

Interpretasi Struktur Geologi Regional Pulau Bangka Berdasarkan Citra Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

(Interpretation Structure of Regional Geology on Bangka Island with Shuttle Radar Topography Mission (SRTM))

Franto¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan UBB, Kepulauan Bangka Belitung

Abstract

This paper aims to present the regional geological information related to geologic structure on the Bangka island. In this paper the processing done digitally on the image of SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) by combining the value of azimuth and altitude in order to obtain the number of alignment able delineated and recognizable become more by incorporating $N0^{\circ}E$, $N45^{\circ}E$, $N90^{\circ}E$ and $N315^{\circ}E$ artificial lighting as well as the value of the slope of the sun at 45° . Based on the interpretation of the results obtained Hillshade and rose diagram direction relative straightness dominant northwest-southeast trending interpreted as a manifestation of the direction stance layers, but it also contained lineament trending northeast-southwest according Margono et al. (1995) a rock folds covering Tanjung Genting Formation and Ranggalang Formation, large tilt between 18° - 75° and showed great intensity and there is tectonic lineament trending north-south, according to Mangga and Djamal (1994) was a fault and the fault is in the phase of the youngest as well as the fracturing horizontal cut of older faults (Crow, 2005). Straightness morphological pattern of spread and intensity level of tectonic deformation by the force in the research area is obtained by calculating the count lineament density based Geographic Information System with ArcGIS 9.3 in order to obtain density interval straightness into three classes, $0-28.72503662$ km / km² (low), $28.72503663- 57.45007324$ km / km² (medium) and $57.45007325-86.17510986$ km / km² (height) The higher the intensity, the area is assumed to be much deformed and most likely close to the structure geology.

Keywords: Tektonic, Structure, Lineament, Hillshade, GIS.

1. Pendahuluan

Pengkajian mengenai struktur geologi merupakan hal menarik khususnya di Indonesia, Kepulauan Indonesia sebagai jalur hasil tumbukan tiga lempeng litosfer, yaitu Lempeng Indo-Australia, yang bergeser ke utara, Lempeng Pasifik yang bergeser ke barat dan Lempeng Asia Tenggara yang bergeser relatif ke selatan. Hal ini tentunya mempengaruhi kondisi struktur geologi wilayah Indonesia.

Struktur geologi terbentuk setelah batuan terbentuk dan merupakan hasil deformasi akibat gaya yang bekerja pada batuan dalam waktu yang panjang. Struktur-struktur yang dihasilkan dapat berupa kekar (*joint*), sesar (*fault*) dan lipatan (*fold*), foliasi

(*foliation*) dan lineasi (*lineation*). Kehadiran kekar, sesar dan foliasi pada batuan dapat memperlemah kekuatan (*strength*) batuan, sedangkan pergeseran sesar (tektonik) dapat menimbulkan gempa bumi, tsunami, erupsi vulkanik dan longsor tanah yang merupakan fenomena destruktif bagi kehidupan manusia. Struktur geologi di Pulau Bangka meliputi kelurusan, kekar, lipatan dan patahan. Lipatan terjadi pada batuan berumur Perm dan Trias (Mangga dan Djamal, 1994). Lipatan batuan meliputi Formasi Tanjung Genting dan Formasi Ranggalang, mempunyai arah sumbu timurlaut-baratdaya dan kemiringan besar antara 18° - 75° , yang menunjukkan intensitas tektonik besar (Margono dkk, 1995).

Sebaran batuan plutonik mengikuti arah lipatan dan terletak pada inti antiklin, Demikian juga bentuk lintasan garis pantai Pulau Bangka mengikuti arah struktur geologi, khususnya sumbu lipatan. Adapun kehadiran arah sumbu lipatan acak

* Korespondensi Penulis: (Franto) Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung, Kawasan Kampus Terpadu UBB, Merawang, Bangka.
E-mail: franto@yahoo.com
HP. 08127376439

dimungkinkan hasil deformasi batuan yang lebih tua dari Masa Mesozoikum.

Struktur kekar dan patahan memiliki banyak orientasi. Arah umum utara-selatan, timurlaut-baratdaya, dan tenggara-baratlaut. Patahan dan kekar tersebut berkaitan erat terhadap perlipatan (Katili, 1967). Patahannya berupa patahan naik, geser dan patahan normal. Pola patahan berarah utara-selatan merupakan fase patahan paling muda (Mangga dan Djamal, 1994). Patahan naik dan normal mempunyai arah relatif baratlaut-tenggara, serta patahan mendatar dengan arah relatif utara-selatan memotong patahan lebih tua (Crow, 2005).

