

APLIKASI *LINEANMENT DENSITY ANALYSIS* UNTUK PROSPEKSI MINERAL EKONOMIS :

Studi Kasus Pada Daerah Cikotok, Pongkor dan Lebong Tandai

Okki Verdiansyah

*Jurusan Teknik Geologi STTNAS
okki.verdiansyah@sttnas.ac.id*

Abstrak

Eksplorasi mineral logam berharga sejak lama dilakukan oleh banyak perusahaan pertambangan dan eksplorasi di Indonesia, seperti pada daerah Lebong Tandai, Cikotok dan Pongkor. Eksplorasi merupakan kegiatan yang memerlukan waktu lama dan mahal serta dilakukan pada daerah yang luas, sehingga diperlukan metode yang lebih cepat dan tepat. Penerapan *Lineanment Density Analysis (LDA)* dengan menggunakan perangkat lunak di komputer, dapat dipakai untuk mempercepat prospeksi mineralisasi pada tahap regional bahkan sampai semi-detil pada suatu daerah. Konsep penerapan *LDA* adalah salah satu pendekatan konsep mineralisasi *litho-structural*, sebagai faktor keberadaan mineralisasi suatu daerah. Proses *LDA* dilakukan dengan proses penggunaan data topografi atau *DEM*, pembuatan *shading-image*, proses ekstraksi dan analisis dengan perangkat lunak GIS. Hasil analisis memperlihatkan mineralisasi emas pada daerah Cikotok dan Pongkor yang umumnya berupa tipe vein epitermal berada pada densitas 4-6 / km, dan pada daerah Lebong Tandai mempunyai densitas > 2000 m/km². Hasil analisis pada daerah studi kasus menunjukkan hasil cukup baik, dimana pada daerah mineralisasi terbaik dijumpai anomali yang cukup tinggi. Aplikasi *LDA* untuk prospeksi mineralisasi logam berharga, terbukti dapat dilakukan dan dapat digunakan untuk mempercepat eksplorasi mineralisasi atau untuk kepentingan penelitian lainnya.

Kata Kunci: Eksplorasi, Mineralisasi, Emas, GIS, *Lineanment*

1. Pendahuluan

Eksplorasi mineral logam berharga sejak lama dilakukan oleh banyak perusahaan pertambangan dan eksplorasi di Indonesia, terutama pada target emas epitermal dengan tipe vein. Eksplorasi mineral merupakan kegiatan yang memerlukan waktu lama dan berbiaya tinggi, serta beresiko tinggi.

Eksplorasi mineral logam ekonomis di Indonesia telah dilakukan sejak zaman Belanda sampai saat ini, dengan menggunakan konsep eksplorasi tidak jauh berbeda, namun dengan pendetilan dan teknologi pengambilan, analisis, dan evaluasi yang mengikuti perkembangan teknologi.

Permasalahan yang timbul pada kegiatan eksplorasi awal adalah sulitnya menemukan daerah prospek atau daerah yang memiliki anomali menarik, sehingga kegiatan awal eksplorasi selalu membutuhkan daerah yang sangat luas dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk menentukan lokasi anomali.

Maka itu, di butuhkan metode evaluasi yang cepat dan tepat untuk menentukan prospek suatu

daerah, yaitu *Lineanment Density Analysis (LDA)* yang terbukti efektif dilakukan pada beberapa tempat seperti analisis mineralisasi di Afganistan (Hubart *et. al.*, 2012), analisis kelurusan di daerah Maran – Malaysia (Abdullah *et. al.*, 2010), dan evaluasi tektonik di Irak utara (Thannoun, 2013).

Penerapan *Lineanment Density Analysis (LDA)* dengan menggunakan perangkat lunak di komputer, dapat dipakai untuk mempercepat prospeksi mineralisasi pada tahap regional bahkan sampai semi-detil pada suatu daerah

Lineanment Density Analysis (LDA) digunakan dalam kaitannya dengan membantu mempercepat penentuan prospek berdasarkan parameter densitas zona lemah, yang dapat juga dijadikan faktor pertimbangan potensi suatu daerah. Aplikasi *LDA* pada daerah *brown field exploration* atau eksplorasi pada sekitar daerah tambang emas.

Aplikasi ini diharapkan dapat menjadikan model pola dan sebaran densitas kelurusan yang berhubungan dengan potensi emas, seperti daerah Cikotok, Pongkor, dan Lebong Tandai.

Aplikasi ini nantinya dapat dipakai pada seluruh wilayah eksplorasi, dengan keuntungannya adalah cepat dan berbiaya murah karena sifatnya adalah *desktop study*.

