

# HASIL PENYELIDIKAN GEOKIMIA REGIONAL CONTO SEDIMEN SUNGAI AKTIF -80 MESH, DAERAH SULAWESI SELATAN GARIS LINTANG 2°

Oleh :

*Sabtanto JS, Harmanto*

Sub Dit. Geokimia dan Informasi Mineral, DSM

## S A R I

*Penyelidikan geokimia regional Daerah Sulawesi Selatan Garis Lintang 2° merupakan penyelidikan secara bersistem lembar demi lembar peta, dengan mengutamakan pengambilan conto sedimen sungai aktif - 80 mesh, yang dianalisis secara parsial, kerapatan satu conto mewakili daerah seluas 10 - 15 km<sup>2</sup>.*

*Geologi daerah secara litotektonik dapat dibagi dalam tiga jalur, yaitu jalur timur dengan penyusun utama batuan ofiolit dan sedimen, jalur tengah batuan malihan dan melange, dan jalur barat sebagai jalur magmatik dengan penyusun utama batuan gunungapi, sedimen, batuan terobosan granodioritik sampai granitik.*

*Mineralisasi yang berkembang dikelompokkan dalam tiga bagian sesuai jalur litotektoniknya. Bagian timur berkembang mineralisasi Ni, Cr, Fe, bagian tengah data mineralisasi sangat kurang, sedangkan bagian barat didominasi mineralisasi hasil aktifitas hidrotermal berupa Cu, Pb, Zn, Ag, Mn, Fe dan Au.*

*Sebaran unsur data conto sedimen sungai aktif umumnya menunjukkan peninggian harga pada tempat dimana dijumpai keterdapatan mineral. Keterdapatan mineral berada pada sebaran unsur kelas kesatu maupun kelas kedua.*

*Kekerabatan unsur terjadi antara Ni-Cr-Co-Fe yang berkembang baik di bagian timur dan sebagian kecil di barat, Cu-Pb-Zn-Mn-Ag-Fe berkembang di bagian barat dan timur, K-Li berkembang baik di bagian barat, sedangkan di bagian tengah juga berkerabat positif tetapi lemah.*

## 1. PENDAHULUAN

Penyelidikan geokimia regional Daerah Sulawesi Selatan Garis Lintang 2° merupakan penyelidikan geokimia regional secara bersistem, yang dilakukan lembar demi lembar peta, dimulai dari ujung selatan Sulawesi yang termasuk Lembar Peta Ujung Pandang pada tahun 1994.

Kegiatan ini termasuk bidang pertambangan lingkup paling hulu, dalam rangka penyediaan data geokimia dasar, yang bisa digunakan untuk penyelidikan lebih lanjut, khususnya eksplorasi mineral logam.

Kegiatan penyelidikan dilakukan setiap tahun, rata-rata dua periode pemberangkatan, yang terdiri dari beberapa

tim. Luas daerah masing-masing tim dalam satu periode pemberangkatan  $\pm 4.000 \text{ km}^2$ . Penyelidikan yang dilakukan merupakan tahapan penyelidikan geokimia regional dengan mengutamakan pengambilan conto endapan sungai aktif.

Penyelidikan secara garis besar dapat dibagi dalam tiga tahapan, yaitu kegiatan lapangan, analisis conto di laboratorium dan pengolahan data. Kegiatan lapangan meliputi penyelidikan geologi, geokimia dan pengambilan conto. Analisis conto di laboratorium, berupa analisis kandungan unsur logam masing-masing conto. Sedangkan pengolahan data meliputi pengolahan data secara statistik dan pemetaan sebaran unsur untuk mendapatkan daerah anomali geokimia. Sehingga dengan melalui tahapan penyelidikan lanjutan, daerah mineralisasi dapat diketahui.

Pengolahan data dan pembuatan laporan meliputi hasil penyelidikan pada cakupan luas masing-masing tim, hasil penyelidikan untuk satu lembar peta skala 1 : 250.000, serta pada tahapan paling akhir, diterbitkan atlas geokimia Pulau Sulawesi berikut database geokimia seluruh Sulawesi. Sedangkan tulisan ini menyajikan data geokimia Daerah Sulawesi sebelah selatan garis lintang  $2^\circ$ .

