

TINJAUAN GEOLOGI KELAUTAN PERAIRAN SEMENANJUNG MURIA TERHADAP RENCANA TAPAK KONSTRUKSI PLTN

Oleh:

Ediar Usman dan I Wayan Luga

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung-40174.

SARI

Semenanjung Muria terletak di pantai utara Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Daerah ini akan dikembangkan menjadi daerah tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Secara geologi, di daerah ini berkembang berbagai fenomena geologi seperti struktur sesar, gunungapi dan kegempaan.

Berdasarkan hasil interpretasi rekaman seismik pantul di perairan Semenanjung Muria menunjukkan adanya struktur sesar pada penampang Lintasan L-1 dan L-3. Struktur sesar tersebut terbentuk pada Sekuen B dan di bawah Sekuen A.

Adanya struktur sesar di laut tersebut perlu mendapat perhatian dalam perencanaan tapak konstruksi PLTN Muria, sehingga aspek yang dapat membahayakan konstruksi dapat diperhitungkan sebelumnya terhadap perencanaan kekuatan dan stabilitas konstruksi.

Kata kunci : sesar, seismik pantul, perencanaan konstruksi, Semenanjung Muria.

ABSTRACT

Muria Peninsula is located at the north coast of Jepara District, Central Java Province. This area will be developed for the foundation of Nuclear Energy Electric Powers Station. Geologically, the study area has some geological phenomena such as fault structures, earthquakes and volcanisms.

Based on seismic interpretation the Muria Peninsula waters shows the occurrence of faults on L-1 and L-3. The fault structure formed at Sequence B and under Sequence A as a Quaternary sediment.

These faults are seemly the continuation of faults present on land. Therefore, the construction of Muria station should be considered regarding the occurrence of these faults especially in the planning of stability and strength of foundation.

Keyword : faults, reflection seismic, planning of construction, Muria Peninsula.

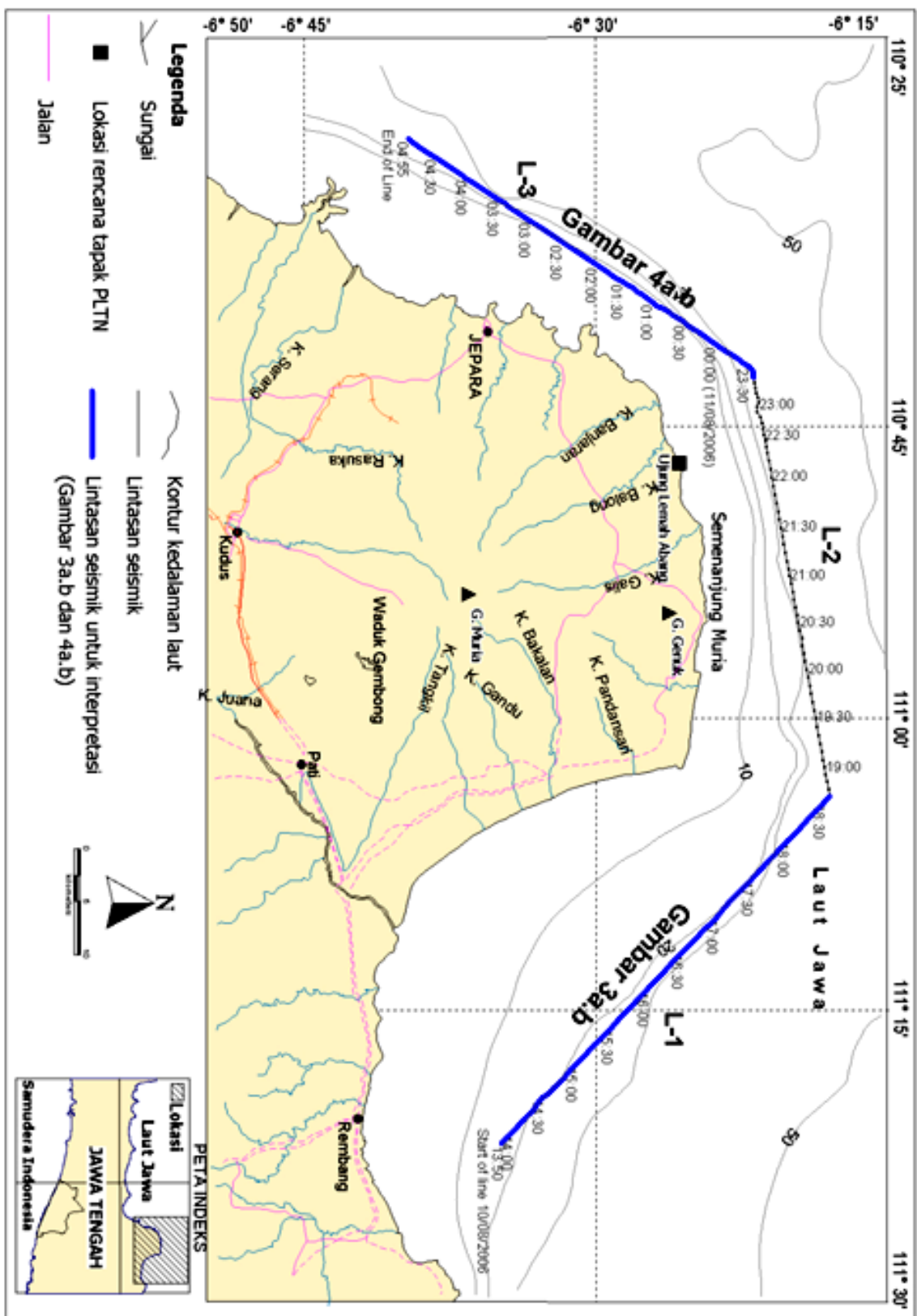
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Lokasi penelitian mencakup kawasan pantai dan perairan dangkal, terletak pada koordinat antara 110°25'00" – 111°30'00" BT dan 06°15'00" – 06°50'00" LS (Gambar 1).