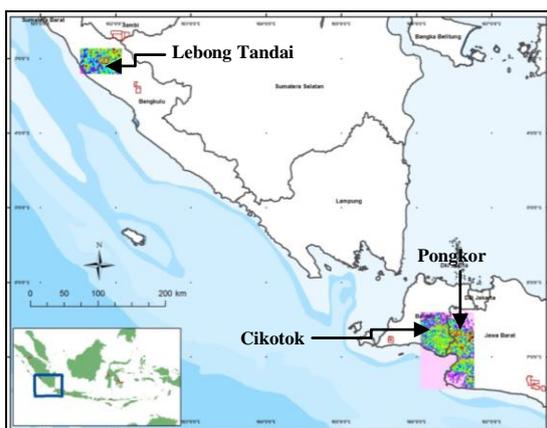
1.1. Lokasi Penelitian / Studi Kasus

Lokasi studi atau kajian LDA dilakukan pada daerah – daerah *brown exploration* yaitu daerah yang telah terbukti adanya tambang emas seperti daerah Lebong Tandai di provinsi Bengkulu dan Cikotok di provinsi Banten (Gambar 1), sebagai patokan model dan pencarian pola sebaran densitas.

Daerah Cikotok merupakan daerah bekas tambang emas yang awalnya dikembangkan oleh Belanda sejak 1930-an dan dilanjutkan oleh PT Antam sampai tahun 2000, dimana didalamnya terdapat > 30 prospek mineralisasi, dengan mineral ekonomis emas dan perak di ambil pada vein Cirotan dan Cikidang.

Daerah Pongkor, merupakan tambang aktif saat ini yang telah ditambang sekitar 75 Ton Au sampai tahun 2013, dan masih aktif untk saat ini.

Daerah Lebong Tandai merupakan daerah mineralisasi emas dan perak pertama di Indonesia yang dikelola oleh Belanda sejak 1910, kemudian dilanjutkan perusahaan swasta sampai tahun 1992 dengan total perolehan emas sebanyak 4.2 Ton emas dan 24 Ton perak. Saat ini kegiatan penambangan tradisional oleh masyarakat masih berlangsung dan disamping itu eksplorasi mineral masih dilakukan pada daerah Lebong dan sekitarnya oleh PT. Bengkulu Utara Gold (anak perusahaan Sumatra Copper Gold) dan PT. Antam (persero) Tbk.



Gambar 1. Lokasi daerah studi *lineanment density analysis*.

2. Metode

Metode yang digunakan adalah metode gabungan bersifat kuantitatif yaitu dengan pencarian nilai zona *high density lineanment* yang bersifat semi-otomatis dengan menggunakan perangkat lunak komputer dan diinterpretasi secara kualitatif bersama data geologi yang lainnya.

Proses analisis bersifat *desktop study* yang kemudian dilengkapi dengan data-data pengecekan lapangan.

Pada studi ini, data sekunder yang digunakan yaitu :

- [1]. Data lokasi prospek pada daerah Pongkor (Basuki dkk, 1993; PT. Antam 2013), Cikotok (Antam 1990; Rosana, 2011), Lebong Tandai (Sumatra Copper Gold, 2012)
- [2]. Data geologi regional digital skala 1 : 250.000, Pusat Studi geologi - Indonesia
- [3]. Data digital DEM dari Aster-30m, SRTM-90m.

3. Kajian Pustaka

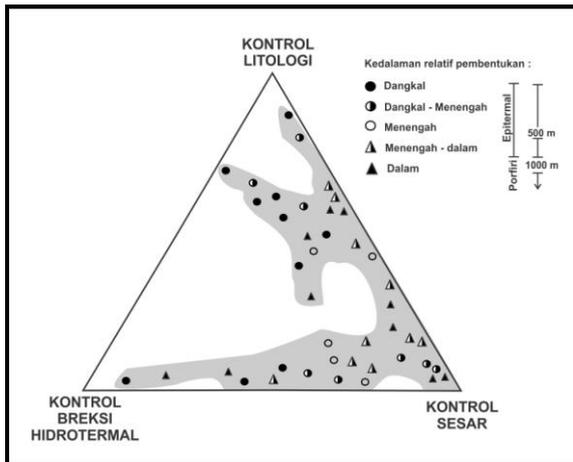
3.1. Konsep mineralisasi

Mineralisasi emas dan mineral berharga lainnya berkaitan dengan proses hidrotermal pada umur geologi tertentu, seperti pada daerah Cibaliung dan Arinem sekitar 8 juta tahun yang lalu (Yuningsih, 2011), Pongkor sekitar 1 - 2 juta tahun yang lalu.

Pada daerah Sumatera dan Jawa, mineralisasi berhubungan dengan sabuk magmatik dan tektonik Tersier sepanjang jalur pegunungan barat – selatan Sumatera, dan pegunungan selatan Jawa.