## 2. GEOLOGI

Sulawesi terletak pada pertemuan Lempeng besar Eurasia, India-Australia, Lempeng Pasifik serta sejumlah lempeng yang lebih kecil yang menyebabkan kondisi tektonik sangat kompleks. Komplek batuan dari busur kepulauan, melange, ofiolit dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama oleh proses penunjaman, tubrukan

serta proses tektonik lainnya (van Leeuwen 1994).

Sulawesi terbagi dalam tiga litotektonik, yaitu jalur magmatik di bagian barat, jalur tengah berupa batuan malihan ditumpangi batuan melange, bagian timur berupa batuan ofiolit dan batuan sedimen Trias-Miosen.

Busur magmatik di bagian barat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bagian utara memanjang dari Buol sampai sekitar Manado dan bagian selatan dari Buol sampai sekitar Ujung Pandang. Bagian utara, batuan bersifat riodasitik sampai andesitik, terbentuk pada Miosen-Resen dengan batuan dasar basaltik yang terbentuk pada Eosen-Oligosen. Busur magmatik bagian selatan mempunyai batuan penyusun lebih bersifat kontinen, terdapat batuan gunungapi-sedimen Mesozoik-Kuarter dan batuan malihan Kretaseos. Batuan terobosan granodioritik sampai granitik, sebagian diketahui membentuk mineralisasi logam.

Daerah Sulawesi Selatan Garis Lintang  $2^\circ$  terlewati oleh ketiga jalur litotektonik, yaitu jalur timur, tengah dan jalur magmatik barat bagian selatan.

## 3. MINERALISASI

Mineralisasi yang berkembang di Sulawesi Selatan Garis Lintang  $2^\circ$  dapat dibagi sesuai jalur litotektonik, yaitu bagian barat, tengah dan timur.

Bagian barat sebagai busur magmatik dengan batuan terobosan granodioritik-granitik menghasilkan beberapa tipe mineralisasi, di antaranya mineralisasi emas epitermal, emas-tembaga porfiri, mineralisasi tipe sulfida masif

volkanogenik, mineralisasi mangan, mineralisasi besi dan beberapa lokasi endapan emas aluvial.

Bagian tengah dengan batuan penyusun malihan dan melange, data penemuan adanya mineralisasi sangat kurang.

Mineralisasi pada bagian timur dengan batuan penyusun ofiolit berupa nikel, krom dan besi. Nikel dijumpai dalam bentuk nikel laterit, sebagian sudah lama ditambang, yaitu di Pomala dan Soroako, sedangkan krom umumnya berupa endapan aluvial.

## **4. GEOKIMIA**

Penyelidikan geokimia regional bersistem mengutamakan pengambilan conto endapan sungai aktif. Sedimen sungai diambil pada sungai orde ketiga, dengan kerapatan satu conto mewakili daerah seluas 10 - 15 km<sup>2</sup>. Conto diambil pada lokasi berarus lemah, menggunakan ayakan - 80 mesh, dengan cara pengayakan basah. Pengerangan conto dilakukan di lapangan dengan cara dijemur.

Analisis kimia kandungan unsur dengan metoda AAS secara parsial. Sebelas unsur dianalisis terdiri dari Cu, Pb, Zn, Ag, Co, Ni, Cr, Mn, Fe, K, dan Li.

Pengolahan data secara statistik unsur tunggal maupun majemuk menggunakan perangkat lunak Datamine dan MapInfo, gambar yang dihasilkan diedit menggunakan program Autocad.

### **4.1 Analisis Unsur Tunggal**

Analisis unsur tunggal meliputi pengolahan statistik masing-masing unsur

serta pembuatan peta sebaran unsur. Sebaran unsur digambarkan dalam bentuk image, menggunakan program MapInfo. Kandungan unsur dikelompokkan dalam tujuh kelas dengan metoda persentil, kecuali unsur Ag yang mempunyai rentang nilai sangat pendek, dikelompokkan menjadi tiga kelas.