Secara fisiografis daerah penelitian termasuk bagian dari paparan Pantai Utara Jawa Tengah (Pantura), dan secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah.

Pantai utara Jepara merupakan daerah yang dipilih oleh Pemerintah Pusat melalui Badan Tenaga Nuklir Nasional (Batan) menjadi lokasi tapak Pembangunan Pembangkit Tenaga Nuklir Muria (PLTN Muria). Pantai utara Jepara yang menjorok ke laut disebut juga Semenanjung Muria, karena letaknya membentuk tanjung di sisi bagian utara kaki Gunung Muria. Pada mulanya diusulkan tiga lokasi di Semenanjung Muria, yaitu: Ujung Lemah Abang, Ujung Grenggengan dan Ujung Watu (Batan, 2006).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan lintasan seismik pada survei pendahuluan perairan Semenanjung Muria, Jepara.

Dari ketiga lokasi tersebut, telah dipilih Ujung Lemah Abang sebagai lokasi tapak PLTN Muria.

Salah satu persyaratan teknis yang ditetapkan oleh *International Atomic Energy Agency (IAEA)* adalah identifikasi terhadap sesar berpotensi aktif (*capable fault*) pada radius 25 km dari lokasi tapak, dan rekomendasi keberadaan sesar di sekitar lokasi tapak ke arah laut melalui studi seismik pantul (*Shallow Reflection Seismic*)– (Batan, 2006).

Berdasarkan kondisi geologi dari peneliti terdahulu di wilayah daratan Semenanjung Muria berkembang struktur sesar geser mengiri dengan sesar utama adalah Sesar Regional Tayu berarah relatif baratdaya – timurlaut serta Sesar Jepara dan Sesar Bangsri berarah baratlaut – tenggara (Hutubessy, 2003).

Kedua kelompok sesar regional tersebut berkembang memotong Formasi Patiayam (berumur Pliosen) di bagian atas yang tersingkap di sekitar kaki G. Muria hingga ke batuan dasar, sehingga merupakan media keluarnya magma ke permukaan bumi membentuk gunungapi Kuartar, seperti G. Muria dan G. Genuk. Kekhawatiran yang muncul adalah aktifitas tektonik regional yang dapat memicu terbentuknya gunungapi yang lebih muda, peningkatan aktifitas G. Muria dan G. Genuk serta teraktifkan kembali sesar-sesar regional dan lokal yang pada akhirnya membahayakan konstruksi tapak.

Disamping itu, kontinuitas sesar regional tersebut diperkirakan menerus hingga ke lepas pantai (*offshore structure*). Untuk itu, pada penelitian ini perlu dilakukan identifikasi struktur sesar di lepas pantai berdasarkan interpretasi rekaman seismik pantul hingga radius 25 km dari tapak konstruksi. Dari penelitian ini diharapkan adanya perhatian semua pihak dalam perencanaan dan ketahanan konstruksi bagi keselamatan masyarakat sekitarnya.

Geologi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan peta fisiografi regional Jawa Tengah dan Jawa Timur yang disusun berdasarkan perbedaan elemen tektonik yang diproses dari Citra Satelit (Sidarto dkk., 1999), daerah penelitian termasuk dalam Zona Palung Pati (Gambar 2).