Konsep "*Lithostructural*" merupakan pendekatan yang baik untuk mencari cebakan mineralisasi logam berharga. Konsep ini pada prinsipnya terdapat tiga komponen dasar yaitu : **Kontrol Litologi, Kontrol breksi hidrotermal, dan kontrol sesar** (Sillitoe, 1999; Gambar 2). Konsep ini menggambarkan bahwa secara umum mineralisasi akan hadir pada daerah yang hancur atau memiliki intensitas struktur sangat kuat, sehingga larutan hidrotermal dapat melewati dan mengendapkan mineral logam berharga pada lokasi tersebut.

Pendekatan litostruktural ini, kemudian saat ini dapat didekatkan dengan analisis densitas kelurusan (*Lineanment density analysis*) dengan menggunakan parameter kelurusan yang secara umum berhubungan dengan struktur geologi.



Gambar 2. Diagram konsep Lithostructural dalam hubungannya dengan endapan mineral. Pada diagram segitiga terplotkan beberapa deposit emas di dunia oleh Sillitoe, 1999.

3.2. Lineament density analysis

Proses *Lineament Density Analysis (LDA)* diharapkan dapat membantu prospeksi mineralisasi berdasarkan konsep pendekatan Lithostructural atau struktur geologi, sebagai salah satu parameter keterdapatannya zona mineralisasi.

Dalam proses LDA, hal yang berpengaruh terhadap hasil analisis adalah data sekunder dan data *image* seperti DEM, dengan resolusi tertentu. *Image* dengan resolusi tinggi lebih baik digunakan, seperti IFSAR DEM dengan resolusi 5 m, SRTM dengan resolusi 30 dan 90 m, dan ASTER dengan resolusi 30 m, atau data topografi detil yang kemudian diolah menjadi DEM.

Kajian LDA terhadap mineralisasi tentunya memerlukan data sekunder, untuk menunjang parameter yang digunakan, seperti nilai dan pola densitas yang cocok terhadap masing masing prospek. Alur proses LDA, dapat dilihat pada gambar 3.

3.3. Digital Elevation Model (DEM)

Data DEM adalah data elevasi digital yang menggambarkan ekspresi topografi permukaan pada suatu daerah, yang dapat diekstraksi data topografinya dengan menggunakan algoritma computer termasuk *slope*, *aspect* and *shaded relief*. Pada analisis ini kami menggunakan software Global Mapper 12 dan Arc GIS yang digunakan untuk pembuatan algoritma *shaded relief* yang kemudian dapat dikombinasikan dan menjadi produk gambar yang baru sesuai kebutuhan. Data DEM, tidak seperti gambar Landsat, mewakili kondisi sebenarnya tanpa

distorsi dengan variasi – variasi tertentu dapat dilakukan seperti perubahan posisi matahari (*altitude*) dan sudut pencahayaan (*angle direction*) dan DEM memiliki resolusi yang lebih baik daripada citra satelit (Batson et al. 1975). Data DEM dapat juga digunakan untuk analisis struktur geologi, pola sebaran batuan, dan pola kelurusan (*lineament*).

Istilah "kelurusan (*Lineament*)" adalah salah satu istilah yang paling umum digunakan dalam kajian geologi yang menggambarkan sebuah kelurusan pada permukaan linear, seperti garis patahan, lipatan atau garis retakan. Hobbs (1904) pertama kali menggunakan istilah kelurusan untuk menginterpretasi sebaran batuan Basement. O'Leary et al. (1976) menggambarkan istilah kelurusan sebagai *fitur mappable, linear sederhana* atau *komposit* yang menggambarkan kondisi tertentu dipermukaan sebagai akibat kejadian geologi tertentu. Kelurusan dapat didefinisikan sebagai fitur topografi atau tonal linear pada zona lemah struktural (Williams, 1983). Gupta (1991) menyimpulkan bahwa kelurusan merupakan bentukan dari (1) *shear zones/faults*; (2) *rift valleys*; (3) *truncation of outcrops*; (4) *fold axial traces*; (5) *joint and fracture traces*; (6) *topographic, vegetation, soil tonal changes alignment*.

Pola *lineament* / kelurusan terbagi menjadi positif dan negatif. Kelurusan garis positif (tona kelurusan terang) diinterpretasikan sebagai kelurusan punggung, palung, dan kawah, sedangkan kelurusan garis negatif (tona kelurusan gelap) mewakili kekar, sesar, dan pergeseran. Pada proses LDA, pola kelurusan ini tidak terlalu berpengaruh sehingga dipakai sebagai satu parameter yaitu dianggap struktur geologi.