#### **4.1.1 Tembaga**

Rentang nilai tembaga mulai dari 2 ppm sampai dengan 940 ppm, dengan rata-rata sebesar 31,49 ppm, simpangan baku 26,32. Peninggian harga Cu sebagian besar dijumpai di bagian barat Sulawesi, pada daerah dengan penyusun batuan gunungapi, sebagian dijumpai di bagian timur sebelah barat laut Malili dan selatan Bungku (Gambar 1 dan 2). Peninggian kandungan Cu di beberapa lokasi didukung oleh adanya keterdapatan mineral tembaga.

Peninggian harga Cu pada kelas pertama > 115 ppm sebagian berada pada daerah yang telah diketahui terdapat mineralisasi tembaga. Harga ini cukup signifikan sebagai indikasi kemungkinan mineralisasi tembaga. Bahkan lokasi keterdapatan mineral tembaga, ada yang berada pada peninggian Cu yang termasuk pada kelas kedua, di antara 82 ppm dan 115 ppm, serta pada kelas ketiga, antara 62 ppm dan 82 ppm, yaitu antara lain di sekitar Bulu Parobeang dimana terdapat endapan tembaga-emas porfiri dan endapan sulfida masif (van Leeuwen, 1994), serta sebelah timur Sampaga, (Gambar 1 dan 2).

#### **4.1.2 Timbal**

Rentang nilai timbal mulai 1 ppm sampai dengan 3661 ppm, rata-rata 25,98

ppm, simpangan baku 45,16. Peninggian Pb dijumpai pada daerah jalur magmatik di bagian barat daerah penyelidikan. Harga tinggi sebagian bersesuaian dengan keterdapatan mineral. Lokasi keterdapatan mineral, sebagian berada pada kelas kedua dengan kisaran harga di antara 60 dan 121 ppm, (Gambar 1 dan 3).

Keterdapatan timbal sebagian kurang tercermin pada sebaran harga anomali Pb, yaitu berada pada kelas keempat. Hal ini kemungkinan akibat mobilitas Pb yang relatif rendah, sehingga pada pengambilan conto di sungai orde ketiga kurang bisa mendeteksi adanya mineralisasi timbal yang terjadi jauh di bagian hulu sungai.

#### **4.1.3 Seng**

Rentang nilai seng mulai dari 3 ppm sampai dengan 556 ppm, rata-rata 56,37 ppm, simpangan baku 31,72. Harga sebaran unsur Zn dengan nilai tinggi dijumpai di tiga jalur, yaitu di selatan Bungku yang termasuk jalur timur, Lembar Kendari terdapat pada jalur tengah dengan batuan penyusun malihan, dan pada busur magmatik di bagian barat. Sebaran peninggian harga Zn sebagian besar berada di bagian barat.

#### **4.1.4 Perak**

Hasil analisis unsur perak mulai dari 0,7 ppm sampai dengan 60 ppm, rata-rata 1,5 ppm, dengan simpangan baku 1,07. Unsur perak hanya dikelompokkan menjadi tiga kelas, mengingat rentang nilainya sangat pendek, (Gambar 5).

Kandungan unsur perak sebagian besar berada pada nilai batas deteksi. Nilai

tinggi perak sebagian besar terdapat di busur magmatik. Pada bagian timur, peninggian Ag sangat terbatas di sebelah selatan Bungku dan di Tinobu. Di sekitar G. Bantemarto, antara Enrekang dan Palopo, pola peninggian harga Ag berbentuk melingkar, disertai keterdapatan mineralisasi emas tipe epitermal dan mineralisasi tembaga.

#### **4.1.5 Mangan**

Kandungan unsur mangan berkisar dari 1 ppm sampai dengan 17.401 ppm, rata-rata 552,78 ppm, simpangan baku 610,7.

Peninggian Mn berada di bagian barat sebelah selatan termasuk Daerah Lembar Peta Ujungpandang dan di bagian timur pada daerah ofiolit di antara Malili dan Bungku. Peninggian pada bagian barat sebelah selatan daerah penyelidikan disertai peninggian unsur-unsur Cu, Pb, Zn, Fe dan Co. Keterdapatan mineral Mn berada pada sebaran peninggian Mn yang termasuk pada kelas pertama maupun kedua, (Gambar 1 dan 6).

