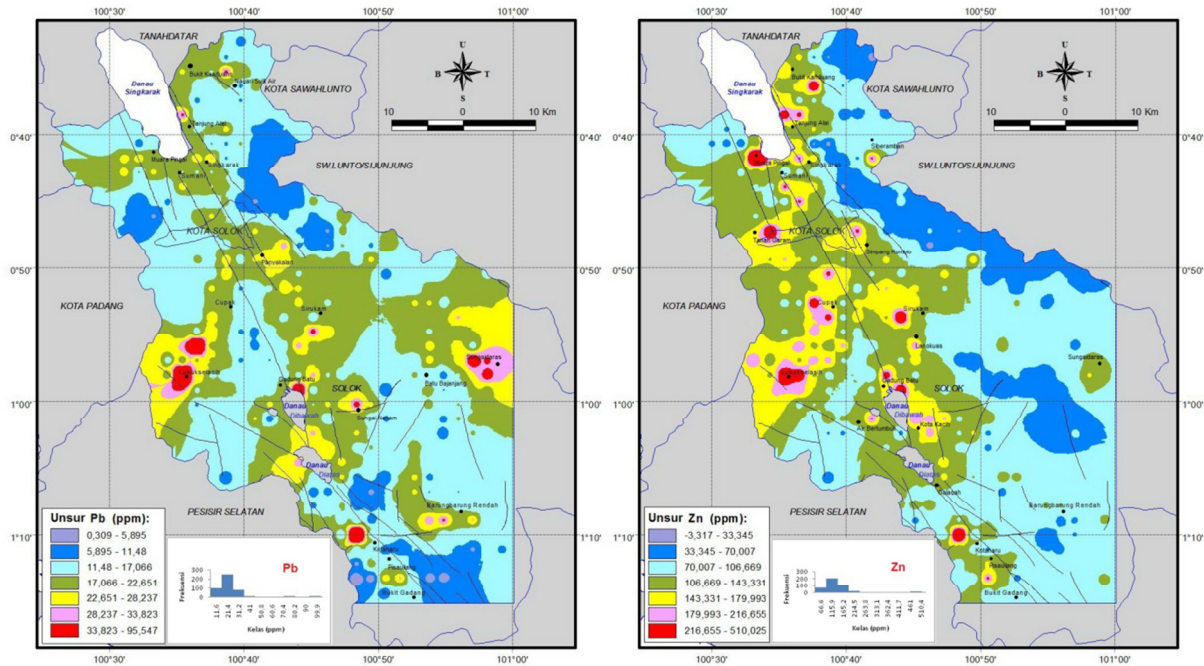
Daerah penelitian dilewati patahan besar Sumatera, memanjang barat-laut-tenggara, berupa patahan geser kanan, disertai patahan normal dan kekar ikutannya. Patahan membentuk zona lemah, memberikan peluang untuk terbentuknya batuan terobosan. Selain itu

zona patahan dapat menjadi media untuk lewatnya fluida hidrotermal, sehingga pembentukan zona mineralisasi hasil aktifitas hidrotermal dapat terjadi pada zona yang luas.

Data keberadaan struktur geologi berupa struktur patahan, untuk mengetahui hubungan spasial dengan keberadaan mineralisasi logam meliputi variasi arah patahan, intensitas patahan, dan perpotongan antar struktur patahan merupakan parameter yang mempengaruhi peluang terbentuknya mineralisasi logam. Sebaran patahan yang dalam peta berupa garis/vektor, untuk dapat ditentukan rasio frekuensinya, dituangkan dalam bentuk *grid/raster*. Secara spasial *raster* patahan dapat diklasifikasikan berdasarkan rentang jarak/zona terhadap keberadaan patahan, Partington dan Sale (2004).