3.4. Proses pembuatan *image*

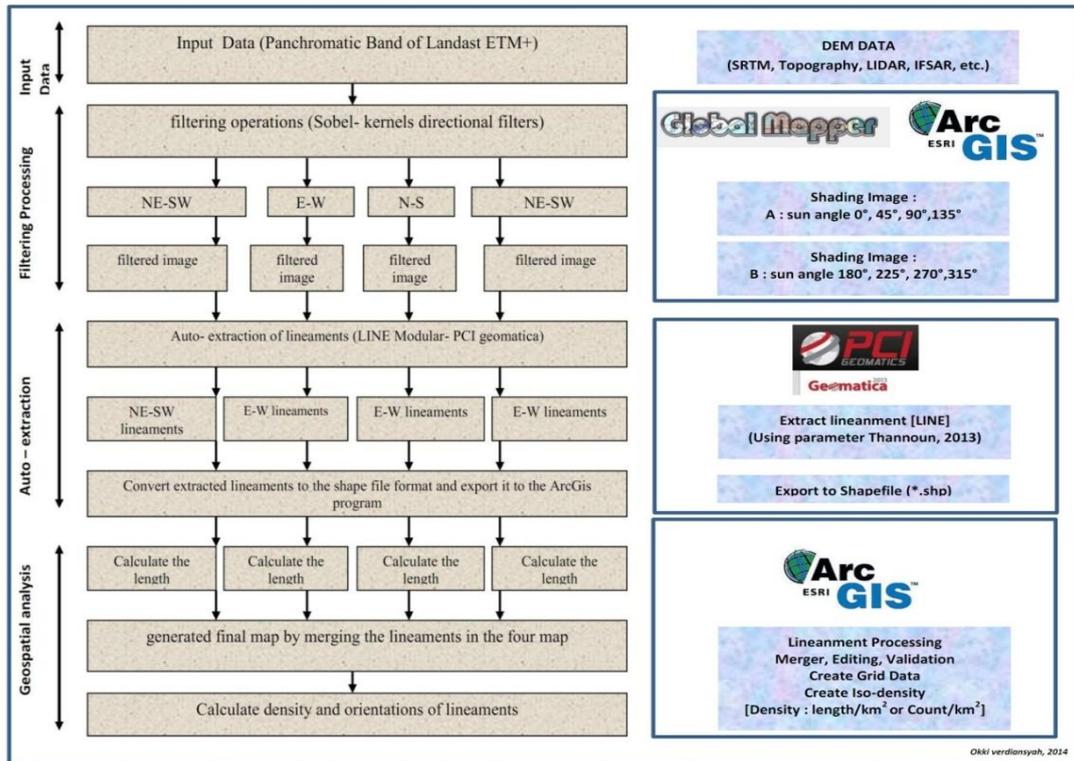
hal yang perlu dilakukan pertama kali dalam proses melakukan LDA adalah memilih data *image* yang tepat untuk kebutuhan selanjutnya, seperti ekstraksi LINE oleh software PCI Geomatica.

Pada proses pembuatan *image* yang akan dianalisis, terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu :

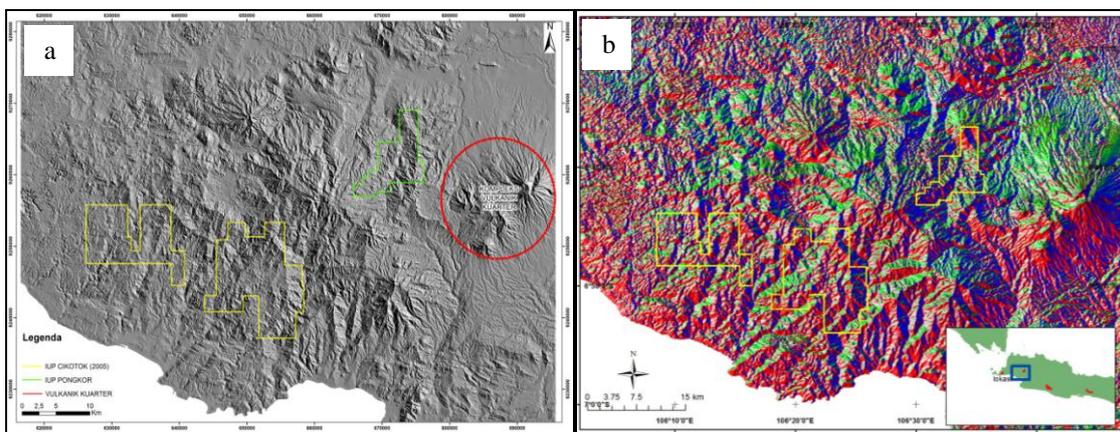
- a) **Shaded Relief**, dengan membuat *image shading* dari beberapa arah mata angin, dengan komponen paket yang dipakai yaitu:
 - A: Kombinasi 4 *shaded relief images* dengan *sun angle* 0°, 45°, 90° and 135°.
 - B: Kombinasi 4 *shaded relief images* dengan *sun angle* 180°, 225°, 270° and 315°.

