

IDENTIFIKASI SISTEM KELURUSAN DI TAPAK BANTEN MENGUNAKAN DATA CITRA SATELIT SPOT-5

Yuliasuti¹, Heni Susiati¹, Yunus Daud², A. Sarwiyana Sastratenaya³

¹Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) BATAN
Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan 12710
Telp./Faks. (021)5204243, E-mail: yuliasuti@batan.go.id

²Magister Fisika, FMIPA-UI, Depok 16424

³Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta Selatan 12640

Masuk:

Direvisi:

Diterima:

ABSTRAK

IDENTIFIKASI SISTEM KELURUSAN DI TAPAK BANTEN MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT SPOT-5. Telah dilakukan studi identifikasi sistem kelurusan di tapak Banten menggunakan data citra satelit SPOT-5. Berdasarkan hasil survei tapak regional di Pulau Jawa, Banten merupakan salah satu calon tapak potensial. Tujuan studi untuk menentukan arah dan kronologi pembentukan kelurusan morfologi regional yang berhubungan dengan sesar atau pensesaran di calon tapak tersebut. Metodologi yang digunakan mencakup pemotongan citra satelit, pemilihan band, edge enhancement filtering, ekstraksi kelurusan dan analisis kelurusan. Hasil studi menunjukkan adanya tiga kelompok arah kelurusan regional yang cukup dominan, yaitu arah Utara-Selatan, Baratlaut-Tenggara, dan Timur-Barat. Berdasarkan kronologinya, kelompok kelurusan Utara-Selatan merupakan kelompok kelurusan yang paling tua diikuti arah Timur-Barat dan yang termuda adalah arah Baratlaut-Tenggara. Kelompok-kelompok kelurusan tersebut dapat dikonfirmasi sebagai manifestasi dari sistem sesar.

Kata kunci: Citra satelit, kelurusan, sesar, survei tapak.

ABSTRACT

LINEAMENT SYSTEMS IDENTIFICATION IN BANTEN SITE USING SPOT 5 SATELLITE IMAGE. Lineament systems identification in Banten site using SPOT 5 satellite image has been performed. Based on regional site survey in Java Island, Banten is one of the potential candidate sites. The objective of this study was to determine direction and chronology of regional lineament morphology which was consider as fault or faulting in Banten site. The methodology used in this study covered satellite image cropping, band selection, edge enhancement filtering, lineament extraction and lineament analysis. Result of the study showed that there were three dominant lineament groups, namely N-S, NW-SE, and E-W. Based on the forming chronology of the lineament, N-S group was the oldest one, followed by E-W group and NW-SE as the youngest group. These lineament groups have been confirmed as a manifestation of fault system structure.

Keywords: Faults, lineaments, site survey, satellite image.

1. PENDAHULUAN

Penentuan dan persiapan lokasi (atau sering disebut tapak) pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) menjadi salah satu infrastruktur penting yang mempengaruhi perkembangan implementasi program PLTN. Ditinjau dari aspek keselamatan khususnya aspek potensi bahaya eksternal (*external event*), terdapat 11 aspek studi yang harus dilakukan dalam rangka studi tapak potensial PLTN. Aspek tersebut adalah kegempaan, pensesaran permukaan (*surface faulting*), material bawah permukaan, kegunungapian, kondisi meteorologi ekstrim, banjir sungai (*river flooding*), banjir pantai (*coastal flooding*), bahaya geoteknik (misalnya ketidakstabilan lereng dan permukaan tapak) dan bahaya eksternal lainnya serta kejadian eksternal yang disebabkan manusia^[1].

Karakteristik geologi, kegempaan dan *engineering* dari sebuah calon tapak PLTN beserta keseluruhan lingkungannya harus diinvestigasi secara mendalam untuk dapat memberikan solusi *engineering* yang optimal berkaitan dengan dampak bahaya potensi geologi dan kegempaan dari calon tapak tersebut terhadap sistem PLTN secara keseluruhan. Investigasi tersebut salah satunya merupakan investigasi yang menyangkut identifikasi keberadaan sesar serta penentuan apakah sesar yang telah teridentifikasi tersebut merupakan sesar kapabel atau tidak. Pada dasarnya, identifikasi dan karakterisasi sesar kapabel dapat diperoleh melalui analisis komprehensif dari data citra satelit, data foto udara, data citra radar, data geologi, data publikasi sesar aktif dan/atau data geofisika.