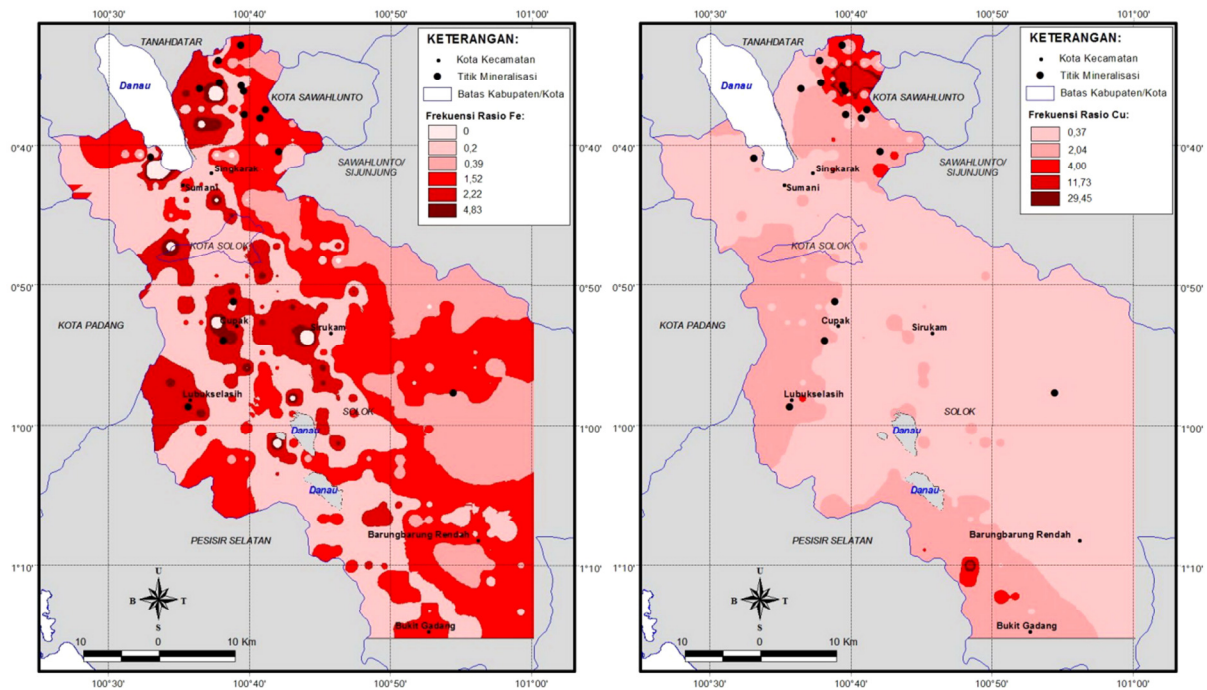
Gambar 2. Peta sebaran unsur Fe dan Cu, geokimia endapan sungai aktif.



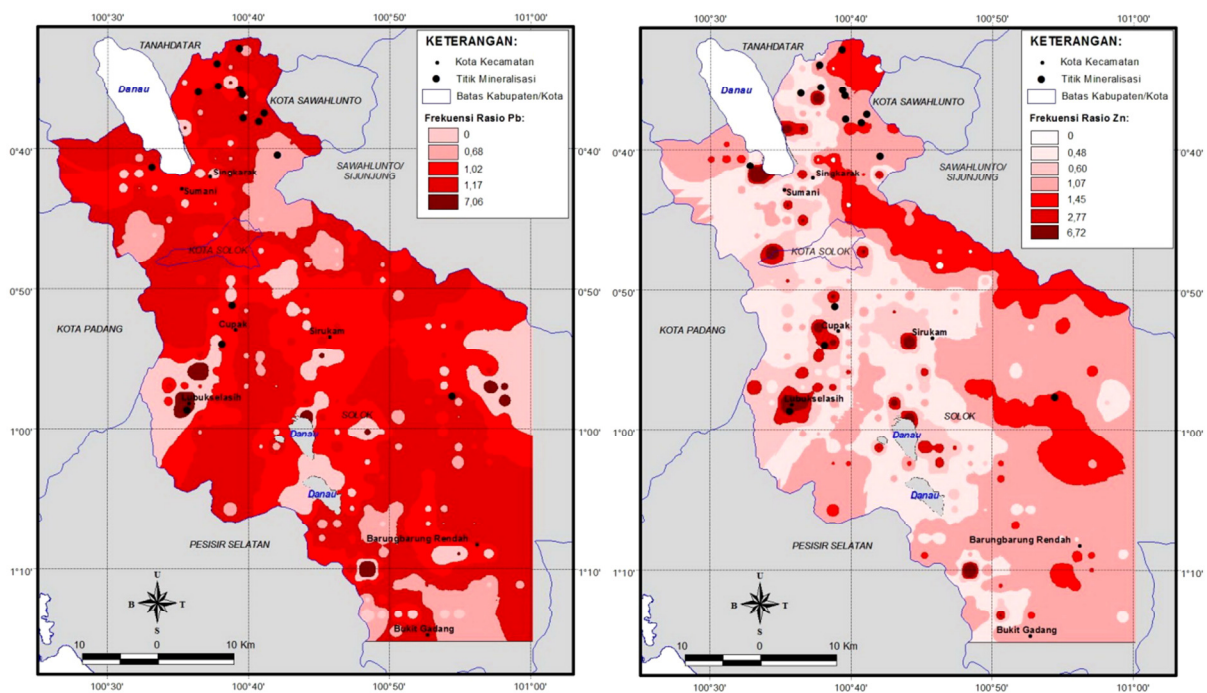
Gambar 3. Peta sebaran unsur Pb dan Zn, geokimia endapan sungai aktif.