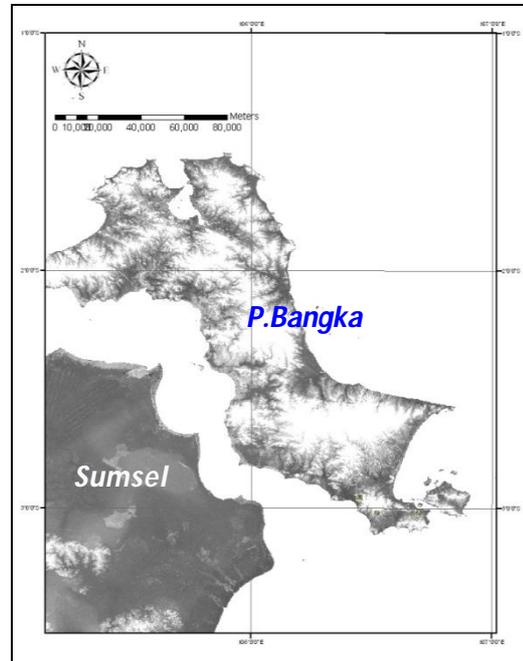
Pengembangan teknologi satelit saat ini telah digunakan untuk keperluan berbagai disiplin ilmu pengetahuan, khususnya untuk keperluan pemetaan geologi dan eksplorasi sumber daya alam yang semakin intensif dilakukan. Salah satu hasil dari teknologi satelit ini adalah *Digital Elevation Model* (DEM). *Digital Elevation Model* (DEM) merupakan informasi yang sangat penting untuk berbagai keperluan analisis permukaan pada tahap lanjut dapat diimplementasikan untuk membantu kegiatan pemetaan struktur geologi yang didukung dengan *tool spatial analysis* pada ArcGIS 9.3 serta dipadukan dengan piranti lunak *rockwork* v.15 untuk statistik kelurusan.

Digital Elevation Model (DEM) adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil *sampling* dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat. keperluan analisis permukaan yang pada kelanjutannya dapat diimplementasikan untuk berbagai eksplorasi sumberdaya geologi.

Lokasi Penelitian

Pulau Bangka merupakan bagian dari Propinsi Kepulauan Bangka Belitung yang dibentuk berdasarkan UU No.27 Tahun 2000 yang terdiri dari Kabupaten Bangka, Kabupaten Belitung dan Kota Pangkalpinang, Adapun luas Pulau Bangka 11.693.54 km² yang terletak di sebelah pesisir timur Sumatera Selatan, berbatasan dengan Laut China Selatan di sebelah utara,

Pulau Belitung di timur dan Laut Jawa di sebelah selatan yaitu 01°20' - 03°07' LS dan 105° - 107° BT memanjang dari barat laut ke tenggara sepanjang ±180 km (Gambar 1).



Gambar 1. Pulau Bangka

Tinjauan Pustaka

Fisiografi Regional Pulau Bangka

Secara fisiografi Pulau Bangka merupakan pulau terbesar dalam Paparan Sunda (*Sundaland*) dan merupakan *Sunda Penepain*, dicirikan oleh daerah berbukit dengan ketinggian batuan dasar yang membatasi Cekungan Sumatra Selatan di bagian timur dan Cekungan Sunda di bagian utara, Pulau Bangka termasuk *Tin Islands*, terletak pada *Sundaland Craton* Lempeng Eurasia (Barber et al., 2005), serta merupakan bagian Sabuk Timah Asia Tenggara (Cobbing, 2005).

Stratigrafi Regional Pulau Bangka

Pada Peta Geologi Lembar Bangka Utara dan Selatan, Sumatra, skala 1 : 250.000, Mangga dan Djamal (1994) dan Margono dkk (1995) yang dipublikasikan oleh Pusat Penelitian Pengembangan Geologi, memetakan batuan tertua di Bangka diwakili oleh Kompleks Malihan Pemali (CPp), terdiri dari filit dan sekis, disisipi oleh kuarsit dan lensa batugamping,

dengan lokasi di Daerah Pemali, sebelumnya Ko (1986) telah mengilustrasikan batuan tertua di Pulau Bangka sebagai Kelompok Pemali yang diperkirakan berumur Karbon-Perm (Mangga dan Djamal, 1994 dan Margono dkk, 1995) atau pada Paleozoikum Atas (Ko, 1986), sedangkan Crow dan Barber (2005) mendeskripsikan Kelompok Pemali berumur Devon? – Perm. Pada Perm terjadi penerobosan Diabas Penyabung (PTrd) terhadap Malihan Pemali (Mangga dan Djamal, 1994). Lembaran diabas mengintrusi batuan sedimen Kelompok Pemali di Bukit Penyabung (Ko, 1986). Seri sedimen yang dilintasi *dike dolerite* (diabas) memiliki arah sebaran timurlaut-baratdaya. Menurut Westerveld (1937) Batuan diabas sebagai intrusi *sill*, dan merupakan pendahulu (*precursors*) dari granit yang diintrusikan pada tahap selanjutnya. Selanjutnya diendapkan Formasi Tanjung Genting (Trt) yang terdiri dari perselingan batupasir malih, batupasir, batupasir lempungan dan batulempung dengan lensa batugamping, secara setempat dijumpai oksida besi, berlapis baik dan terlipat kuat, terkekar dan tersesarkan (Mangga dan Djamal, 1994) berumur Trias (De Neve dan De Roever, 1947).

Granit Klabat (TrJkg) kemudian menerobos ketiga formasi batuan di atasnya. Jenis batuan terdiri dari granit, granodiorit, adamalit, diorit dan diorit kuarsa, secara setempat dijumpai retas aplit dan pegmatit (Mangga dan Djamal, 1994 dan Margono dkk, 1995). Kemudian secara tidak selaras diendapkan batuan Formasi Ranggam (TQR) terdiri perselingan batupasir, batulempung dan batulempung tufaan, disisipi lapisan tipis batulanau dan bahan organik, berlapis baik, struktur sedimen berupa laminasi sejajar dan perlapisan silang siur, berumur tidak lebih tua dari Miosen Akhir, atau diperkirakan berumur Miosen Akhir-Pleistosen.