Secara umum, dalam proses identifikasi sesar kapabel dapat dilakukan melalui tahapan yang terdiri atas analisis morfostuktural yang akan menghasilkan arah kelurusan dominan yang diduga berhubungan dengan sesar atau pensesaran, frekuensi relatif, panjang kumulatif, dan kronologi dari kelurusan-kelurusan tersebut. Kemudian hasil analisis tersebut dibandingkan dengan data geologi regional, konsep tektonik dan publikasi sesar aktif di daerah penelitian. Sementara itu, pola kelurusan regional yang berhubungan dengan sesar atau pensesaran akan dikonfirmasi oleh analisis data hasil pengukuran geofisika. Selanjutnya, data geofisika yang ada, digunakan seoptimal mungkin untuk mengetahui ekstensi lateral dari sesar yang telah teridentifikasi. Struktur sesar yang telah teridentifikasi, kemudian dianalisis untuk dapat menggambarkan status dan karakteristik sesar di daerah penelitian, khususnya terkait kapabilitas sesar tersebut.

Berdasarkan hasil survei tapak PLTN skala regional yang dilakukan BATAN pada tahun 2008 yang mencakup wilayah Pantai Utara Pulau Jawa, Jawa Barat dan Banten, didapat 4 calon tapak potensial^[2]. Dua dari calon tapak potensial yang ada berada di wilayah Provinsi Banten bagian Utara. Pada studi ini dibahas dalam kaitannya dengan keberadaan sesar di lokasi calon tapak PLTN Banten. Proses identifikasi sesar yang dilakukan hanya terbatas pada hasil analisis morfostuktural dalam ekstraksi kelurusan regional menggunakan data citra satelit SPOT-5 dan membandingkan hasil analisis tersebut dengan literatur geologi daerah penelitian. Studi ini bertujuan untuk menentukan arah dan kerapatan kelurusan morfologi regional berdasarkan analisis data citra satelit SPOT-5 guna memperoleh kronologi pembentukan kelurusan. Hasil studi diharapkan dapat menjadi informasi awal dalam tahapan identifikasi sesar selanjutnya yang lebih mendetail. Daerah yang akan dikaji dalam studi ini terletak dalam wilayah Provinsi Banten bagian Utara yang mencakup Kota Cilegon (Kecamatan Pulo Merak, Kecamatan Ciwadan, Kecamatan Cilegon dan Kecamatan Cibeber) dan Kabupaten Serang (Kecamatan Pulo Ampel dan Kecamatan Bojonegara).

2. METODOLOGI

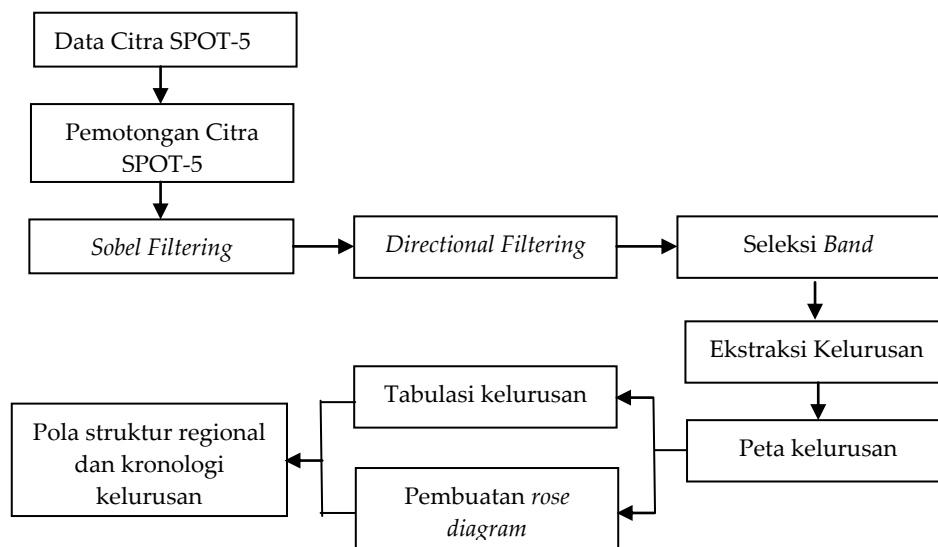
Pada dasarnya ekstraksi kelurusan dapat dilakukan menggunakan media citra satelit dan foto udara. Citra satelit didapatkan dari variasi interval panjang gelombang dari

spektrum elektromagnetik sehingga menjadi alat yang lebih baik dalam membedakan kelurusan dan menghasilkan informasi yang lebih baik dibandingkan foto udara^[3].