Tabel 2. Penghitungan rasio frekuensi unsur besi.

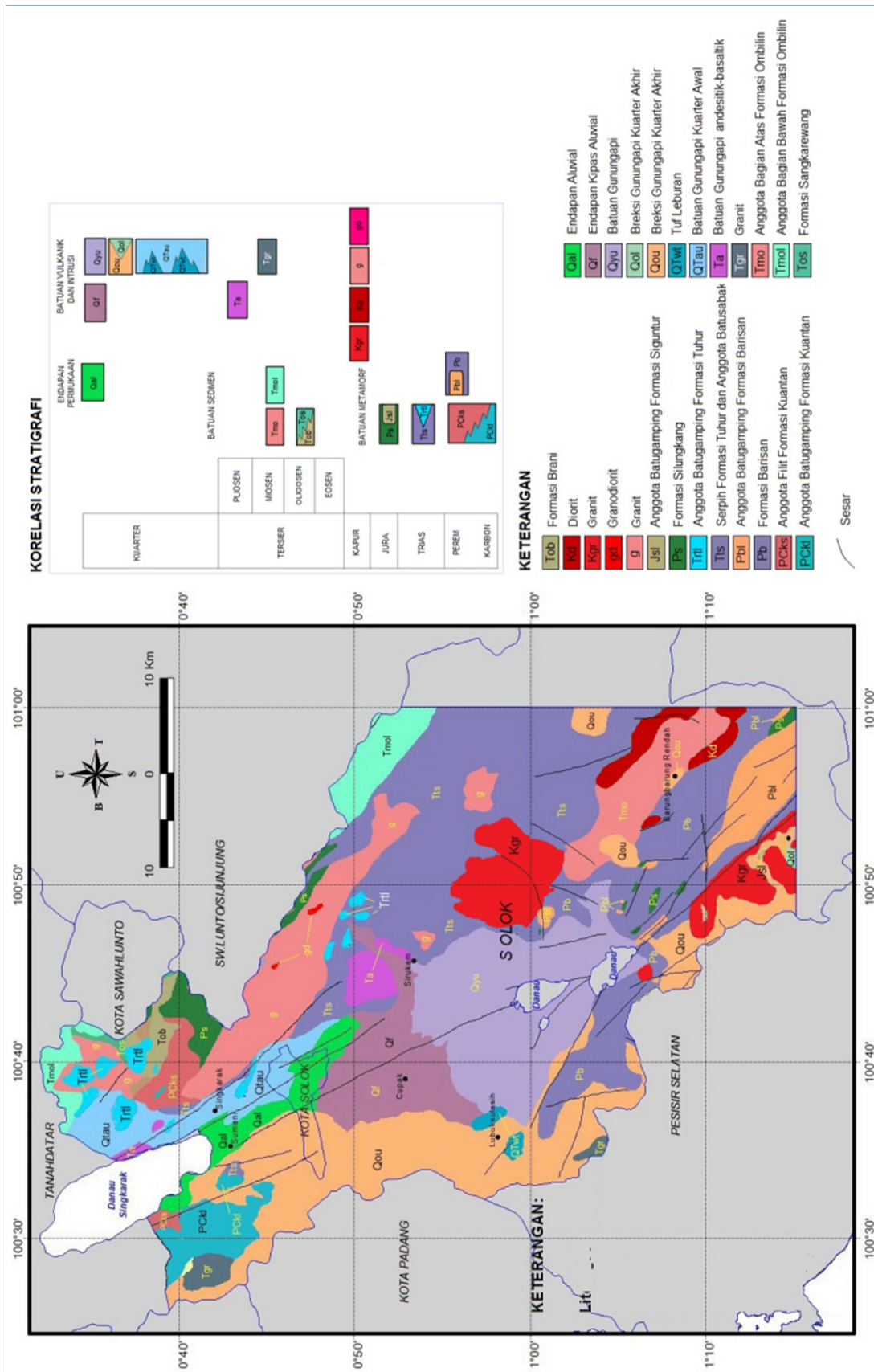
Faktor	No	Kelas (%)	Piksel dalam domain	% domain	Jumlah lokasi Keterdapatan Mineral	% Keterdapatan mineral	Rasio Frekuensi	
			A	B = A:1061399x100%	C	D= C:15x100%	D:B	
Fe	1	Mean -3 Standar deviasi	< 2,422	662	0,06	0	0,00	0,00
	2	Mean -2 Standar deviasi	2,422 - 5,185	180437	17,00	1	6,67	0,39
	3	Mean -1 Standar deviasi	5,185 - 7,947	372033	35,05	8	53,33	1,52
	4	Mean +1 Standar deviasi	7,947 - 10,71	359276	33,85	1	6,67	0,20
	5	Mean +2 Standar deviasi	10,71 - 13,472	127512	12,01	4	26,67	2,22
	6	Mean +3 Standar deviasi	13,472 - 16,235	14661	1,38	1	6,67	4,83
	7	> Mean +3 Standar deviasi	16,235 - 46,654	6818	0,64	0	0,00	0,00
			1061399	100,00	15	100,00		