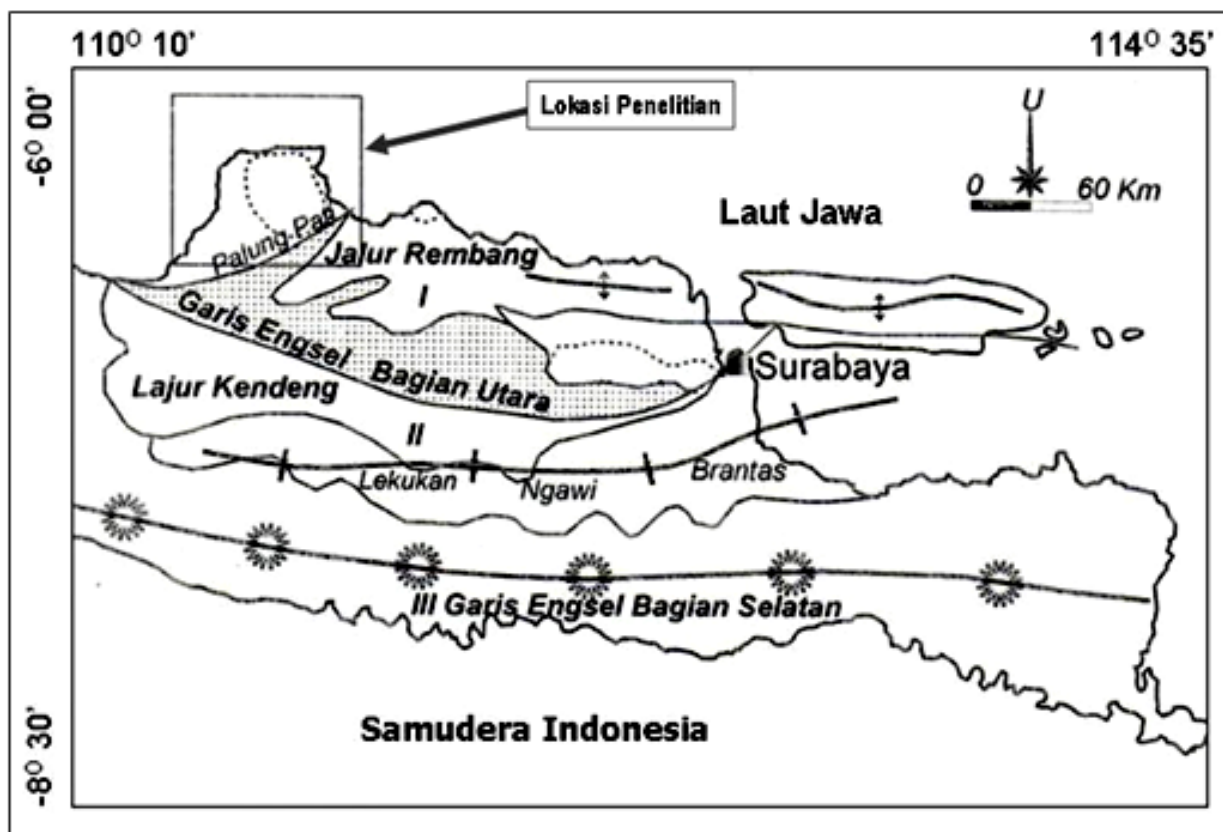
Berkembangnya sedimentasi yang tebal di bagian utara Semenanjung Muria disebabkan

oleh proses penurunan dasar cekungan yang terdapat di bagian utara Jawa Tengah dan Jawa Timur yang dikontrol oleh sistem sesar normal dan graben. Cekungan Pati dan Jawa Timur Bagian Utara dialasi oleh batuan beku dan batuan malihan berumur Pra-Tersier yang merupakan bagian dari *Sunda Craton* dari Lempeng Benua Eurasia yang posisinya relatif stabil (Asikin, 1974).

Secara regional, proses tektonik di Jawa dipengaruhi secara langsung oleh proses penunjaman antara Lempeng Indo-Australia di selatan yang bergerak ke utara dan Lempeng Eurasia di utara yang relatif stabil. Proses ini memicu berkembangnya sesar-sesar normal berarah NE - SW dan pusat-pusat gempa yang bersifat dangkal, menengah dan dalam (Hamilton, 1979). Tekanan kompresif dari arah selatan Jawa yang terjadi terus-menerus menyebabkan sebagian Jawa membentuk blok yang terangkat yang disertai terbentuknya sesar-sesar lokal yang lebih kecil dan sesar-sesar tua menjadi aktif kembali (*reactivated*) – (Simandjuntak, 1995). Kondisi ini merupakan fenomena baru berkembangnya sesar-sesar lokal yang lebih kecil yang dapat saja diikuti oleh gempa-gempa dangkal dan pembentukan gunungapi muda.

Batuan sedimen yang mengisi Zona Palung Pati berumur Eosen sampai Plistosen dengan ketebalan mencapai 5000 meter. Batuan sedimen tertua yang tersingkap di sekitar G. Muria adalah Formasi Ngrayong berumur Miosen Tengah, secara selaras ditindih oleh Formasi Bulu berumur Miosen Tengah bagian akhir dan ditindih tak selaras oleh Formasi Patiayam yang berumur Pliosen. Batuan termuda berumur Plistosen adalah batuan gunungapi G. Genuk dan G. Muria (Suwarta dan Wikarno, 1992).

Zona Palung Pati merupakan daerah rendahan sebagai pembatas antara lajur gunungapi Kuartar Jawa yang terletak nisbi di bagian tengah P. Jawa. Memanjang dengan jurus barat – timur, dengan kelompok gunungapi G. Muria yang juga berumur Kuartar dan muncul di daerah lereng bagian utara Busur Vulkanik (*Volcanic Arc*) P. Jawa yang lazim didominasi oleh batuan sedimen Pra-Tersier sebagai alas dari sedimen yang lebih muda di bagian atas (Sidarto dkk., 1999).



Gambar 2. Peta fisiografi Jawa Tengah - Jawa Timur berdasarkan elemen tektonik yang diproses dari citra satelit (Sidarto dkk., 1999)

Hasil penafsiran struktur sesar bawah permukaan menunjukkan adanya celah-celah yang menembus batuan dasar, sehingga memungkinkan magma menembus hingga ke permukaan bumi membentuk gunungapi G. Muria dan G. Genuk. Hasil analisis Citra Satelit (Batan, 2006) memperlihatkan morfologi G. Genuk memiliki bentuk dan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan G. Muria.