Osberger (1965) dalam Katili (1967) sebelumnya mendeskripsikan urutan formasi bantuan di Pulau Bangka (Tabel 1). Formasi batuan tertua digambarkan berupa batuan metamorf dinamik (Pra Karbon) yang ditindih secara tidak selaras oleh filit, kuarsit, batulanau dan batugamping (Perm). Pada Trias diendapkan batupasir dan Lapisan Ranggam (Pleistosen-Pliosen).

Tabel 1. Stratigrafi regional Pulau Bangka (Osberger, 1965 dalam Katili, 1967)

Umur	Stratigrafi (Osberger, 1965)
Holosen	<i>Endapan Pantai / Sungai</i>
Pleistosen Pliosen	Lapisan Ranggam
Miosen Oligosen Eosen Paleosen Kapur Yura	Ketidakselarasan
Trias	<i>Seri Batupasir Lempungan</i>
Perm	Filit, Kuarsit, Batulanau, Batugamping.
Karbon	Ketidakselarasan
Pra Karbon	Metamorf Dinamik

Tektonik Regional Pulau Bangka

Pulau Bangka pada mula Paleozoik berhubungan erat dengan tektonik yang membentuk Semenanjung Malaya dan umumnya *terrane* Asia Tenggara (*Sundaland*) yang berasal dari Gondwana. Blok-blok benua yang membentuk Paparan Sunda meliputi Blok Malaya Timur, Indo China, Sibumasu, *West Burma* dan *SW Borneo* dari batas timur Gondwana seiring dengan terbukanya *Paleo-Tethys* selama Paleozoikum hingga Kenozoikum (Metcalf, 2013) yang menghasilkan tumbukan antara Sibumasu dan Malaya Timur-Indochina (Metcalf, 2009). Menurut Setijadji (2014) Pulau Timah berada sepanjang Zona *Suture* Bentong-Raub utama yang membuat batas antara timur dan *Terranes* Malaya Sibumasu. *Suture* Bentong-Raub adalah salah satu sisa-sisa deformasi yang paling dikenal dari kompleks akresi yang membentang di sepanjang Semenanjung Melayu melalui pulau timah, terkait dengan subduksi dan penutupan *Paleo-Tethys*, diikuti oleh tabrakan benua selama Trias-Jura Awal (Barber et al., 2005; Metcalf, 1996, 2006). Di Semenanjung Melayu, yang disebut *Main* (utama) *Province* Sabuk Granitoid Asia Tenggara yang terdiri dari granitoid *S-type* berumur Trias Akhir-Jurassic Awal (Gasparon dan Varne, 1995). Sementara itu, di sisi timur dari *Suture* Raub-Bentong, granitoid didominasi oleh *I-type* yang usianya bervariasi dari Perm-Trias dan Kapur Atas, batuan ini secara kolektif diklasifikasikan sebagai sabuk Granitoid *Province* bagian Timur Asia Tenggara (Gasparon dan Varne, 1995).

Kegiatan tektonik ditafsirkan berlangsung sejak Perm, ditandai dengan pembentukan Kompleks Malihan Pemali (CPp), kemudian periode Trias Awal terjadi penurunan dan pengendapan Formasi Tanjung Genting (Trt) di lingkungan laut dangkal. Berlanjut pada Trias Akhir-Jura Akhir terjadi pengangkatan dan penerobosan Granit Klabat (TrJkg) (Margono dkk, 1995).

Setelah transgresi maksimum (Miosen Tengah), kemudian mulai tahap regresi oleh pengangkatan Perbukitan Barisan (De Smet dan Barber, 2005). Pengendapan kembali dimulai Kala Miosen Akhir-Pleistosen Awal berupa batuan Formasi Ranggam (TQr), Selanjutnya pengangkatan, pendataran dan pengendapan aluvium sungai, rawa dan pantai berlangsung Kala Holosen (Margono dkk, 1995).

Struktur geologi di Pulau Bangka meliputi kelurusan, kekar, lipatan dan patahan. Lipatan terjadi pada batuan berumur Perm dan Trias (Mangga dan Djamal, 1994). Lipatan batuan meliputi Formasi Tanjung Genting dan Formasi Ranggam, mempunyai arah sumbu timurlaut-baratdaya dan kemiringan besar antara 18° - 75° , yang menunjukkan intensitas tektonik besar (Margono dkk, 1995). Berdasarkan Katili (1967) arah struktur Kepulauan Busur Mesozoikum memiliki pola bentuk S, dimana perlipatan berhubungan dengan pola struktur S waktu Jura Akhir. Sebaran batuan plutonik mengikuti arah lipatan dan terletak pada inti antiklin, Demikian juga bentuk lintasan garis pantai Pulau Bangka mengikuti arah struktur geologi, khususnya sumbu lipatan. Adapun kehadiran arah sumbu lipatan acak dimungkinkan hasil deformasi batuan yang lebih tua dari Masa Mesozoikum.

Struktur kekar dan patahan memiliki banyak orientasi. Arah umum utara-selatan, timurlaut-baratdaya, dan tenggara-baratlaut. Patahan dan kekar tersebut berkaitan erat terhadap perlipatan (Katili, 1967). Patahannya berupa patahan naik, geser dan patahan normal. Pola patahan berarah utara-selatan merupakan fase patahan paling muda (Mangga dan Djamal, 1994). Patahan naik dan normal mempunyai arah relatif baratlaut-tenggara, serta patahan mendatar dengan arah relatif utara-selatan memotong patahan lebih tua (Crow, 2005).

SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)

Data SRTM pada saat ini lebih banyak digunakan dibandingkan dengan data DEM dari produk lainnya. Hal itu dikarenakan beberapa keunggulan yang dimiliki oleh DEM SRTM antara lain, DEM RBI tidak dapat menampilkan bukit-bukit pada ketinggian tertentu sedangkan tidak untuk DEM SRTM, DEM dapat menampilkan *flat area with city building* sedang untuk DEM RBI tidak dapat terlihat.

Keunggulan lain DEM SRTM :

1. Mudah didapat, karena *free* untuk seluruh area di Indonesia
2. Kualitas yang bagus, lebih bagus karena dengan *DEM Fill*
3. Informasi yang didapat lebih banyak, sampai dengan bangunan kota
4. Hampir sama dengan DEM RBI skala 1 : 25.000.

Interpretasi Geologi Citra Penginderaan Jauh

Secara umum interpretasi citra untuk survei geologi harus memperhatikan beberapa faktor, yaitu: (a) Unsur-unsur dasar pengenalan citra dan (b) Unsur dasar pengenalan geologi.

Unsur Dasar Interpretasi Geologi

Unsur dasar interpretasi geologi adalah gejala alam yang terlihat pada citra yang memberikan kemungkinan kepada orang untuk mengetahui keadaan geologi daerah itu (Sudradjat dalam Soetoto, 1985). Unsur dasar interpretasi geologi meliputi:

- a. Relief
Relief yaitu beda tinggi antara puncak timbunan dan dasar lekukan (lembah) serta curam landainya lereng-lereng yang ada di daerah tersebut (Soetoto, 1995). Relief ini pada dasarnya menggambarkan ketahanan batuan terhadap tenaga eksogenik.
- b. Pola penyaluran
Pola penyaluran berhubungan dengan sifat dan sejarah geomorfologi dan geologi lokal daerah tersebut (Bates dan Jackson, 1987, dalam Soetoto, 1995).
- c. Budaya
Obyek budaya/bentanglahan budaya kerap kali dapat dipakai untuk interpretasi geologi misalnya areal persawahan biasanya terdapat di

dataran aluvial, dataran kaki gunungapi dan *residual soil*.

d. Vegetasi

Vegetasi kerap kali dapat memberikan keterangan mengenai kondisi geologi suatu daerah, misalnya pohon karet tumbuh subur di daerah berbatuan vulkanik, pohon jati tumbuh subur di daerah berbatu gamping.

Interpretasi Struktur Geologi

Pada interpretasi struktur geologi dengan menggunakan citra Landsat-7 ETM+ hanya akan diketahui struktur geologi yang bersifat regional saja, seperti: lipatan, sesar dan kekar.

Pengenalan kelurusan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam melakukan interpretasi struktur geologi dengan menggunakan citra Landsat-7 ETM+. Al Fasatwi dan Van Dijk (1990), mengatakan bahwa ada hubungan yang kuat antara kelurusan dan patahan sehingga dapat disimpulkan kelurusan merupakan daerah prospek untuk identifikasi patahan. Kelurusan dapat tereksprei sebagai kelurusan sungai, defleksi sungai yang mendadak, kelurusan depresi *sinkhole*, kelurusan *offset* topografi serta kelurusan rona.

Struktur lipatan dapat diketahui dari kedudukan perlapisan batuan dan pola singkapan. Menurut Soetikno (1977), lapisan batuan dengan dip berlawanan dapat ditafsirkan sebagai struktur antiklin maupun sinklin. Apabila arah kemiringan perlapisan batuan yang berlawanan mengarah ke luar maka dapat ditafsirkan sebagai struktur antiklin, sedangkan bila mengarah ke dalam dapat ditafsirkan sebagai struktur sinklin.

2. Metode Penelitian

Analisis DEM SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)

Pada tahap ini dilakukan beberapa pengolahan data yaitu pembuatan citra DEM berupa *surface analysis*, delineasi, pembuatan diagram *rose* dan densitas kelurusan.

1. Analisis permukaan yang dilakukan tersusun atas analisis lereng dan *hillshade*. Analisis lereng dilakukan untuk mengetahui sudut kemiringan lereng di

daerah penelitian, Analisis ini bertujuan untuk menentukan sudut kemiringan matahari pada analisis *hillshade* agar bayangan pada *shade relief image* menjadi optimal di daerah penelitian, khususnya untuk dilakukan penarikan kelurusan secara manual. Analisis lereng dilakukan dengan menggunakan *piranti lunak* ArcGIS 9.3, melalui *spatial analyst tool* yaitu *surface analyst*.

2. Tahap analisis data selanjutnya adalah penarikan kelurusan (delineasi) secara manual.
3. Pembuatan diagram *rose* untuk menentukan distribusi pola arah kelurusan. *Rose* diagram yang dihasilkan akan digunakan untuk analisis dan interpretasi struktur geologi.
4. Pembuatan peta densitas kelurusan yang dilakukan dengan *piranti lunak* ArcGIS 9.3.

Analisis Permukaan (*Surface Analyst*)

DEM khususnya digunakan untuk menggambarkan relief medan. Gambaran model relief rupabumi tiga dimensi (3 dimensi yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (*real world*) divisualisasikan dengan bantuan teknologi komputer grafis dan teknologi *virtual reality* (Mogal, 1993).