Gambar 4. Peta rasio frekuensi unsur Fe dan Cu.



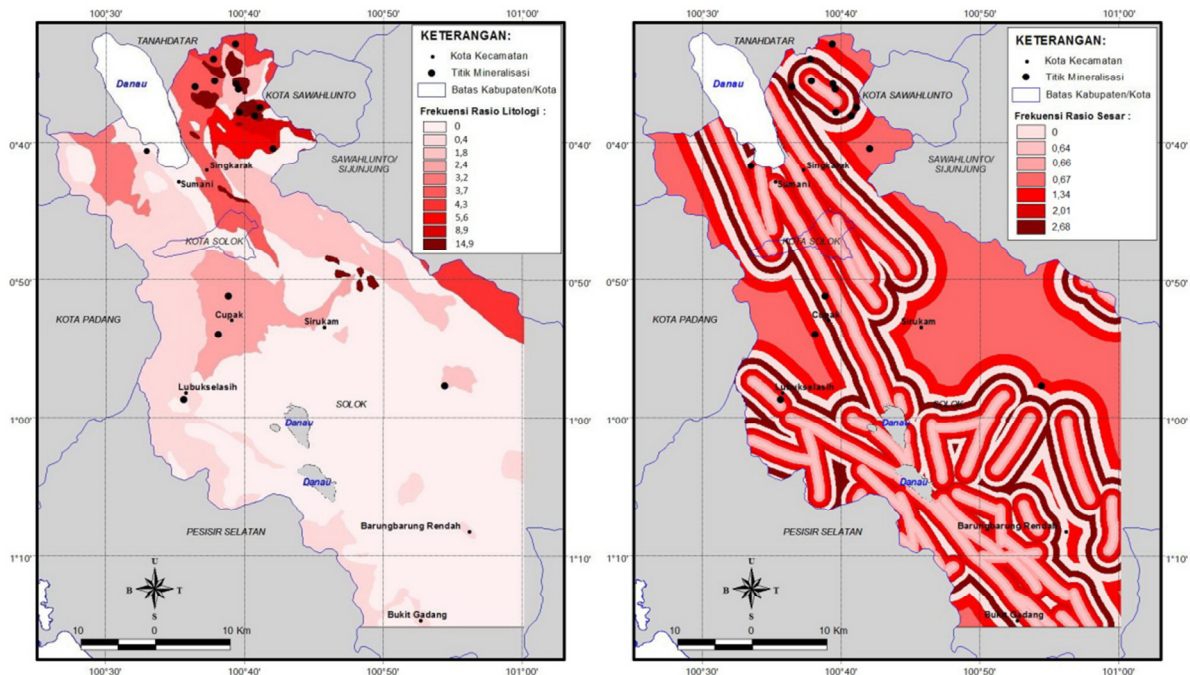
Gambar 5. Peta rasio frekuensi unsur Fe dan Cu.