#### **4.1.6 Besi**

Rentang nilai Fe berkisar dari 0,2 % sampai dengan 47,5 %, dengan rata-rata 5,16 %, simpangan baku 4,065. Peninggian harga Fe terdapat di bagian timur pada jalur ofiolit maupun di bagian barat. Sedangkan pada jalur tengah pada batuan malihan tidak dijumpai. Sebaran peninggian harga Fe bertampalan dengan peninggian semua unsur yang lain. Sebaran kelas pertama terdapat pada batuan ofiolit di sekitar Malili dan Bungku, bersamaan dengan

keterdapatannya mineral besi dan nikel laterit, (Gambar 1 dan 7).

#### **4.1.7 Litium.**

Rentang nilai Li dari 0,5 ppm sampai dengan 200 ppm, rata-rata 16,56, dengan simpangan baku 9,87. Harga Li meningkat pada batuan granitik dan malihan. Pada bagian barat, sebagian daerah mineralisasi berdekatan dengan peninggian Li. Hal ini berkaitan dengan batuan terobosan granitik, yang diperkirakan sebagai pembawa mineralisasi, (Gambar 1 dan 8).

#### **4.1.8 Kalium**

Rentang nilai K berkisar dari 14 ppm sampai dengan 274.000 ppm, dengan rata-rata 12.002 ppm, simpangan baku 11.560. Peninggian harga K dijumpai di bagian barat, pada daerah dengan penyusun batuan gunungapi, dan batuan terobosan. Harga tinggi yang termasuk pada kelas pertama umumnya berkaitan dengan batuan terobosan granitik, keterdapatannya mineral logam dijumpai di sekitarnya, (Gambar 1 dan 9).

#### **4.1.9 Kobal.**

Rentang nilai Co mulai dari 1 ppm sampai dengan 503 ppm, dengan rata-rata 27,82 ppm, simpangan baku 33,11. Sebaran nilai tinggi Co terdapat di tiga jalur litotektonik. Peninggian paling menonjol di bagian timur di Daerah Lembar Malili-Bungku dan sekitarnya yang tersusun atas batuan ofiolit. Sedangkan di bagian jalur tengah dan barat peninggian Co sangat terbatas, (Gambar 1 dan 10).

#### **4.1.10 Nikel**

Rentang nilai Ni berkisar dari 1 ppm sampai dengan 6.649 ppm, dengan rata-rata 255,79 ppm, simpangan baku 661,4. Sebaran peninggian harga Ni di bagian barat dan tengah umumnya sangat sempit, pada daerah dimana terdapat sebaran ofiolit yang tidak luas. Peninggian paling signifikan pada jalur timur di daerah lembar Malili-Bungku dan sekitarnya. Harga anomali cukup signifikan, yang di beberapa tempat disertai pula keterdapatannya mineral nikel, (Gambar 1 dan 11).

#### **4.1.11 Krom**

Rentang nilai Cr berkisar dari 1 ppm sampai dengan 28.500 ppm, rata-rata 581,45 ppm, simpangan baku 1.710. Rentang nilai Cr sangat panjang, disebabkan batuan penyusun terdiri dari batuan asam sampai dengan ultrabasa.

Sebaran nilai Cr paling rendah di jalur tengah dengan batuan penyusun malihan, nilai sedang di bagian barat pada jalur magmatik, dan tinggi di sekitar Malili, Bungku dan Pomala dengan penyusun batuan ofiolit. Peninggian Cr umumnya bersamaan dengan peninggian harga Ni, Co dan Fe. Keterdapatannya mineral Cr umumnya berada pada sebaran unsur dalam kelas pertama > 9.800 ppm, sedangkan pada bagian barat dengan sebaran ofiolit sangat sempit, keterdapatannya mineral krom berada pada kelas kedua di antara 2.468 ppm dan 9.800 ppm, (Gambar 1 dan 12).