.Pola-pola elevasi permukaan yang tidak tampak pada DEM dapat dimunculkan dengan menggunakan fitur analisis permukaan pada *piranti lunak* ArcGIS 9.3. Beberapa analisis permukaan yang dapat dilakukan adalah analisis lereng dan analisis *hillshade* (ESRI Educational Service., 2007).

Analisis Lereng (*Slope Analyst*)

Menurut Sukiyah et al. (2007) perhitungan kemiringan lereng dapat dilakukan secara konvensional melalui media peta topografi (*hardcopy*) dan melalui peta dalam format digital. Keuntungan perhitungan kemiringan lereng dalam format digital adalah relatif lebih cepat, akurat dan efisien dibandingkan dalam media *hardcopy*. Salahsatu cara yang dapat digunakan adalah metode *grid* sederhana yang dilakukan dengan bantuan *piranti lunak* ArcGIS.

Dalam penarikan kelurusan secara digital, analisis lereng berguna untuk

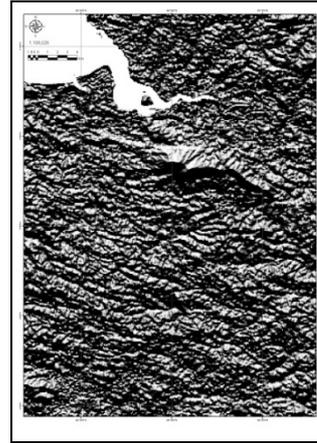
mengetahui kemiringan rata-rata atau median, digunakan untuk pertimbangan penentuan sudut kemiringan sinar matahari dalam analisis *hillshade*, agar diperoleh variasi rona gelap-terang untuk analisis kelurusan (Loisios et al., 2008).

Analisis *Hillshade*

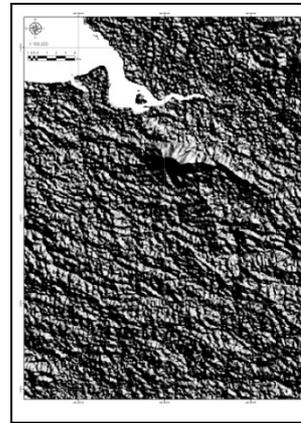
Hillshade adalah variasi rona gelap-terang untuk mendeliniasi bentuk permukaan bumi pada permukaan yang disinari pencahayaan semu matahari (Hoppen, 1996). Ada dua masukan utama yang diperlukan pada proses ini yaitu *azimuth* (arah) dan *altitude* (kemiringan), *azimuth* adalah angka positif yang berupa besar derajat yang mempunyai rentang dari 0° hingga 360°, diukur dari arah utara. Sedangkan *altitude* adalah angka positif dengan rentang dari 0° pada garis horizon hingga 90°.

,*Hillshade* digunakan untuk meningkatkan kualitas gambar dari suatu wilayah dengan mensimulasikan *azimuth* dan *altitude* pencahayaan sinar matahari semu terhadap permukaan tanah.

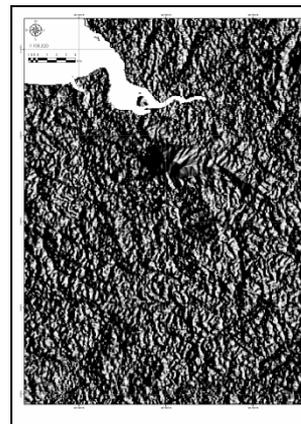
Analisis *hillshade* akan menghasilkan *shaded* relief yang berfungsi untuk memahami latar belakang topografi yang ditekankan pada *feature* morfologi (Manap, et al., 2010). Peningkatan keyakinan interpretasi geologi dilakukan pengaturan *azimuth* pencahayaan semu sinar matahari yang berbeda-beda sebagai berikut : N0°E, N45°E, N90°E dan N315°E dengan kemiringan pencahayaan semu sinar matahari 45° (Gambar 2,3,4 dan 5), sedangkan gambar 6 merupakan hasil kombinasi *azimuth* 0°, 45°, 90°, 315° dan *altitude* 45° yang memberikan informasi kelurusan lebih banyak.



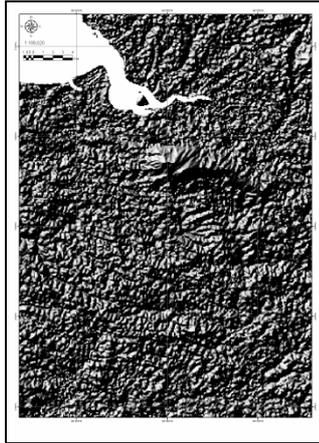
Gambar 2. Citra *hillshaded* relief daerah penelitian dengan *azimuth* 0° dan *altitude* 45°



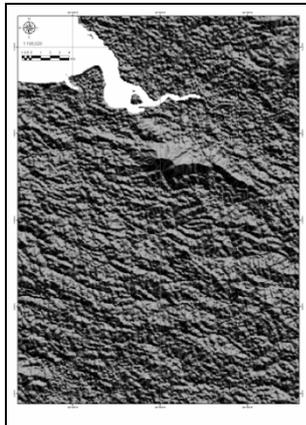
Gambar 3. Citra *hillshaded* relief daerah penelitian dengan *azimuth* 45° dan *altitude* 45°



Gambar 4. Citra *hillshaded* relief daerah penelitian dengan *azimuth* 90° dan *altitude* 45°



Gambar 5. Citra *hillshaded* relief daerah penelitian dengan *azimuth* 315° dan *altitude* 45°



Gambar 6. Citra *hillshaded* relief daerah penelitian dengan *azimuth* 0°, 45°, 90°, 315° dan *altitude* 45°

Analisis Kelurusan

Pemetaan kelurusan sangat dibantu oleh keberadaan *feature* geomorfologi seperti pegunungan dan lembah selaras, perubahan yang mendadak dari punggung, kelerengan lembah dan sungai, pola aliran yang lurus (Mogaji et al., 2011 dalam Al-Saedi, 2013).