Sesar yang paling berpengaruh dalam pembentukan sesar-sesar yang lebih kecil dan pembentukan gunungapi adalah Sesar Regional Tayu yang berumur Pliosen Tengah - Akhir. Sesar Tayu merupakan sesar mendatar mengiri dengan bidang sesar miring ke utara dan berarah baratdaya - timurlaut menerus hingga ke pantai Tayu. Proses terbentuknya Sesar Regional Tayu adalah akibat aktifitas tektonik di bagian selatan P. Jawa yang dominan dari arah selatan ke utara (Hutubessy, 2003). Aktifitas Sesar Regional Tayu menyebabkan penurunan blok bagian tenggara relatif terhadap blok bagian baratlaut. Proses ini diikuti munculnya sesar-sesar lainnya

di bagian utara sekitar kawasan pantai Ujung Lemah Abang dan menunjukkan arah yang sama.

Munculnya sesar-sesar yang lebih kecil dan gunungapi yang lebih muda tersebut dapat diduga bahwa Sesar Regional Tayu telah mengalami serangkaian pengaktifan kembali (*reactivated*) dalam beberapa fase tektonik selama Plio-Plistosen. Proses ini mendorong terbentuk sesar-sesar yang lebih kecil (Hutubessy, 2003). Salah satu bukti teraktifkannya sesar-sesar yang lebih kecil adalah munculnya fenomena gempa dangkal di Semenanjung Muria (Simandjuntak, 1994). Beberapa gempa dengan episenter dangkal terdapat di utara Pati, barat Semarang dan utara Karimunjawa pada kedalaman antara 31 - 60 km dari permukaan bumi (Kertapati, 2006). Proses ini memungkinkan terbentuknya sesar-sesar dan celah-celah baru yang lebih muda dan memungkinkan magma dapat mengalir ke permukaan bumi membentuk gunungapi yang lebih muda.

METODA PENELITIAN

Untuk mendapatkan data mengenai kedudukan lapisan sedimen, keterdapatan dan arah penyebaran struktur sesar di daerah penelitian, dipergunakan data seismik pantul (*reflection seismic*) dan hasil penelitian terdahulu (Lubis dan Rachmat, 1996; Hutubessy, 2003).

Data seismik direkam menggunakan *airgun* 60 inc³, *scan rate* 1 detik, picu ledakan 5 detik dan sapuan (*sweep rate*) setiap 0,25 detik dengan frekuensi antara 60 – 1000 Hz.

Penafsiran data seismik pantul menggunakan prinsip-prinsip Seismik Stratigrafi, yaitu pengenalan terhadap ciri-ciri reflektor yang mengacu pada Sangree & Wiedmeyer (1979) dan Sherif (1980). Berdasarkan pengenalan terhadap ciri-ciri reflektor dapat diketahui ciri-ciri dan keterdapatan struktur sesar pada penampang seismik di daerah penelitian.

Untuk mengenali struktur sesar dapat dilihat dari ketidakmenerusan ataupun pergeseran perlapisan berupa naik dan turunnya bidang perlapisan secara mendadak yang dipisahkan oleh suatu garis tegak pada reflektor seismik yang ditafsirkan sebagai bidang sesar (Priyono, 2000).

HASIL PENELITIAN

Interpretasi Struktur Sesar

Hasil interpretasi pada tiga lintasan seismik (L-1, L-2 dan L-3) pada survei pendahuluan ini telah dapat mengidentifikasi adanya indikasi struktur sesar yang terdapat di laut dan pengaruhnya terhadap penurunan perlapisan. Berdasarkan ciri-ciri konfigurasi reflektor seismik di daerah penelitian, terdapat dua sekuen sedimen, yaitu: Sekuen A di bagian atas dan Sekuen B di bagian bawah. Struktur sesar berkembang pada Sekuen B yang merupakan sedimen paling bawah. Struktur sesar tersebut terlihat pada Sekuen B yang dipisahkan oleh bidang erosi (*erosional truncation*) dengan bagian atas (Sekuen A).

Hasil interpretasi pada lintasan L-1 (Gambar 3 a dan b) di perairan sebelah utara Tayu menunjukkan beberapa struktur sesar membentuk lembah (*channels*) dan punggung dengan bentuk melengkung. Selanjutnya, hasil interpretasi pada lintasan L-3 (Gambar 4 a dan b) di perairan sebelah utara Jepara menunjukkan

penebalan sedimen (*progradation*) ke arah baratdaya dan beberapa struktur sesar dengan arah dan kemiringan bidang sesar yang sama. Pada Lintasan L-3 ini, Sekuen A sebagai sedimen bagian permukaan lebih tebal dibandingkan dengan Sekuen A pada L-1.

Sekuen B pada L-3 makin menebal ke arah baratdaya disebabkan pasokan sedimen dari darat ke arah laut cukup besar, sehingga memberi tekanan dan beban. Akibatnya, pola perlapisan pada Sekuen B tidak lagi membentuk lapisan horizontal, sebagaimana pada L-1, tetapi cenderung turun dan membentuk lapisan yang tebal dan relatif miring ke arah baratdaya.