Gambar 6. Peta geologi Daerah Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat (Kastowo dkk. 1996, Silitonga dan Katowo, 2007, Rosidi dkk. 2011).

Tabel 3. Penghitungan rasio frekuensi struktur geologi.

Faktor	No	Piksel dalam domain	% domain	Jumlah Lokasi	%	Rasio Frekuensi
		A	B = A:1061399x100 %	Keterdapatan Mineral	Keterdapatan mineral	
				C	D= C:15x100%	D:B
Struktur	1	109966	10,36	1	6,67	0,64
	2	107506	10,13	1	6,67	0,66
	3	106002	9,99	2	13,33	1,34
	4	105601	9,95	3	20,00	2,01
	5	105463	9,94	0	0,00	0,00
	6	105420	9,93	4	26,67	2,68
	7	105384	9,93	0	0,00	0,00
	8	105399	9,93	2	13,33	1,34
	9	105399	9,93	1	6,67	0,67
	10	105259	9,92	1	6,67	0,67
		1061399	100	15	100,00	



Gambar 7. Peta rasio frekuensi litologi, rasio frekuensi struktur geologi.

Pengelompokan jarak terhadap struktur geologi dibuat dalam 10 kelas dengan luas area atau jumlah piksel tiap kelas sama. Keberadaan struktur geologi berupa sesar, dikaitkan dengan keterdapatan mineralisasi didapatkan 6 rasio frekuensi sesar. Keterdapatan mineralisasi logam terdapat pada kelas jarak 1 sampai dengan 4, kelas ke 6, dan kelas 8 sampai dengan 10 (Tabel 3 dan Gambar 7).

Daerah Potensi Mineralisasi Fe-Cu-Pb-Zn

Peta indeks potensi mineralisasi logam Fe-Cu-Pb-Zn, diperoleh dari hasil penjumlahan rasio frekuensi beberapa layer peta rasio frekuensi, yaitu layer peta rasio frekuensi unsur Fe, Cu, Pb, Zn, litologi, dan layer peta rasio frekuensi struktur geologi. Peta indeks rasio frekuensi yang dihasilkan, diklasifikasi, zona dengan indeks rasio frekuensi tertinggi mempunyai

peluang paling besar untuk terdapatnya mineralisasi logam Fe-Cu-Pb-Zn.

Hasil klasifikasi integrasi rasio frekuensi diperoleh 11 zona/potensi mineralisasi logam Fe-Cu-Pb-Zn (Gambar 6), yaitu di lokasi Tanjung Alai, Simpang Rumbio, Tanah Garam, Sungaidaras, Sirukam, Langkuas, Gadung Batu, Kota Kacih, Kotanaru, Pisauilang, Air Bertumbu. Verifikasi terhadap hasil analisis tersebut dilakukan untuk menguji efektifitas metode penentuan daerah potensi mineralisasi logam Fe-Cu-Pb-Zn, dengan cara observasi lapangan terhadap 3 daerah dari 11 daerah potensi.