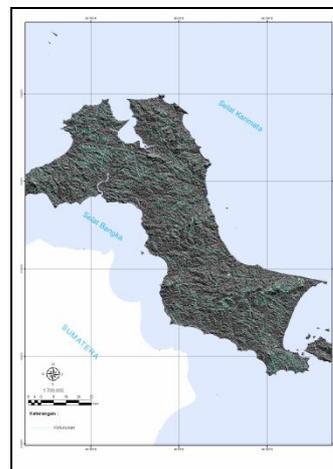
Menurut Muhammad & Awdal (2012) kelurusan merupakan salah satu *feature* yang menunjukkan unsur bawah permukaan atau struktur yang lemah seperti patahan. Pluijm & Marshak (2004), kelurusan struktur merupakan kelurusan yang dikontrol oleh struktur geologi yang menghasilkan kelurusan topografi seperti punggung bukit, depresi atau *escarpment* dan sebagian besar kelurusan tersebut merupakan

manifestasi dari arah kekar, sesar, lipatan, *dike* dan kontak lapisan batuan.

Menurut Hung et al., (2005), analisis kelurusan digital dapat dilakukan dengan menggunakan 5 tahap, yaitu ekstraksi kelurusan, koreksi kelurusan, perhitungan statistik, *gridding lineament indices* dan pembuatan peta densitas.

Penarikan Kelurusan Secara Manual

Penarikan kelurusan secara manual berdasarkan unsur dasar interpretasi geologi, yang meliputi relief, pola penyaluran, budaya dan vegetasi.

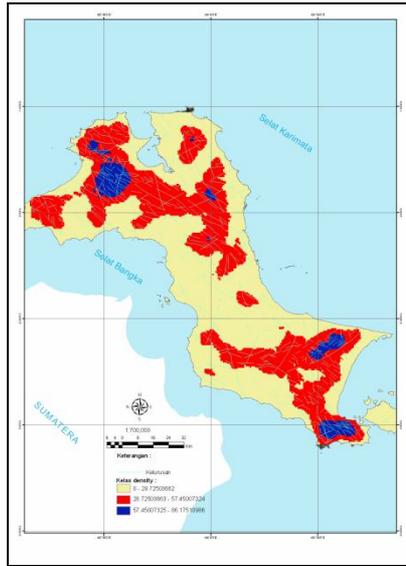


Gambar 7. Kelurusan struktur geologi Pulau Bangka

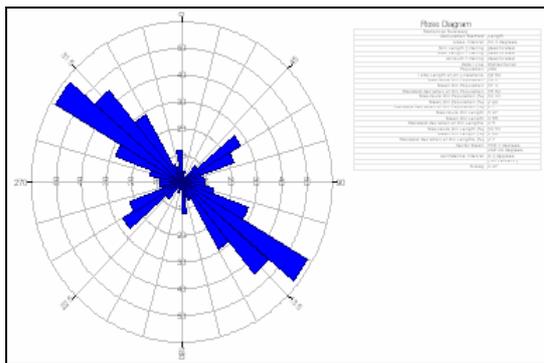
Densitas Kelurusan

Densitas kelurusan adalah jumlah kelurusan pada satu satuan luas (N/km^2) atau total pajang kelurusan tiap satuan luas (km/km^2) (Hung et al., 2005).

Perhitungan densitas kelurusan morfologi yang dilakukan berupa perhitungan *lineament count density* yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan pola penyebaran kelurusan–kelurusan morfologi (Kim, 2003). sehingga dapat menunjukkan daerah yang paling intensif mengalami deformasi, maka daerah yang memiliki nilai densitas yang tinggi diperkirakan mengalami deformasi tektonik dan kemungkinan besar dekat dengan struktur geologi.



Gambar 7. *Density* kelurusan geologi Pulau Bangka



Gambar 8. Diagram *Rose* yang menggambarkan pola kelurusan lokasi penelitian Pulau Bangka

Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) (juga dikenal sebagai *Root Mean Square Deviation*) adalah salah satu dari statistik yang paling banyak digunakan dalam GIS. RMSE dapat digunakan untuk berbagai aplikasi geostatistik. Tindakan RMSE berapa banyak kesalahan ada di antara dua dataset. RMSE biasanya membandingkan nilai prediksi dan nilai yang diamati. Misalnya, titik elevasi citra satelit (nilai prediksi) dibandingkan dengan pengukuran tanah yang disurvei (nilai yang diamati).

Menurut Kelley et al. (2011), evaluasi statistik dari nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah parameter statistik yang menginformasikan pengguna model tentang ukuran *actual error* yang dihasilkan oleh

suatu pemodelan atau *Structural Equation Modelling* (SEM), dengan rumus sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a}_i)^2}$$

Dimana :

a_i = Nilai data debit harian observasi ke-i

\bar{a}_i = Nilai data debit harian model prediksi ke-i

n = Jumlah data

Parameter ini mengindikasikan pengaruh signifikan yang cukup tinggi dalam prediksi. Batasan dalam parameter statistik ini adalah 0 sampai ∞ , dimana performa model dikatakan terbaik jika mendekati nilai 0.