Pengolahan data citra satelit terdiri atas dua tahap utama yaitu tahap pengolahan awal (*pre-processing*) dan pengolahan (*processing*) data. Tahapan *pre-processing* mencakup proses pemotongan (*cropping*) sesuai dengan lokasi yang akan diamati, digitasi peta topografi, koreksi geometri dan koreksi atmosferik^[3].

Sedangkan tahap *processing* citra satelit mencakup penajaman citra serta ekstraksi informasi^[3]. Penajaman citra dilakukan untuk memberikan pengaruh gambaran visual yang dapat membantu memberikan informasi bagi interpreter. Untuk dapat melakukan ekstraksi kelurusan secara manual, Gulcan Sarp (2005)^[4] menggunakan berbagai metode yaitu metode *Edge Enhancement Filtering*, *Principal Component Analysis (PCA)*, *Spectral Rationing*, dan *Color Composite*. Namun demikian, beberapa publikasi ilmiah lebih memilih metode *Edge Enhancement Filtering* dalam ekstraksi kelurusan, diantaranya Süzen dan Toprak (1998)^[4], Mah et al.^[4] dan Chang et al.^[4]. Dalam studi ini dipilih metode *Edge Enhancement Filtering* untuk mengekstraksi kelurusan secara manual.

Kelurusan adalah sebuah pola atau “gambar” dalam representasi faktual (foto, peta, model) baik dari permukaan bumi ataupun bawah permukaan bumi dan “gambar” tersebut harus linier (lurus), kontinyu, terekspresikan secara layak (mempunyai titik akhir yang jelas, lebar tertentu dan azimuth) serta dapat dihubungkan dengan fitur-fitur bumi^[5]. Definisi kelurusan yang digunakan pada studi ini menggunakan definisi kelurusan yang dinyatakan oleh Sarp (2005), bahwa kelurusan dapat didefinisikan sebagai fitur permukaan linear yang dapat dipetakan dan dapat dibedakan dari pola-pola fitur yang berdekatan ataupun refleksi dari fenomena bawah permukaan bumi^[4].



Gambar 1. Alur Kerja Analisis Morfostruktural.

Secara umum, tahapan analisis kelurusan menggunakan data citra satelit dalam penelitian ini seperti diperlihatkan Gambar 1. Data citra SPOT yang digunakan dalam penelitian ini berupa *file* digital dengan ekstensi “.tif” dan terdiri atas empat *band* dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Tabel 1 memperlihatkan spesifikasi data citra SPOT 5 yang digunakan dalam penelitian ini.

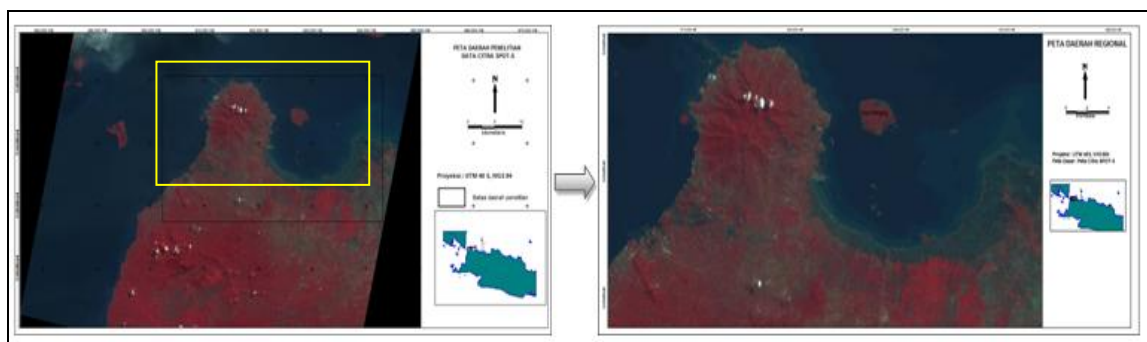
Sebelum proses pengolahan lebih lanjut, dilakukan pemotongan data citra satelit menggunakan bantuan perangkat lunak Global Mapper v9.00. Pemotongan dilakukan

sesuai dengan luasan daerah penelitian yang telah ditentukan. Gambar 2 menunjukkan data citra SPOT-5 sebelum dan setelah dilakukan pemotongan.