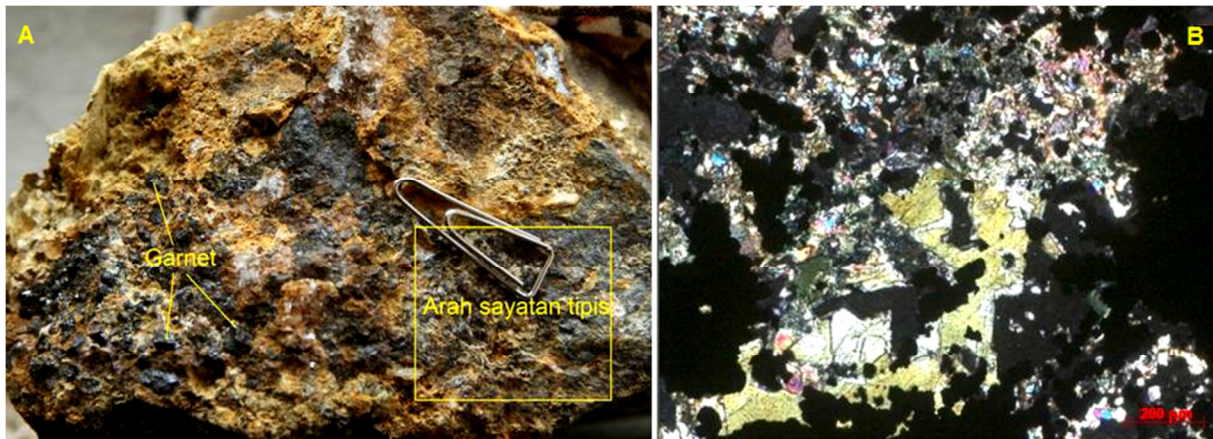
Penelitian lapangan di daerah potensi Pisauilang, Kotanaru, dan Air Bertumbuh, ditemukan cebakan bijih besi (Gambar 8) di tiga lokasi dengan Fe sebagai penyusun utama serta Cu, Pb, dan Zn, sebagai mineral ikutan. Kandungan bijih besi di Desa Pisauilang, Kecamatan Pantai Cermin berupa Fe 30,7-50,3%, Cu 0,68-2,34%, Pb 0,004%. Kandungan bijih besi di Desa Kotanaru, Kecamatan Lembah Gumanti Fe 22,9-70,9%, Cu 0,5-0,15%, Zn

0,033-0,05%, Pb <0,001%. Kandungan bijih besi di Desa Air Batumbuk, Kecamatan Danau Kembar Fe 18,15-64,2%, Cu 0,025-0,036%, Zn 0-0,35-0,58%, Pb <0,001%.

Hasil analisis petrografi dan mineragrafi sampel dari daerah potensi Pisauilang dan Kotanaru diperoleh kandungan mineral berupa garnet, amfibol dan mineral opak (Gambar9). Dijumpai karbonat mengisi rekahan, sebagian permukaannya diselimuti oksida besi. Analisis petrografi batuan samping didapatkan batuan terubah, terpotong urat kuarsa mikrokristalin, epidot dan mineral opak, setempat-setempat terdapat bitotit sekunder. Terdapat urat tipis plagioklas memotong di dalam urat kuarsa mengandung sedikit mineral opak. Berdasarkan asosiasi kandungan kelompok logam penyusun bijih besi serta asosiasi kelompok mineral hasil altersasi, cebakan bijih besi di Kotanaru dan cebakan bijih besi di Pisauilang hasil mineralisasi logam tipe skarn.



Gambar 8. Singkapan bijih besi lebar 6 meter dalam batuan karbonatan, di Desa Kotanaru.