Morfostruktural

Pengaruh struktur geologi terhadap perkembangan dan penampilan bentuklahan disebut sebagai bentanglahan yang dipengaruhi oleh struktur. Pengaruh struktur geologi yang sangat luas dapat mempengaruhi bentanglahan secara keseluruhan sampai tampilan terkecil bentuklahan yang berlangsung bersamaan dengan proses geomorfologi lainnya. Pengaruh struktur geologi pada geomorfologi dapat dibagi menjadi dua jenis struktur utama; yaitu : (1) struktur aktif yang berlangsung sehingga meninggalkan jejak bentanglahan modern, (2) struktur pasif yang meninggalkan jejak pada bentanglahan modern berupa pelapukan dan erosi.

Litologi memiliki peran penting dalam menentukan sifat dan tampilan geomorfologi, khususnya di daerah dimana kondisi geologi erat tercermin dalam ekpresi topografi Pada dasarnya batuan memiliki perbedaan ketahanan terhadap pelapukan dan erosi, sehingga sangat mendorong terjadinya pengikisan pada lereng dengan ciri terbentuknya lereng yang terputus. Perkembangan lereng yang cembung menunjukkan batuan yang relatif resisten terhadap pelapukan dan erosi, sedangkan perkembangan lereng yang cekung cenderung kurang resisten.

Pada daerah yang memiliki tutupan vegetasi lebat dan tutupan tanah relatif tebal

sangat sulit untuk menentukan struktur dibawahnya, sehingga untuk menentukan struktur geologi dapat digunakan *anomali* pola aliran. Aliran utama pada sayap lipatan cenderung mengalir sejajar arah jurus lapisan batuan dan mengikuti celah-celah lapisan batuan yang tahan terhadap pelapukan dan erosi, sedangkan aliran - aliran yang kecil mengalir searah kemiringan lapisan batuan dan permukaan lereng lipatan membentuk pola aliran yang *trellis*. Lapisan yang melengkung sekitar puncak lipatan tercermin oleh aliran utama yang melengkung. Pola aliran *radial* dan *anular* atau gabungan kedua pola tersebut sering berkembang pada daerah-daerah yang berbentuk kubah atau lipatan (antiklin).

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Citra DEM

Menurut Sarapirome et al. (2002), DEM merupakan suatu kumpulan data ketinggian digital yang menunjukkan topografi suatu daerah. Data DEM utk penelitian ini dibuat dari citra SRTM yang telah berformat digital, Data raster DEM yang dihasilkan harus memenuhi nilai piksel yang cukup sehingga dapat digunakan untuk proses pencahayaan guna mendapatkan gambar relief berbayang (*shaded relief image*). *Shaded relief image* diperoleh dari proses data raster menggunakan perangkat lunak ArcGIS 9.3.

Struktur Geologi

Kelurusan mengindikasikan sesar, kekar atau batas litologi. Secara teknis, kelurusan pada analisis *hillshade* yang menggunakan penggabungan *azimuth* pencahayaan semu sinar matahari yang berbeda N0°E, N45°E, N90°E dan N315°E dengan kemiringan pencahayaan semu sinar matahari 45° mampu memberikan jumlah kelurusan menjadi lebih banyak serta lebih mudah dikenali.

Berdasarkan hasil interpretasi DEM digital dengan *hillshade* juga didukung diagram *rose* diperoleh arah relatif kelurusan dominan berarah barat laut-tenggara ditafsirkan sebagai manifestasi arah jurus lapisan, selain itu juga terdapat kelurusan berarah timur laut-barat daya menurut Margono dkk (1995) merupakan lipatan batuan yang meliputi Formasi Tanjung

Genting dan Formasi Ranggam dan kemiringan besar antara 18°-75° serta menunjukkan intensitas tektonik besar serta terdapat kelurusan berarah utara-selatan, menurut Mangga dan Djamil, 1994 merupakan patahan dan berada pada fase patahan paling muda serta patahan mendatar memotong patahan lebih tua (Crow, 2005).

Perhitungan densitas kelurusan dilakukan berupa perhitungan *lineament count density* berbasis Sistem Informasi Geografis dengan *piranti lunak* ArcGIS 9.3 zona dengan densitas kelurusan 0-28.72503662 km/km² (rendah), 28.72503663-57.45007324 km/km² (sedang) dan 57.45007325-86.17510986 km/km² (tinggi) yang bertujuan untuk mengetahui pola-pola penyebaran kelurusan morfologi serta mengetahui tingkat intensitas deformasi oleh gaya tektonik pada suatu daerah. Semakin tinggi nilai intensitasnya, maka daerah tersebut diasumsikan banyak mengalami deformasi dan kemungkinan besar dekat dengan struktur geologi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan kajian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Kombinasi *azimuth* pencahayaan semu sinar matahari N0°E, N45°E, N90°E dan N315°E serta kemiringan pencahayaan sebesar 45° dengan bantuan piranti lunak ArcGIS 9.3 mampu memberikan informasi kuantitas kelurusan yang lebih banyak meskipun interpretasi dilakukan secara manual.
2. Berdasarkan diagram *rose* diperoleh arah relatif kelurusan dominan berarah barat laut-tenggara ditafsirkan sebagai manifestasi arah jurus lapisan, selain itu juga terdapat kelurusan berarah timur laut-barat daya, merupakan lipatan batuan yang meliputi Formasi Tanjung Genting dan Formasi Ranggam dan kemiringan besar antara 18°-75° serta menunjukkan intensitas tektonik besar serta terdapat kelurusan berarah utara-selatan merupakan patahan dan berada pada fase patahan paling muda serta patahan mendatar memotong patahan lebih tua.