Tabel 1. Spesifikasi Data Citra SPOT-5

Parameter	Keterangan			
Instrumen	HRG 2			
Tanggal akuisisi	07 Juli 2009, 03:20:59.9			
Level <i>pre-processing</i>	2A			
Jumlah <i>band</i> spektral	4			
Indikator <i>band</i> spektral	HI1	HI2	HI3	HI4
<i>Gain Number</i>	5	5	5	5
<i>Absolute calibration gains</i>	1.165214	1.604570	1.706650	10.623810
Sudut orientasi	12.4305555 derajat			
Sudut datang	L12.819918 derajat			
Sudut matahari	Azimut:39.310686 derajat		Elevasi: 52.335557 derajat	
Jumlah <i>lines</i>	7228			
Jumlah piksel per <i>line</i>	7444			
Proyeksi	UTM 48 S			
Spheroid	WGS84			
<i>Spectral bands</i>	B1 (green) ; B2 (red 610-680 nm) ; B3 (near infrared 780-890 nm) ; B4 (SWIR : short-wave infrared 1,580-1,750 nm)			

Selanjutnya adalah seleksi atau pemilihan *band* yang dianggap memiliki tingkat ketajaman yang paling baik diantara *band* lainnya. Citra SPOT-5 memiliki 4 spektral *band* dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Untuk mencapai hasil yang optimal, pemilihan *band* dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ENVI 4.5. Gambar 3 menunjukkan perbandingan Band-1, 2, 3 & 4 setelah melalui proses Filter Sobel dan *Directional*. *Band* yang terpilih kemudian difilter menggunakan filter Sobel dan filter berarah 0° dan 90°. Kedua filter tersebut merupakan filter *Edge Enhancement*.

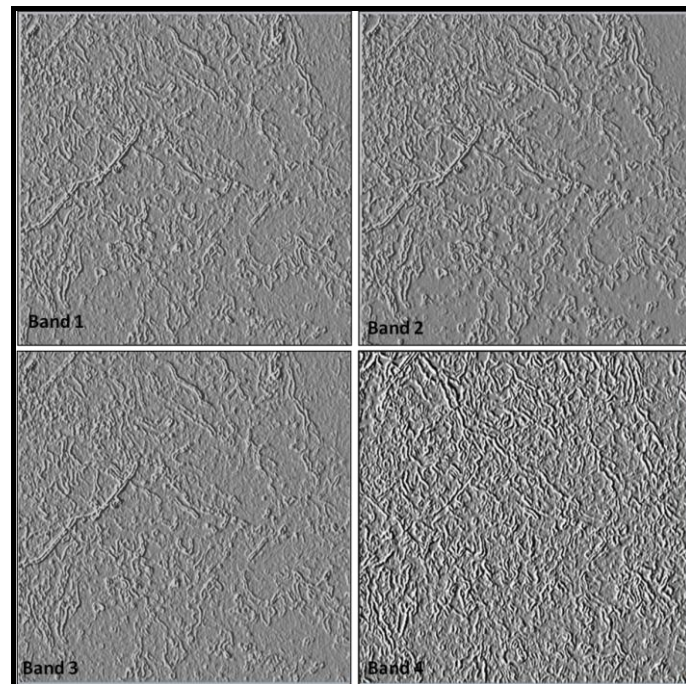


Gambar 2. Pemotongan Citra SPOT-5, sebelum (kiri) dan sesudah (kanan).