- b) Proses ini dapat dilakukan baik di Global Mapper, maupun dengan Arc GIS langsung, dengan altitude normal 45° , sehingga diperoleh *shading* yang ideal. Hasil *image* pada proses ini diharapkan berupa *image greyscale* yang dapat dilakukan analisa secara terpisah per pencahayaan, atau digabungkan da;am satu image di Arc GIS (Gambar 4a).
- c) **Slope Direction Shading**, dengan menggunakan software Global Mapper.

Proses ini dapat secara otomatis mengarahkan posisi kelereng atau identik dengan pencahayaan pada *shaded relief*, sehingga dapat lebih sederhana pemrosesannya menjadi *image* yang diinginkan pada ekstraksi nantinya. Hasil proses *image* ini berupa *image RGB* yang mewakili arah *slope* secara gradasional $0^\circ - 360^\circ$ (Gambar 4b).



Gambar 3. Alur proses Lineament Densitas Analysis dan penggunaan software, (modifikasi dari Thannoun R.G, 2013).



Gambar 4. (a) Peta Shaded Relief daerah Cikotok dan sekitarnya (Banten dan sebagian Jawa Barat), yang merupakan hasil kombinasi cahaya berarah $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$, dan 135° ; menggunakan Altitude / elevasi matahari 45° . (b) Peta Slope Direction Shading daerah Cikotok dan sekitarnya (Banten dan sebagian Jawa Barat).

3.5. Proses ekstraksi (*line extraction*)

Ekstraksi *lineanment* diperoleh secara otomatis dengan menggunakan software PCI Geomatica. Proses ekstraksi (*Line Extraction*) menggunakan algoritma [LINE] pada PCI Geomatica, dengan memasukkan parameter – parameter sebagai berikut (PCI Geomatica, 2013):

- a) **RADI (Filter radius):** Parameter ini menentukan radius filter deteksi tepi (dalam pixel) untuk menentukan tingkat detil terkecil pada gambar. Rentang data untuk parameter ini adalah antara 0 dan 8192.
- b) **GTHR (Gradient threshold):** Parameter ini menentukan ambang batas untuk tingkat gradien minimum untuk pixel tepi untuk mendapatkan citra biner. Rentang data untuk parameter ini adalah antara 0 dan 255.
- c) **LTHR (Length threshold):** Parameter ini menentukan panjang minimum kurva (dalam piksel) yang dianggap sebagai kelurusan lanjut (misalnya, menghubungkan dengan kurva lain). Rentang data untuk parameter ini adalah antara 0 dan 8192.

- d) **FTHR (Line fitting error threshold):** Parameter ini menentukan kesalahan maksimum (dalam piksel) diperbolehkan dalam pas polyline untuk kurva pixel. Nilai FTHR rendah memberikan segmen yang lebih baik pas, tetapi juga lebih pendek polyline. Rentang data untuk parameter ini adalah antara 0 dan 8192.
- e) **ATHR (Angular difference threshold):** Parameter ini menentukan sudut maksimum (dalam derajat) antara segmen polyline. Jika tidak, itu tersegmentasi menjadi dua atau lebih vektor. Hal ini juga sudut maksimum antara dua vektor bagi mereka untuk dihubungkan. Rentang data untuk parameter ini adalah antara 0 dan 90.
- f) **DTHR (Linking distance threshold):** Parameter ini menentukan jarak minimum (dalam pixel) antara titik akhir dua vektor bagi mereka untuk dihubungkan. Rentang data untuk parameter ini adalah antara 0 dan 8192.

Pada proses ekstraksi di PCI Geomatica, parameter yang digunakan dalam LDA dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan nilai parameter dalam ekstraksi *Lineanment* dengan menggunakan software PCI-Geomatica 12.

EDGE Vol. 15 [2010], Bund. J, Abdullah, et al, 2010			INTI VOL. 2008.1, THOR 2011, Thannoun R.G, 2013	
Name	Description	Values	Description	values
RADI	Radius of filter in pixels	12	Filter Radius	5
GTHR	Threshold for edge gradient	90	Edge Gradient Threshold	75
LTHR	Threshold for curve length	30	Curve Length Threshold	10
FTHR	Threshold for line fitting error	10	Line Fitting Error Threshold	2
ATHR	Threshold for angular difference	30	Angular Difference Threshold	20
DTHR	Threshold for linking distance	20	Linking Distance Threshold	1

4. Hasil Penelitian

Lineanment Density Analysis (LDA) pada daerah Lebong Tandai dan Cikotok – Pongkor, memperlihatkan adanya nilai densitas tinggi yang berada pada prospek menarik.

Parameter densitas yang digunakan adalah panjang per km atau jumlah *lineanmenet* per kilometer, dimana keduanya terlihat sama.