Pada Sekuen B bagian baratdaya cenderung lebih turun dibandingkan dengan bagian timurlaut, sehingga membentuk lapisan yang miring dan di beberapa bagian tersesarkan. Bila dibandingkan dengan litologi di darat, maka dapat diperkirakan bahwa Sekuen B telah mengalami deformasi dan mempunyai kedudukan yang sama dengan Formasi Patiayam yang berumur Pliosen – Plistosen (Suwarta dan Wikarno, 1992).

Keterdapatan Struktur Sesar Hasil Penelitian

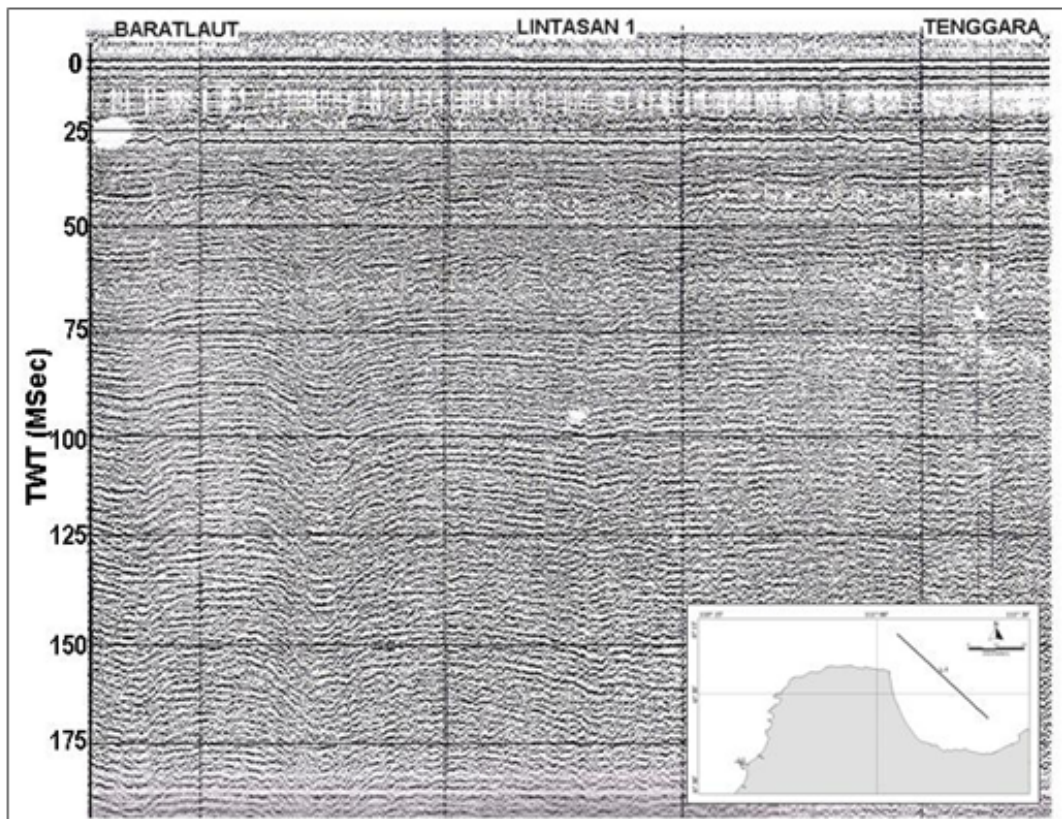
Setelah melakukan seluruh interpretasi pada rekaman seismik L-1, L-2 dan L-3, diperoleh lokasi keterdapatan struktur sesar di perairan Semenanjung Muria. Di bagian timur daerah penelitian (L-1), struktur sesar yang terbentuk umumnya membentuk bidang sesar yang saling berhadapan dan dipisahkan oleh lembah atau punggung. Sedangkan di bagian barat (L-3) umumnya membentuk bidang sesar yang searah (Gambar 5).