Daftar Pustaka

- Abdullah A., Akhir J. M. and Abdullah I. (2010) *Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEMs) in The Maran-Sungi Lembing Area*. Malaysia, EJGE vol.15, pp.949-957.
- Al Fasatwi, Y A. dan van Dijk, P.M.(1990) *Lineament and Geomorphic Analysis of Remote Sensing Data as an aid To Hydrocarbon Exploration*, Sirt Basin, Libya. ITC Journal.
- Al-Saedi, Z.J. (2013) *Lineament Extraction for Assessment of Groundwater Potential / West of Iraq*. *Euphrates Journal of Agriculture Science-5*, pp.54-63.
- Barber, A.J., Crow, M.J. dan De Smet, M.E.M. (2005) *Tectonic Evolution* In: Barber, A.J., Crow, M.J., Milsom, J.S. (Eds.), *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. Geological Society Memoar, 31, pp.234-257.
- Billings M.P. (1982) *Structural Geology*. Prentice hall of India, New Delhi.
- Cobbing, E.J. (2005) *Granite*. in Barber, A.J., Crow, M.J. and Milsom, J.S. (ed.) *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. Geological Society Memoir, No. 31.
- Crow, M.J. (2005) *Pre-Tertiary Volcanic Rocks*. In Barber, A.J., Crow, M.J. and Milsom, J.S. (ed.) *Sumatra : Geology, Resources and Tectonic Evolution*. Geological Society Memoir, No. 31.
- ESRI Educational Services. (2007) *Working with ArcGIS Spatial Analyst*. Course Version 3.1, ESRI, USA.
- Hung L.Q., Batelaan O., and De Smedt F., (2005) *Lineament Extraction and Analysis, Comparison of Landsat ETM and Aster Imagery*. Case Study: Suoimuoi Tropical karst catchment, Vietnam, Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications and Geology V, Proc. of SPIE Vol. 5983 59830T-1, Manfred Ehlers, Ulrich Michel.
- Katili, J.A. (1967) *Structure And Age of The Indonesian Tin Belt With Special Reference to Bangka*. Tectonophysics-Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- Kim, Gyoo-Bum (2003) *Construction of a Lineament Density Map with ArcView and Avenue*. Korea Water Resources Corporation, South Korea.
- Kustiyo, Manalu Y. dan Pramono S. H. (2005) Analisis Ketelitian Ketinggian Data DEM SRTM, PIT MAPIN XIV. pp.95-99 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Loisios D., Tzelepis N and Nakos B. (2008) *A Methodology for Creating Analytical Hill-Shading by Combining Different Lighting Directions*. Proceedings of the 10th National Cartographic Conference, Hellenic Cartographic Society, Ioannina.
- Manap M. A., Ramli M.F., Sulaiman W. N. A. and Surip N. (2010) *Application of Remote Sensing in the Identification of the Geological Terrain Features in Cameron Highlands, Malaysia*. Sains Malaysiana, pp. 1-11.
- Margono, U., Supandjono, R.J.B. dan Partoyo, E. (1995) Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Sumatra. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Mangga, A.S. dan Djamal, B. (1994) Peta Geologi Lembar Bangka Utara dan Bangka Selatan, Sumatra. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Muhammad, M.M. and Awdal, A.H. (2012) *Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEM) in Erbil-Kurdistan, Northeast Iraq*. *Advances in Natural and Applied Sciences* 6(2), 2012, pp. 138-146.
- Soetoto (2001) *Geologi*. Diktat kuliah, Jurusan Teknik Geologi, Fak. Teknik UGM, Jogjakarta.
- Soetoto (1985) *Geologi Citra Penginderaan Jauh I*. Ranggong Studi Haasjebodni-Jooswi, Jogjakarta.
- Soetoto (1995) *Interpretasi Citra untuk Survei Geologi*. Diktat Kuliah, Puspics, Fak. Geografi dan Bakosurtanal, UGM, Jogjakarta.
- Soetikno (1977) *Interpretasi Foto Udara Geologi*. Diktat Kuliah Pusat Pendidikan Interpretasi Foto Udara Pasca Sarjana Angkatan II, Fak. Geografi UGM, Jogjakarta.
- Sukiyah, E. (2013) *Aplikasi SIG dalam Penelitian Geologi*. Lab.Geomorfologi dan Penginderaan jauh, Fak.Teknik Geologi, Universitas Padjajaran, Bandung

- Van der Pluijm B. A. and Marshak, S. (2004) *Earth Structure an Introduction to Structural Geology and Tectonic*. W. W. Norton & Company, New York-London.
- Van Zuidam, R.A. dan Van Zuidam-Cancelado, F.I. (1979) *Guide to Geomorphologic Aerial Fotographic Interpretation and Mapping*. ITC Enschede, the Netherlands.
- Van Bemmelen, R.W. (1970) *The Geology of Indonesia (second edition)*. Government Printing Office, The Hague, Netherlands.