## 4.2 Analisis Kelompok Unsur

Analisis kelompok unsur menggunakan metoda analisis korelasi, analisis faktor dan RNLM. Ketiga metoda dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Datamine. Diagram dendograf tidak bisa dibuat, karena jumlah conto terlalu banyak untuk perangkat lunak yang ada.

### 4.2.1 Analisis korelasi.

Hasil analisis korelasi didapat matrik korelasi (Tabel 1). Kelompok unsur berdasarkan data koefisien korelasi (Gambar 13), adalah sebagai berikut :

- Kelompok unsur Cr-Ni-Co-Fe.
- Kelompok unsur Cu-Zn-Mn-Co-Fe.
- Kelompok unsur Li-K.

Kelompok unsur pertama dan kedua membentuk kekerabatan dengan unsur Co-Fe. Kekerabatan Cr-Ni-Co cukup kuat, dengan disertai pula kekerabatan sedang dengan Fe. Kekerabatan ini pencerminan adanya kontrol batuan ultrabasa, yang memberikan kemungkinan adanya mineralisasi keempat unsur logam tersebut.

Kekerabatan Cu-Zn-Mn-Co-Fe, tidak terlalu kuat. Kelompok unsur ini kurang bisa memberikan gambaran tipe mineralisasi yang mungkin terjadi.

Kekerabatan dan peninggian harga K-Li memberikan gambaran kemungkinan adanya batuan terobosan bersifat granitik atau batuan malihan. Kemunculan batuan granitik diharapkan sebagai pembawa mineralisasi.

Unsur Pb dan Ag tidak membentuk kekerabatan dengan unsur yang lain.

### 4.2.2 Analisis Faktor

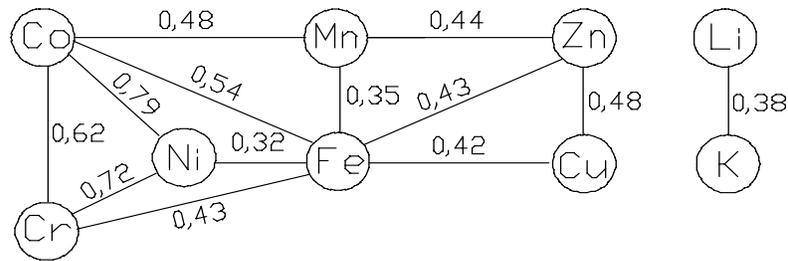
Analisis faktor merupakan salah satu cara untuk melihat pengelompokan unsur. Pengelompokan ini dipetakan dalam bentuk peta sebaran skor faktor. Sehingga bisa memberikan gambaran keterkaitannya dengan kondisi geologi setempat Tabel 2.

Hasil analisis skor faktor diperoleh 3 kelompok kekerabatan unsur, yaitu :

- Faktor 1 : Cr-Ni-Co-Fe.
- Faktor 2 : Cu-Pb-Zn-Mn-Ag-Fe
- Faktor 3 : K-Li.

**Tabel 1 : Korelasi matrik**

	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Mn	Li	K	Cr	Fe	Ag
Cu	0,10000										
Pb	0,2068	1,0000									
Zn	<b>0,4839</b>	0,2222	1,0000								
Co	0,2905	0,0080	0,2259	1,0000							
Ni	0,0455	-0,0603	-0,0254	<b>0,7906</b>	1,0000						
Mn	<b>0,4576</b>	0,1363	<b>0,4353</b>	<b>0,4847</b>	0,2020	1,0000					
Li	-0,1241	0,0224	0,0722	-0,3332	-0,3269	-0,1619	1,0000				
K	-0,0539	0,1211	0,0401	-0,2991	-0,2929	-0,1644	<b>0,3767</b>	1,0000			
Cr	0,0381	-0,0526	-0,0132	<b>0,6234</b>	<b>0,7212</b>	0,1367	-0,2522	-0,2237	1,0000		
Fe	<b>0,4150</b>	0,1097	<b>0,4311</b>	<b>0,5362</b>	<b>0,3219</b>	<b>0,3472</b>	-0,2532	-0,1231	<b>0,4296</b>	1,0000	
Ag	0,1230	0,0905	0,1291	0,0524	-0,0159	0,0917	-0,0041	-0,0032	-0,0274	0,0759	1,0000