4.1. Cikotok :

Pada daerah Cikotok dan Pongkor digunakan parameter jumlah *lineanment* per kilometer Hasil LDA (Gambar 5) diperoleh bahwa daerah mineralisasi emas yang umumnya berupa tipe vein epitermal berada pada densitas 4-6 / km, artinya pada daerah dengan anomali mineralisasi

menarik berada pada zona relatif lemah dan intensitas struktur geologi kuat, yang terlihat pada prospek Ciurug (Pongkor), Ciberang, Cikotok, Kadukalahang. Pada daerah prospek yang tidak pada daerah densitas tinggi, kemungkinan diakibatkan oleh sebaran mineralisasi masih berada di bawah permukaan seperti vein Ciguha (Pongkor), Cikidang (Cikotok), dan Cisungsang (Cikotok).

Potensi mineralisasi daerah Cikotok dan sekitarnya berdasarkan data LDA, memperlihatkan beberapa daerah yang belum dilakukan eksplorasi dan bisa menjadi targetan baru untuk eksplorasi selanjutnya.

Data geokimia, litologi dan analisis sistem vulkanik diperlukan dalam evaluasi tipe

mineralisasi yang memungkinkan pada daerah Cikotok dan sekitarnya.

4.2. Lebong Tandai :

Pada daerah studi Lebong Tandai, digunakan parameter jumlah panjang *lineament* per kilometer persegi. Hasil LDA (Gambar 6) diperoleh bahwa daerah mineralisasi emas yang umumnya berupa tipe vein epitermal berada pada densitas > 2000 m/km², dengan posisi sangat pas dengan prospek Lebong Tandai, Glumbuk, Lebong Kandis, Air Kuro dan Air Main. Pada prospek lainnya berada pada zona 1000 – 2000 m/km² seperti Air Noar, Toko Rotan dan Air Niru.

Hasil LDA dapat menambahkan nilai potensi mineralisasi epitermal pada daerah Lebong Tandai, masih dapat dikembangkan terutama pada daerah Air Niru dan bagian Timurnya.

5. Kesimpulan dan diskusi

Aplikasi LDA, sebagai parameter penentuan prospek dapat dilakukan sebagai kajian desktop sebagai acuan daerah menarik pada tahapan pemetaan regional sampai semi-detil.

Pada studi daerah Cikotok, Pongkor dan Lebong Tandai terlihat ketepatan posisi densitas tinggi terhadap prospek yang telah terbukti, dan sangat cocok untuk dipakai pada analisis mineralisasi yang berhubungan dengan kontrol dominan struktur seperti tipe epitermal baik *vein* ataupun *lode massive quartz*.

Tipe mineralisasi lainnya seperti porfiri, kemungkinan berbeda pola densitasnya (*low – medium density*) seperti pada daerah Batuhijau, dan Elang. Tipe mineralisasi dengan dominan struktur geologi seperti tipe Orogenik di Pulau Buru, kemungkinan sifatnya lebih kompleks akibat gejala tektonik yang berkembang sudah sangat kompleks dan berumur tua (banyak *overprinting*)

Keunggulan LDA, adalah cepat, murah, dan akurat sehingga mempermudah penentuan prospek dan dapat juga menghemat biaya eksplorasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim *project generation* PT. Antam (persero) Tbk, dalam penyediaan data dan evaluasi bersama.

Daftar Pustaka

Abdullah, A., Akhir, J.M., Abdullah, I., (2010), Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital

Elevation Model (DEMs) in the Maran – Sungai Lembing Area, Malaysia, *EJGE Bulletin* vol. 15, pp 949 – 957.

Batson, R.M., Edwards. K. and Eliason, E.M. (1975) “Computer – generated shaded- relief Images”, *Journal Research U.S. Geological Survey* 3 (4): 401-408

Basuki, A., Sumanagara, A. D. and Sinambela, D. (1994) *The Gunung Pongkor gold-silver deposit, West Java, Indonesia*. *Jour. Geochem. Explor.*, 50, 371–391.

Gupta, R.P. (1991) “Remote Sensing Geology”, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Hobbs, W. H. (1904) “Lineaments of the Atlantic Border Region”, *Geological Society.American Bulletin* 15: 483-506.

Hubbard, B.E., Mack, T.J., and Thompson, A.L., (2012), *Lineament analysis of mineral areas of interest in Afghanistan*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2012–1048, 28 p., <http://pubs.usgs.gov/of/2012/1048>.

O’Leary, D. W., Friedman, J. D., and Pohn, H. A. (1976) “Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms”, *Geological Society America Bulletin* 87: 1463-1469.

PCI Geomatica, (2013), *PCI Geomatica user’s guide*, Ontario. Canada: Richmond Hill

Rosana, M. F. and Matsueda, H. (2002) *Cikidang hydrothermal gold deposit in western Java, Indonesia*. *Resource Geology*, 52, 341-352.