DISKUSI

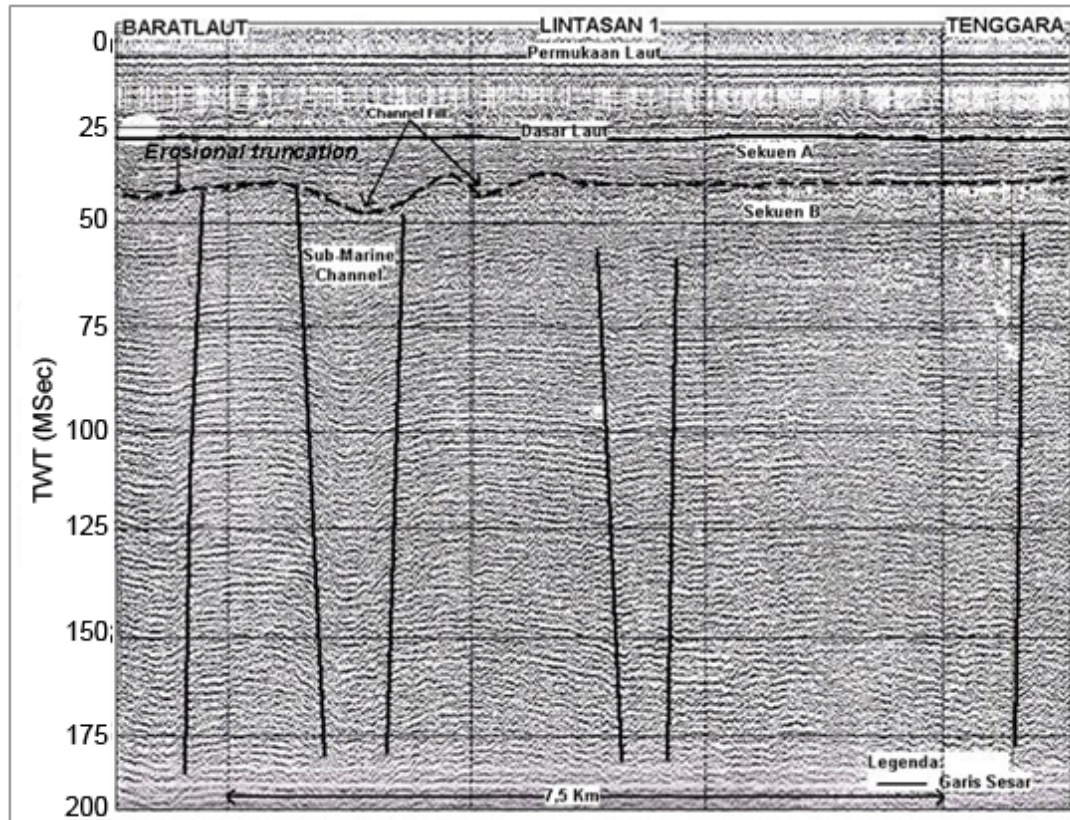
Guna memperoleh gambaran yang jelas tentang hubungan keterdapatan struktur sesar hasil penelitian ini dan arah penyebarannya, maka perlu tinjauan terhadap struktur sesar regional berbagai hasil penelitian terdahulu.

Penyebaran struktur sesar di daerah penelitian tersebut diperoleh dari hasil penelitian terdahulu (Lubis dan Rachmat, 1996; Hutubessy, 2003). Arah penyebarannya adalah baratdaya – timurlaut dan baratlaut – tenggara (Gambar 6).

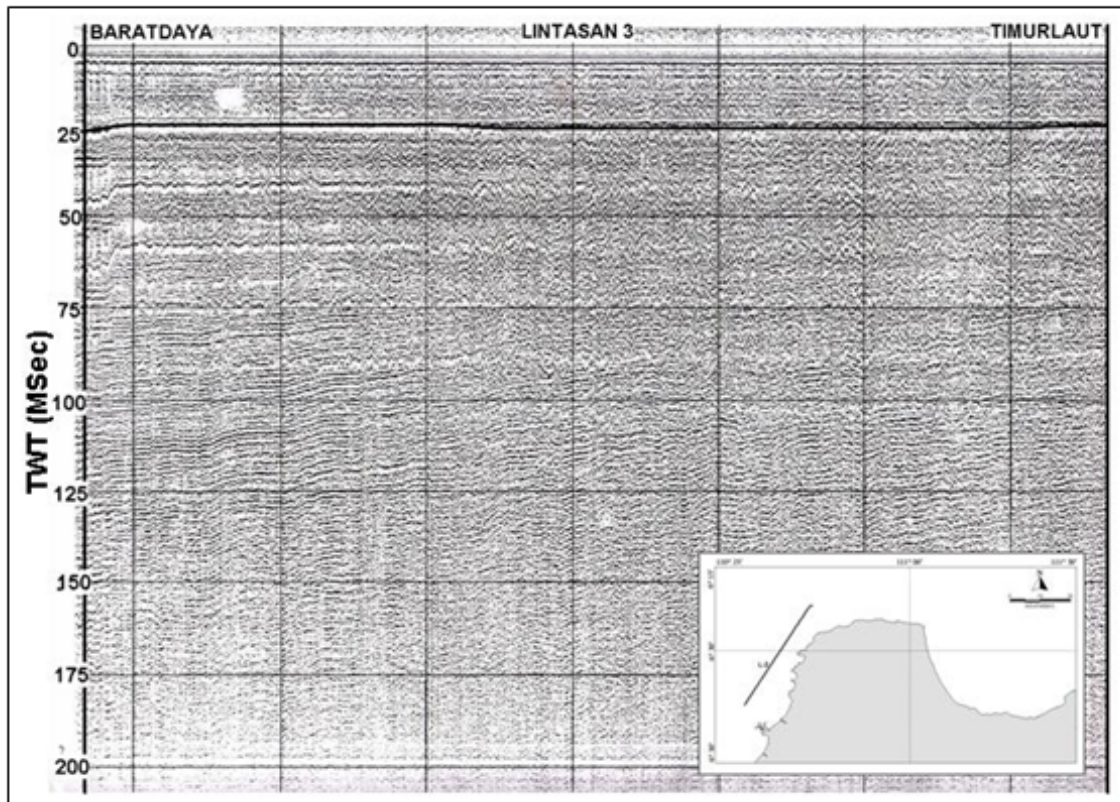
Berdasarkan tinjauan terhadap struktur sesar regional yang berkembang, maka pola arah