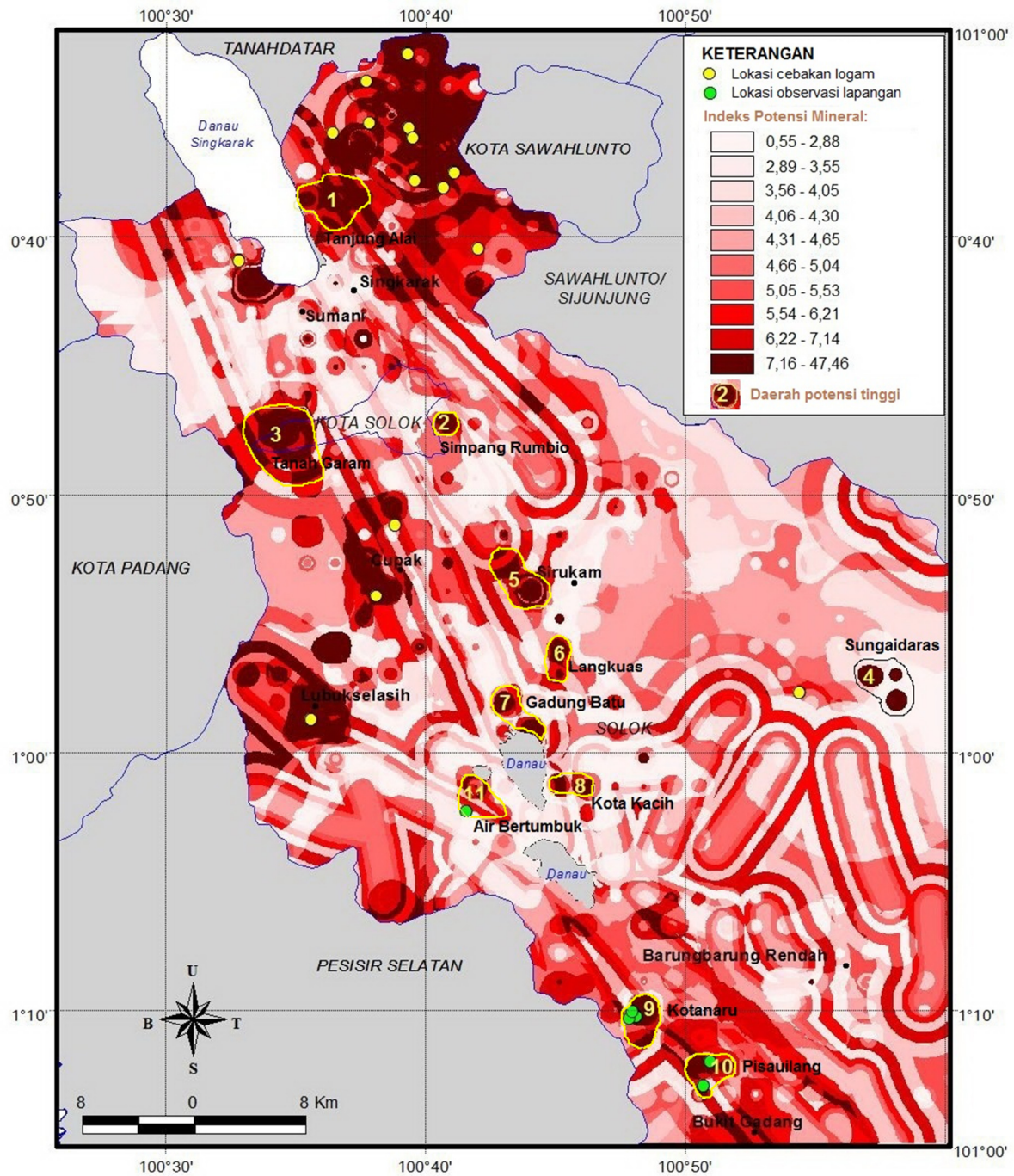


Gambar 9. A. Skarn dan bijih besi mengandung kristal garnet. B. Sayatan tipis skarn, terdapat amfibol, mineral opak (magnetit), karbonat mengisi rekahan, dan sebagian permukaannya diselubungi oksida besi.