**Gambar 13 : Diagram korelasi dari koefisien korelasi Tabel 1**

**Tabel 2 : Skor faktor**

Faktor	1	2	3
Cu	0,0009	<b>-0,9525</b>	-0,0058
Pb	-0,0012	<b>-0,7918</b>	0,0567
Zn	0,0003	<b>-0,9744</b>	0,0031
Co	<b>0,7157</b>	-0,0406	-0,0383
Ni	<b>0,9298</b>	0,0004	-0,0207
Mn	0,0331	<b>-0,7066</b>	-0,0412
Li	-0,0718	0,0002	<b>0,8214</b>
K	-0,0129	-0,0001	<b>1,0000</b>
Cr	<b>1,0000</b>	0,0001	-0,0053
Fe	<b>0,2866</b>	<b>-0,4070</b>	-0,0068
Ag	-0,0006	<b>-1,0000</b>	0,0000

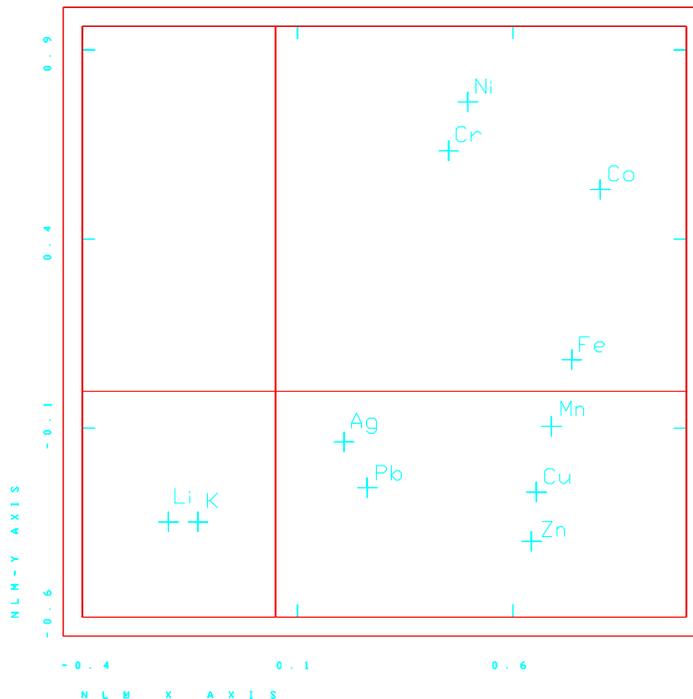
Faktor 1 berupa kekerabatan Cr-Ni-Co-Fe mempunyai harga positif dan kuat terutama di jalur timur di sekitar Malili dan Bungku, dan setempat-setempat di jalur bagian tengah dan bagian barat. Kemunculan nilai skor positif di ketiga jalur daerah penyelidikan sesuai dengan kondisi batuan berupa ultrabasa. Pada beberapa lokasi disertai peninggian cukup signifikan sebagai pencerminan kemungkinan adanya mineralisasi, yang di beberapa tempat didukung pula adanya keterdapatan mineral, (Gambar 1 dan 15).

Faktor 2 menunjukkan kekerabatan unsur Cu-Pb-Zn-Mn-Ag-Fe. Sebaran kekerabatan kelompok unsur ini muncul di bagian timur pada daerah dengan batuan penyusun ofiolit dan cukup kuat di bagian barat pada daerah jalur magmatik. Kekerabatan yang kuat sebagai cerminan adanya mineralisasi di antara unsur-unsur tersebut, (Gambar 16). Peninggian yang cukup signifikan di beberapa lokasi di bagian barat sesuai dengan keterdapatan beberapa mineral logam, (Gambar 1 dan 16).

Faktor 3 merupakan kekerabatan Li-K. Kekerabatan Li-K cukup kuat pada daerah dengan batuan penyusun granitik, mempunyai kekerabatan sedang pada daerah batuan malihan, serta mempunyai nilai negatif di daerah batuan ofiolit, (Gambar 17).