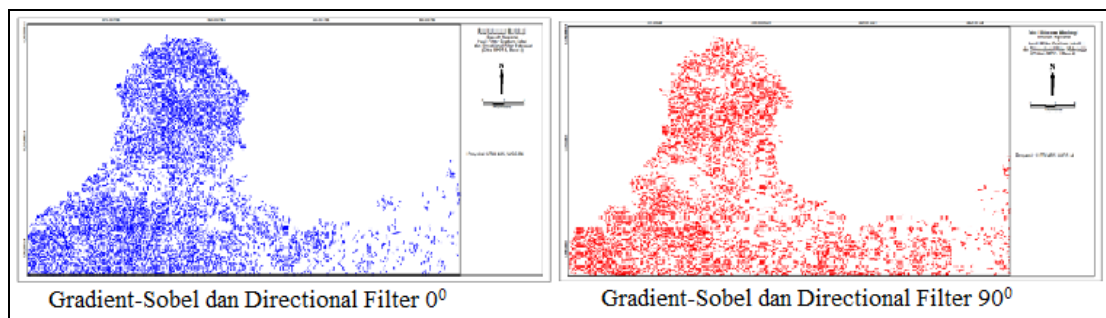
Tahapan berikutnya adalah ekstraksi kelurusan pada citra yang telah diolah. Ekstraksi kelurusan dilakukan secara manual dengan bantuan perangkat lunak MapInfo seperti terlihat pada Gambar 4. Informasi setiap kelurusan yang ditarik, terekam dalam bentuk tabulasi panjang dan arah kelurusan. Data panjang dan arah setiap kelurusan kemudian diolah secara statistik menggunakan Formula Sastratenaya (1991)^[6] untuk dapat dianalisis arah dominan struktur secara regional dan kronologi kelurusannya. Hasil dari ekstraksi kelurusan tersaji dalam bentuk tabel dan *rose diagram*. Analisis kelurusan morfologi dilakukan menggunakan metode dan formula Sastratenaya (1991) yang dirumuskan menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{\text{Panjang Kumulatif (\%)}}{\text{Frekuensi Relatif (\%)}} = \frac{PK}{FR}$$

Untuk suatu kelas arah dari sistem kelurusan jika $Q < 1$ maka mencerminkan sistem kelurusan “relatif tua” dan jika $Q > 1$ maka mencerminkan sistem kelurusan “relatif muda”^[6].



Gambar 3. Perbandingan Band-1,2,3 & 4 Setelah Melalui Proses Filter Sobel dan Directional Filter.



Gambar 4. Peta Kelurusan Morfologi.

Arah-arrah kelurusan dominan ditentukan berdasarkan pada jumlah presentase Panjang Kumulatif (PK) dan Frekuensi Relatif (FR), semakin besar semakin dominan; dengan harga PK dan FR sebaiknya di atas harga tengah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa kelurusan tidak dapat langsung dideteksi dari data mentah citra SPOT-5. Diperlukan berbagai tahapan pengolahan untuk dapat mendeteksi secara optimal keberadaan kelurusan-kelurusan tersebut. Hasil ekstraksi kelurusan dari citra SPOT-5 yang telah diolah, diperlihatkan pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Berdasarkan hasil ekstraksi tersebut, ditinjau dari dominasinya secara regional terdapat tiga kelompok arah kelurusan dominan yaitu Kelompok 1 kelurusan 170⁰-30⁰ (relatif berarah Utara-Selatan), Kelompok 2: kelurusan 140⁰-170⁰ (relatif berarah Barat laut-Tenggara), dan Kelompok 3 kelurusan 80⁰-100⁰ (relatif berarah Timur-Barat).