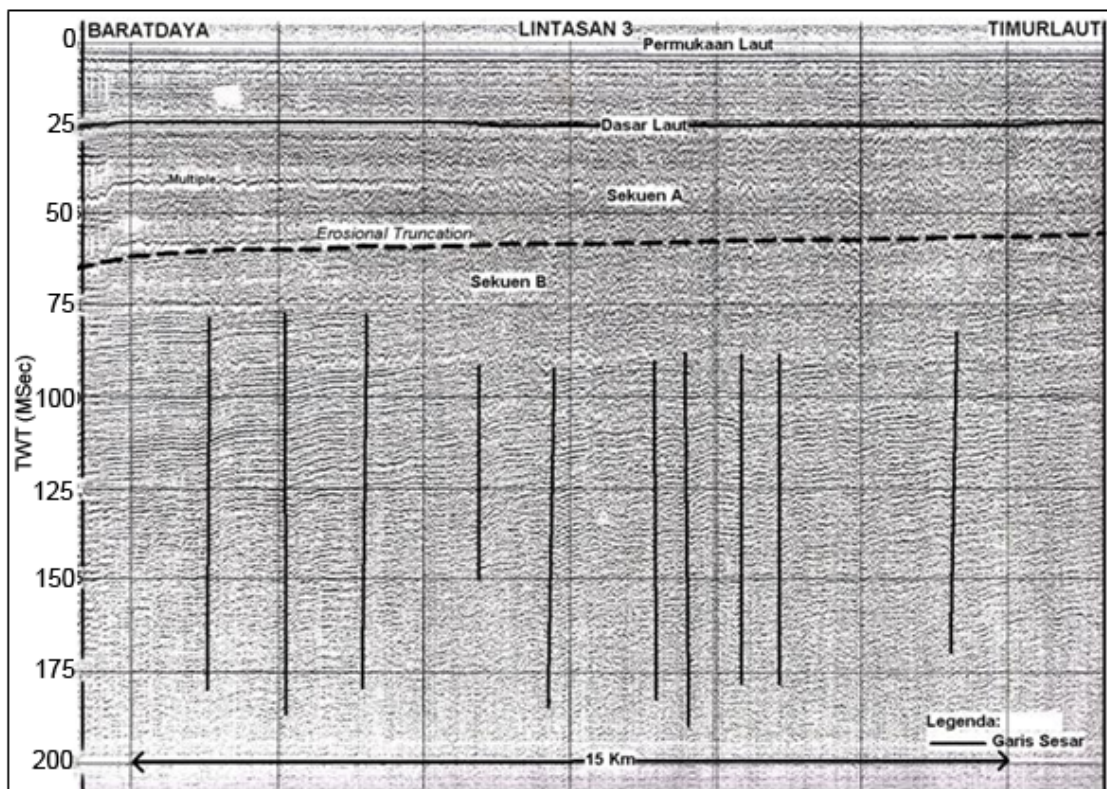
Gambar 3a. Rekaman seismik Lintasan L-1 yang berarah baratlaut-tenggara.



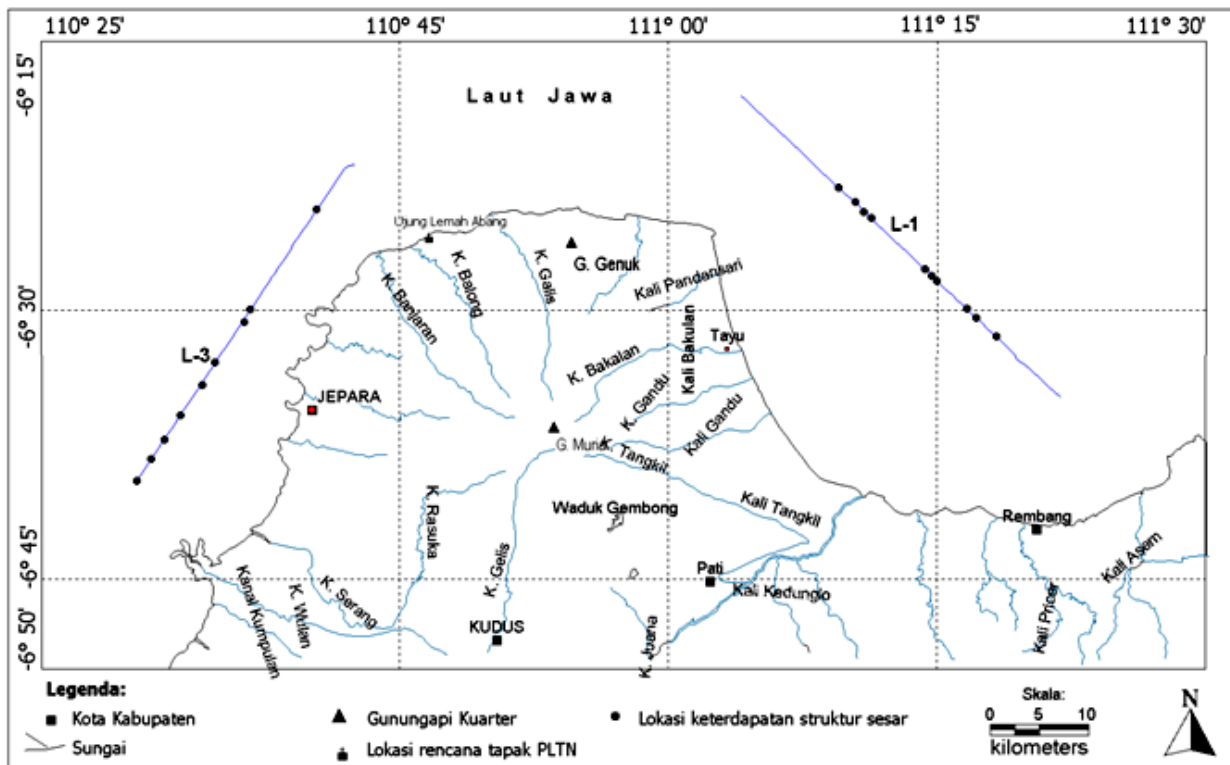
Gambar 3b. Hasil interpretasi rekaman seismik Lintasan L-1 yang berarah baratlaut-tenggara yang menunjukkan beberapa struktur sesar.