KESIMPULAN

Hasil integrasi data keterdapatannya mineral, geokimia endapan sungai, litologi, dan data struktur geologi, dengan pengolahan sistem informasi geografis dan metode pemodelan rasio frekuensi, didapatkan sebelas daerah potensi mineralisasi logam Fe-Cu-Pb-Zn. Hasil penelitian lapangan pada daerah dengan batuan penyusun berumur Jura sampai Perm, bersifat karbonatan, dengan batuan terobosan berumur Kapur, dijumpai cebakan bijih besi, dengan logam ikutan berupa tembaga, seng, dan timbal. Lokasi penelitian berada pada lereng lembah dari patahan besar Sumatera. Mineralisasi serta alterasi berupa tipe skarn.

Penelitian untuk menentukan daerah prospek mineralisasi logam ini khusus untuk mendapatkan daerah potensi logam Fe-Cu-Pb-Zn. Kondisi geologi yang beragam di Kabupaten Solok berpotensi untuk terbentuknya beberapa tipe cebakan logam. Hasil penelitian dengan menggunakan pemodelan rasio frekuensi dengan Sistem Informasi Geografis ini dapat memberikan arah ditemukannya daerah potensi logam Fe-Cu-Pb-Zn, yaitu dengan hasil verifikasi lapangan didapatkan cebakan logam tersebut. Peluang sama untuk dapat digunakan dalam menentukan daerah potensi jenis logam dan tipe mineralisasi yang berbeda.



Gambar 10. Peta indek potensi mineralisasi Fe-Cu-Pb-Zn, hasil integrasi rasio frekuensi unsur Fe, Cu, Pb, Zn, litologi, dan struktur geologi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan makalah ini, penulis telah mendapat banyak bantuan dari Ernowo dan Penny Oktaviani khususnya dalam pengolahan

menggunakan perangkat komputer, serta bantuan dari Hotma Simangunsong dan Edi Suhanto pada observasi di lapangan, untuk itu kami ucapkan banyak terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2012. *Pemutakhiran Data dan Neraca Sumber Daya Mineral*. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Berkman, D.A. 2001. *Field Geologist' Manual*. The Australian Institute of Mining and Metallurgy, Victoria.
- Carlile, J.C., & Mitchell, A.H.G. 1994. *Magmatic Arc and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia*. Elsevier, Amsterdam.
- Crow, M.J., Johnson, C.C., McCourt, W.J. dan Harmanto. 1993. *The Simplified Geology and Known Metalliferous Mineral Occurrences, Solok Quadrangle, Southern Sumatra*. Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung .
- Ernowo, Simangunsong, H., Oktaviani, P. 2013. *Mineral Potential Map: Sulawesi, Flores and West Timor*. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Ghazali, S.A, Muchjidin, Hariwidjaja. 1986. *Penyelidikan Geokimia Endapan Sungai, Metoda dan Teknik*. Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Kastowo, Leo, G.W., Gafoer, S. & Amin, T.C. 1996. *Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Muchsin, A., Johnson, C.C., Djumsari, A., Sumartono. 1997. *Atlas Geokimia Regional Sumatera Bagian Selatan*. Direktorat Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Partington, G.A. & Sale, M.J. 2004. *Prospectivity Mapping Using GIS With Publicly Available Earth Science Data —A New Targeting Tool Being Successfully Used for Exploration in New Zealand*. <http://www.kenex.co.nz/documents/>.
- Rosidi, H.M.D, Tjokrosoepetro, S., Pendowo, S., Gafoer, S. & Suharsono. 2011. *Peta Geologi Lembar Painan dan Bagian Timurlaut Lembar Muarasiberut, Sumatera*. Pusat Survei Geologi, Bandung .
- Silitonga, P.H. & Kastowo. 2007. *Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera*. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Simangunsong, H., Ernowo, Oktaviani, P., Kisman., Sunuhadi, D.W. 2012. *The Development of GIS for Mineral Potential Mapping in The Eastern Indonesia*. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.