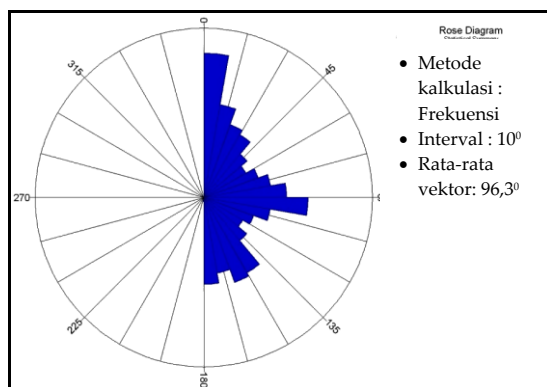
Tabel 2. Tabulasi Kelurusan Morfologi

Arah (.....°) 1	Frekuensi Relatif (FR)		Panjang Kumulatif (Pk)		Kelurusan Dominan (%) 6	Pk / Fr (Q) 7	Interpretasi Kronologi 8
	S	%	S	%			
	2	3	4	5			
0 - 10	1715	10.5 6 #	244228.379	6.61 #	15.8 2 * *****	<1 0.63	3
10 - 20	1106	6.81 #	177749.849	4.81	6.28 *****	<1 0.71	7
20 - 30	937	5.77 #	133754.27	3.62	5.32 **	<1 0.63	3
30 - 40	830	5.11	113472.176	3.07		<1 0.60	1
40 - 50	668	4.11	93141.214	2.52		<1 0.61	2
50 - 60	582	3.58	93065.789	2.52		<1 0.70	6
60 - 70	685	4.22	121335.5	3.28		<1 0.78	9
70 - 80	805	4.96	140789.214	3.81		<1 0.77	8
80 - 90	1254	7.72 #	210833.842	5.71 #	12.3 8 *****	<1 0.74	8
90 - 100	962	5.92 #	175276.826	4.75	5.46 ***	<1 0.80	11
100 - 110	803	4.94	143438.623	3.88		<1 0.79	10
110 - 120	622	3.83	120092.826	3.25		<1 0.85	12
120 - 130	538	3.31	91737.887	2.48		<1 0.75	9
130 - 140	662	4.08	102675.165	2.78		<1 0.68	4
140 - 150	1033	6.36 #	1268256.89 3	34.3 3 #	37.5 0 ***** **	>1 5.40	13
150 - 160	1076	6.63 #	151512.707	4.10	6.11 *****	<1 0.62	2
160 - 170	912	5.62 #	143346.503	3.88	5.18 *	<1 0.69	5
170 - 180	1051	6.47 #	169095.142	4.58	5.96 ****	<1 0.71	7
Total	16241	100	3693802.81	100	100		

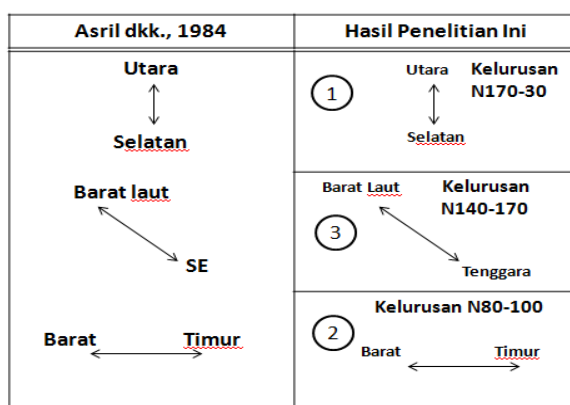
Keterangan:

- * : Arah dominan kelurusan
- # : Lebih besar dari nilai rata-rata
- >1 : Lebih besar dari 1
- <1 : Lebih kecil dari 1

Ditinjau dari sejarah geologinya, Martodjojo (1975)^[7] membagi Jawa Barat menjadi 4 bagian mulai dari barat laut ke tenggara, yaitu Blok Banten, Blok Jakarta-Cirebon, Blok Sukabumi-Cilacap dan Blok Pegunungan Selatan. Menurut Asril dkk. (1984)^[7], struktur geologi yang berkembang di daerah Blok Banten pada umumnya berorientasi arah barat-timur, tetapi arah utama berarah barat laut-tenggara yang makin ke arah utara berubah sebagian menjadi arah utara-selatan. Berdasarkan literatur tersebut, artinya di daerah penelitian terdapat tiga kelompok utama arah sesar yaitu arah barat-timur, barat laut-tenggara dan utara-selatan.



Gambar 5. Rose Diagram Frekuensi Relatif Kelurusan Morfologi.



Ket: urutan ① ② dan ③ menuniukkan urutan kronologi yang relatif semakin muda

Gambar 6. Kronologi Kelurusan Dominan Hasil Penelitian Dibandingkan dengan Arah Struktur Dominan Berdasarkan Literatur.

Kelompok-kelompok utama arah sesar yang dikemukakan di dalam literatur, sejalan dengan hasil ekstraksi kelompok kelurusan yang ada di daerah penelitian. Berdasarkan informasi tersebut maka kelompok-kelompok kelurusan tersebut dapat dikonfirmasi sebagai manifestasi dari sistem struktur sesar seperti diperlihatkan pada Gambar 6.

Kelompok arah kelurusan tersebut masing-masing diduga sebagai famili frakturasi. Famili frakturasi didefinisikan sebagai suatu sub-sistem dari frakturasi yang terbentuk akibat suatu gaya tektonik. Suatu sistem dicirikan oleh adanya sumbu potong antar bidang yang terbentuk berorientasi relatif sama yang sekaligus sumbu tersebut mencerminkan orientasi sigma 2 (sumbu *intermediate*).