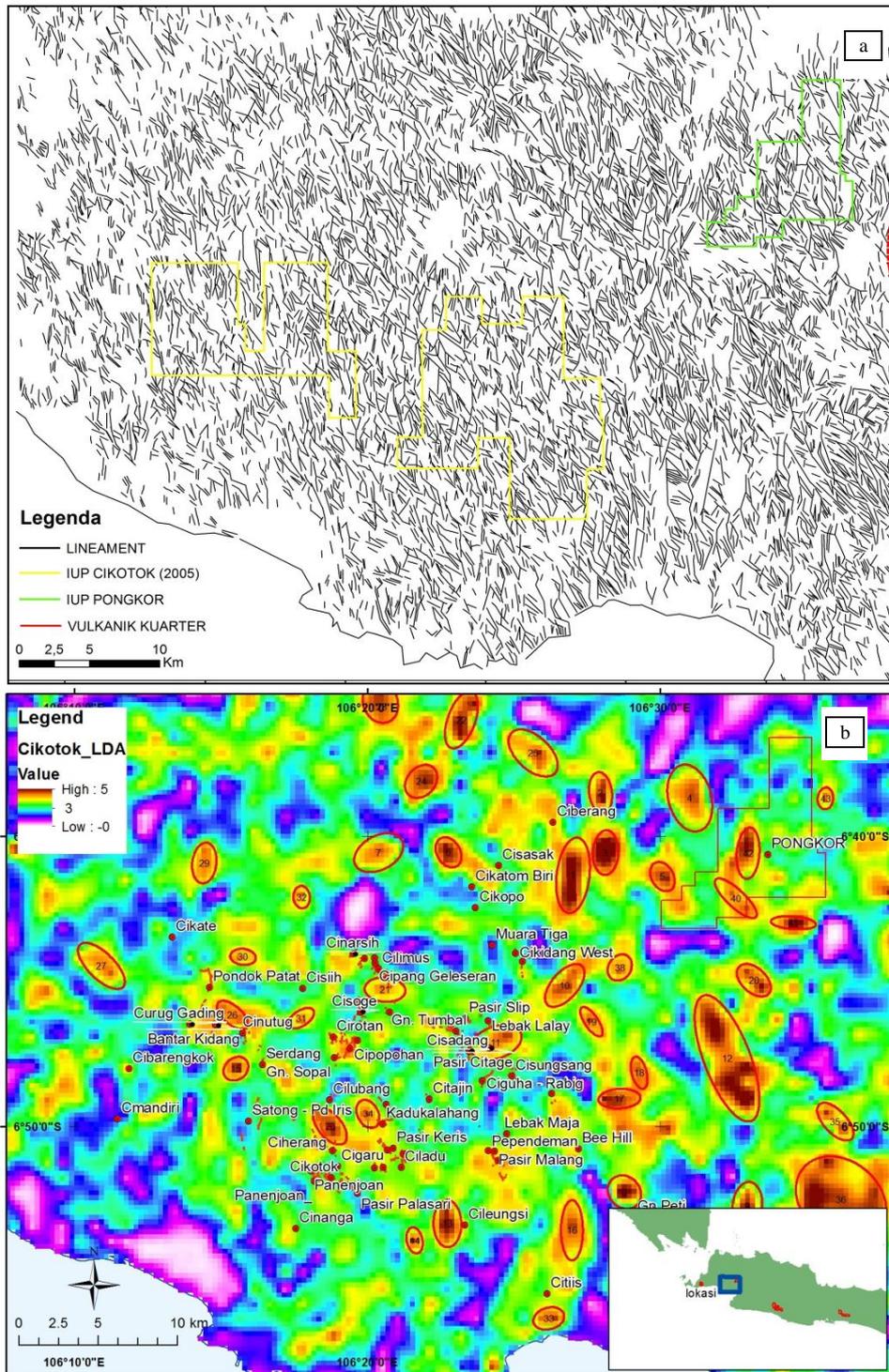
Sillitoe, R.H., (1999), Style of High Sulphidation Gold, Silver, and Copper Mineralisation in Porphyry and Epithermal Environments, *Proceeding of The Pacific Rim at Bali*

Sumatra Copper Gold (2012), *Annual Report*.