#### 4.2.3 Analisis kelompok R-mode NLM.

Teknik R-mode nonlinear mapping merupakan metoda untuk menerangkan hubungan kekerabatan antar unsur (Henle, 1976). Dari hasil pengelompokan dengan metoda ini diperoleh empat kekerabatan unsur (Gambar 17), yaitu :



Gambar 14 : Pengelompokan unsur R-mode NLM

- Kelompok Ni-Cr
- Kelompok Mn-Cu- Zn-Fe
- Kelompok Ag-Pb
- Kelompok K-Li

Kelompok Ni-Cr berkerabat kuat. Kekerabatan ini dalam diagram RNLN (Gambar 14) tergambar sebagai kelompok unsur yang cukup signifikan terpisah dari kelompok yang lain. Hasil ini sedikit berbeda dengan hasil pengelompokan metoda sebelumnya. Pada diagram nampak bahwa Fe cenderung berkerabat dengan Cu-Mn-Zn, sedangkan

Co cenderung terpisah sendiri, meskipun relatif dekat dengan Ni-Cr.

Kekerabatan Mn-Cu-Zn-Fe, walaupun mempunyai kelompok yang lebih sedikit dengan hasil metoda sebelumnya, namun masih belum bisa memberikan gambaran tegas tipe mineralisasi yang berkembang.

Pada diagram R-mode NLM, Ag dan Pb membentuk kelompok kekerabatan, namun kekerabatan ini kurang didukung oleh keterdapatan mineral yang ada.

Unsur K dan Li pada metoda ini masih membentuk satu kelompok, sebagaimana pada kedua metoda sebelumnya.



## 5. KESIMPULAN

Daerah Sulawesi Selatan Garis Lintang 2°o mempunyai batuan penyusun di bagian timur berupa ofiolit dan sedimen, di bagian tengah batuan malihan, sedangkan bagian barat sebagai jalur magmatik dengan penyusun batuan gunungapi dan batuan terobosan granodioritik sampai granitik.

Mineralisasi di daerah ofiolit berupa Cr, Ni dan Fe, pada batuan malihan di jalur bagian tengah mineralisasi kurang berkembang, sedangkan pada jalur magmatik didominasi mineralisasi hasil aktifitas hidrotermal, antara lain Cu, Pb, Zn, Ag, Mn, Fe, Au.

Sebaran unsur data endapan sungai aktif mengalami peninggian pada daerah

dijumpainya mineralisasi logam. Keterdapatan mineral logam tidak selalu dijumpai pada daerah peninggian unsur dalam kelas kesatu tetapi sebagian berada pada sebaran kelas kedua. Keterdapatan mineral Pb ada yang tidak tercerminkan pada data sebaran unsur, sebagai akibat mobilitasnya yang relatif rendah dan keberadaannya jauh dibagian hulu sungai.

Beberapa unsur membentuk kelompok kekerabatan, Ni-Cr-Co-Fe di jalur bagian timur, setempat setempat di bagian barat dan tengah, Cu-Pb-Zn-Mn-Ag-Fe di jalur bagian barat dan melemah di bagian timur, sedangkan K-Li di bagian barat dan berkerabat positif tapi lemah di bagian tengah.

## **PUSTAKA**

- Ghazali, S.A., Muchsin, A.M., 1996, Penyelidikan Geokimia Regional, Direktorat Sumberdaya mineral, Bandung.
- Howarth, R.J., 1983, Statistic and Data Analysis in Geochemical Prospectinng, Elsevier, New York.
- Pardianto,P., Sukmana, 1999, Peta Sumberdaya Logam P. Sulawesi Bagian Selatan, Direktorat Sumberdaya Mineral, Banndung.
- Sinclair, A.J., 1976, Application of Probability Graphs in Mineral Exploration, Special Ed. No. 4. The Association of Exploration Geochemist, Canada.
- Van Leeuwen, T.M. Taylor, R., Coote, A., Longstaffe, F.J., 1994, Porphyry molybdenum mineralization in an continental collision setting at Malala, northwest Sulawesi, Indonesia, Journal of Geochemical Exploration, Vol. 50, Elsevier, Amsterdam