Kelompok Kelurusan 1 merupakan kelompok kelurusan paling tua. Berdasarkan literatur geologi setempat, kelompok arah kelurusan ini diisi oleh sesar-sesar normal. Sesar normal umumnya memiliki variasi arah yang relatif sempit. Namun, berdasarkan hasil tabulasi, terdapat variasi arah sebesar 30°. Hal ini dapat diartikan bahwa kelompok kelurusan pertama merupakan sesar normal yang memanfaatkan bidang sesar mendatar. Kesimpulan tersebut didukung dengan data hasil observasi geologi langsung untuk survei tapak di banten tahap penapisan II tahun 2010^[8]. Berdasarkan data tersebut pada salah satu lokasi pengamatan, ditemui adanya *outcrop* yang menunjukkan adanya sesar mendatar dekstral yang dipotong oleh sesar normal.

Kelurusan kelompok 2 relatif lebih dominan bila dibandingkan dengan dua kelompok arah kelurusan lainnya. Namun demikian berdasarkan interpretasi kronologi, kelompok kelurusan 2 merupakan kelompok kelurusan yang relatif paling muda. Ditinjau dari variasi

arah sebesar 30° dalam kelompok kelurusan ini, dapat diinterpretasi bahwa kelompok kelurusan 2 diisi oleh sesar-sesar mendatar.

Kelompok arah kelurusan 3 relatif kurang dominan bila dibandingkan dengan kelurusan dari kedua kelompok yang lain. Bila ditinjau dari variasi arahnya yang hanya 10° - 20° maka diperkirakan bahwa kelurusan ini:

- a. Merupakan manifestasi dari suatu sistem frakturasi produk suatu gaya dengan sumbu *intermediate* (s_2) horisontal.
- b. Karena kelurusan tersebut teramati dari citra satelit, artinya bidang-bidangnya berkemiringan kuat sampai vertikal.

Kedua karakteristik tersebut merupakan pencerminan dari suatu sistem struktur sesar normal.

4. KESIMPULAN

Survei tapak PLTN skala regional yang dilakukan BATAN tahun 2008 diantaranya menggunakan citra SPOT-5 dalam mengidentifikasi kelurusan-kelurusan yang mungkin ada di daerah survei. Berdasarkan analisis morfostruktural menggunakan citra SPOT-5 tersebut, didapat bahwa di daerah penelitian, berkembang tiga kelompok arah kelurusan regional yang cukup dominan, sebagai berikut:

- a. Kelurusan 170° - 30° yang relatif berarah Utara-Selatan.
- b. Kelurusan 140° - 170° yang relatif berarah Baratlaut-Tenggara.
- c. Kelurusan 80° - 100° yang relatif berarah Timur-Barat.

Berdasarkan variasi arah dari masing-masing kelurusan dan komparasi dengan struktur sesar regional yang berkembang di daerah penelitian, maka kelompok-kelompok kelurusan tersebut dapat dikonfirmasi sebagai manifestasi dari sistem struktur sesar. Menggunakan metode dan formula Sastratenaya, maka sistem struktur sesar regional tidak hanya dapat diidentifikasi namun juga dapat ditentukan kronologi pembentukannya. Informasi kronologi pembentukan bermanfaat sebagai informasi awal dalam penentuan sesar kapabel untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. IAEA, "Safety Requirement: Site Evaluation for Nuclear Installation", Safety Standards Series, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003.
- [2]. BATAN, "Site Survey at Western Part of Java Island in the Stage of Regional Analysis", Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta, 2008.
- [3]. _____, Diktat Kuliah Remote Sensing, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2006.
- [4]. SARP, GULCAN, "Lineament Analysis From Satellite Images, North West of Ankara", Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara, 2005.
- [5]. CARAN, S., CHRISTOPHER ET AL., "Lineament Analysis and Inference of Geologic Structure – Examples from Balcones/Ouachita Trend of Texas", Transactions of Gulf Coast Association of Geological Societies Vol. XXXI, Texas, 1982.
- [6]. SASTRATENAYA, A S., "Deformation et Mobilite du Megaprisme Tectonique de Pinoh Savan Kalimantan Indonesie", Thesis Doct Univ. Louis Pasteur Strasbourg I, France, 1991.
- [7]. HENDARMAWAN, DKK., "Karakter Air Tanah Semburan Lumpur Dari Pemboran di Kampung Astana Agung, Desa Walikukun, Kecamatan Careng, Kabupaten Serang, Banten", Buletin Geologi Tata Lingkungan Vol. 19 No. 3., Bandung, 2009.
- [8]. LAPI GANESHATAMA CONSULTING, "Laporan Akhir Aspek Seismotektonik Survei Tapak di Banten Tahap Penapisan II", Bandung, 2010.