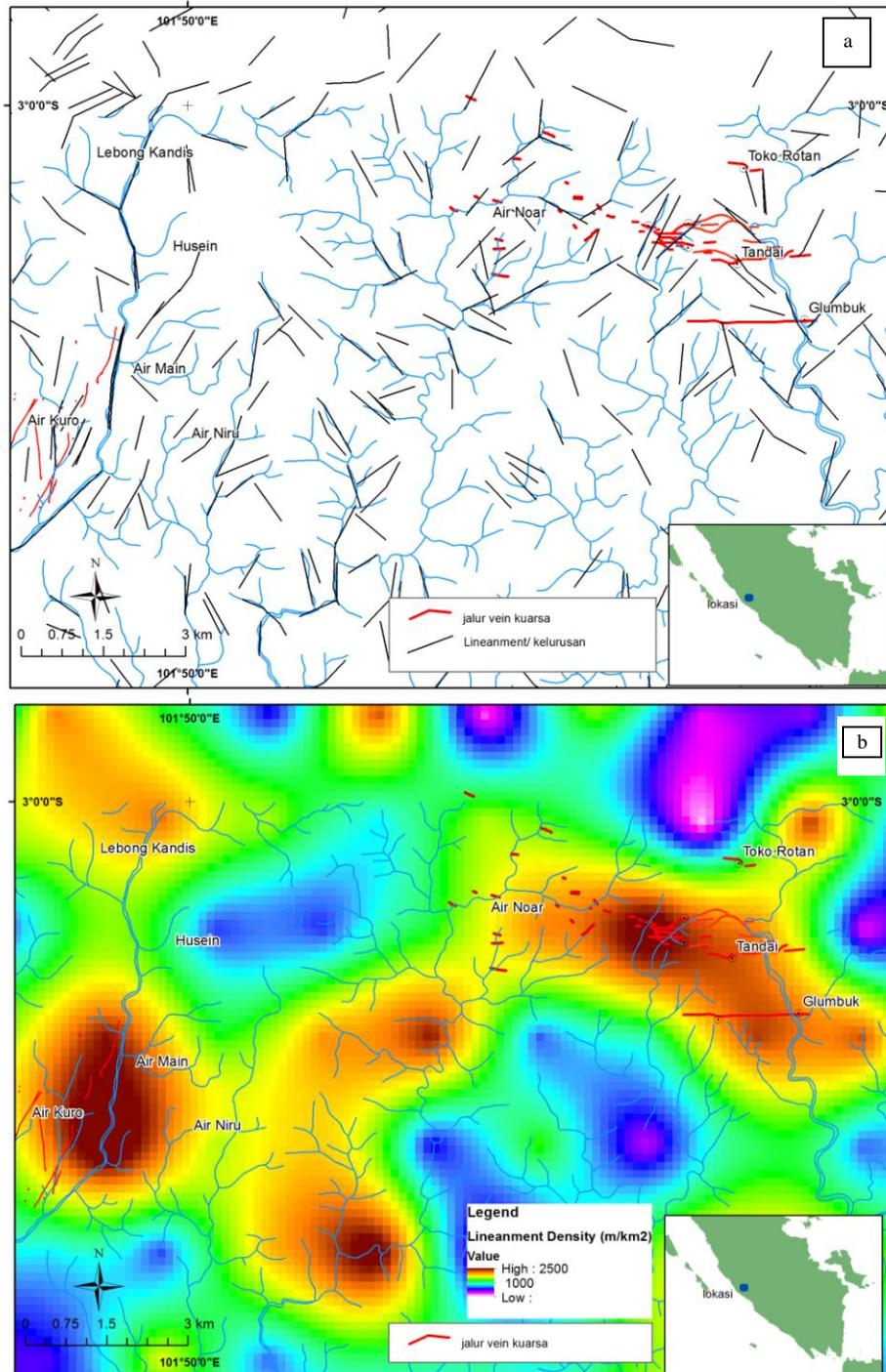
Thannoun, R.G., (2013), Automatic Extraction and Geospatial Analysis of Lineaments and their Tectonic Significance in some areas of Northern Iraq using Remote Sensing Techniques and GIS, *International Journal Of Enhanced Research In Science Technology & Engineering Bulletin*, Vol. 2

Williams, R. S. (1983) “Geological applications”, In. Colwell, R. N. (eds). “Manual of Remote Sensing”, 1667- 1951. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.

Yuningsih ET, Matsueda H, Setyaraharja EP, Rosana MF. (2011) *The Arinem Te-bearing gold-silver-base metal deposit, West Java, Indonesia*. *Resour Geol* (in press): RG10-36.



Gambar 5. (a) Peta lineament / kelurusan, hasil dari proses semi-otomatis pada software. (b) Peta iso- densitas Lineament Density pada daerah Cikotok – Pongkor dan sekitarnya, yang memperlihatkan keberadaan nilai densitas tinggi (kuning – merah kecoklatan, ellips merah) terhadap prospek yang sudah ada dan dapat dijadikan evaluasi daerah sekitar.



Gambar 6. (a) Peta lineanment / kelurusan, hasil dari proses semi-otomatis pada software, dan lokasi prospek mineralisasi (jalur vein kuarsa) berdasarkan data sekunder. (b) Peta iso-densitas lineanment density daerah Lebegong Tandai, Bengkulu Utara. Terlihat prospek Lebegong Tandai (bekas tambang) berada pada densitas sangat tinggi. Pada bagian tengah dan selatan dapat dijadikan target prospeksi baru, berdasarkan tingginya densitas kelurusan.