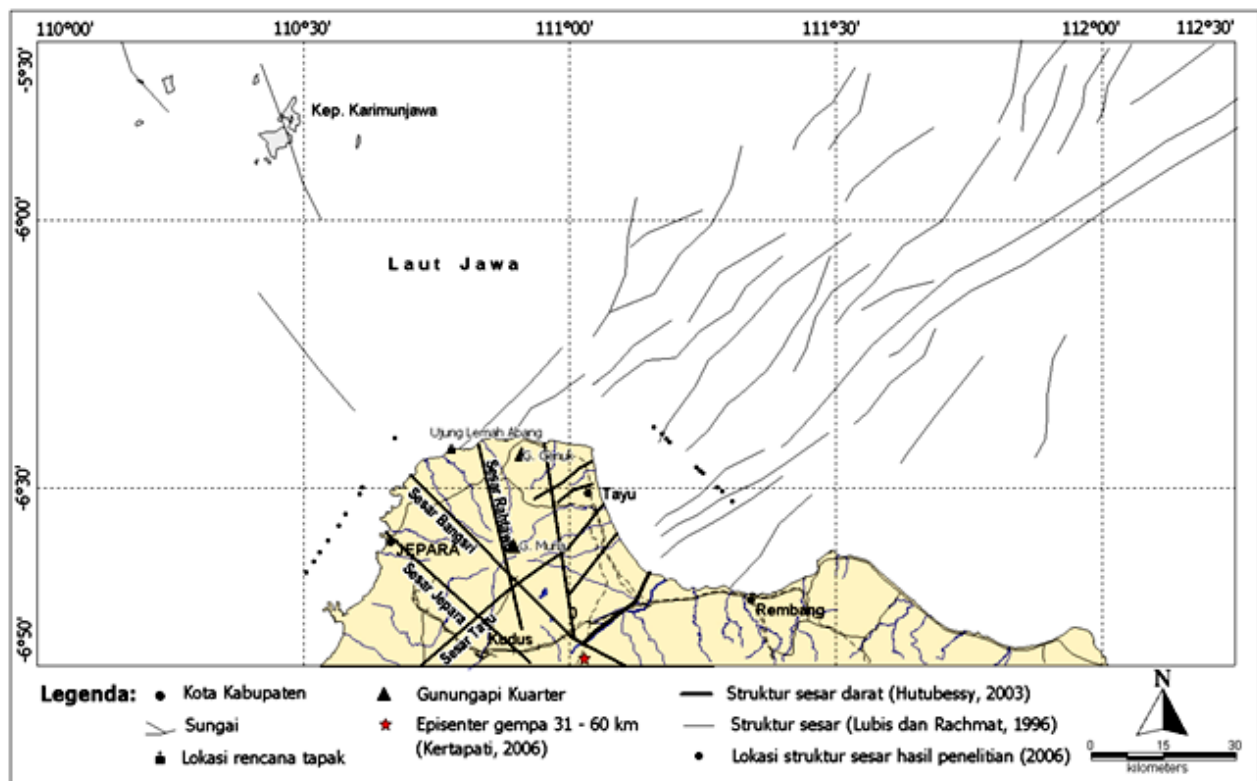
Gambar 4a. Rekaman seismik Lintasan L-3 yang berarah baratdaya - timurlaut.



Gambar 4b. Hasil interpretasi rekaman seismik Lintasan L-3 yang berarah baratdaya - timurlaut yang menunjukkan beberapa struktur sesar.



Gambar 5. Lokasi keterdapatan struktur sesar hasil interpretasi rekaman seismik (L-1 dan L-3) di perairan Semenanjung Muria.



Gambar 6. Lokasi keterdapatan struktur sesar hasil penelitian dan penyebaran struktur sesar hasil penelitian terdahulu (Lubis dan Rachmat, 1996; Hutubessy, 2003).

struktur sesar di daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua kelompok daerah, yaitu di bagian barat dengan arah baratlaut – tenggara dan di bagian timur dengan arah baratdaya - timurlaut.

Di bagian barat, struktur sesar berkembang mulai dari daerah Jepara hingga ke perairan Karimunjawa dan di bagian timur sekitar daerah bagian utara Tayu terdapat kelompok struktur sesar dengan arah baratdaya-timurlaut. Di bagian timur tersebut, struktur sesar berkembang lebih intensif dengan jarak yang lebih dekat, memanjang dan tidak saling memotong. Sedangkan di bagian barat, hanya beberapa struktur saja yang berkembang dengan jarak antara satu dengan yang lainnya lebih jauh.

Struktur di darat menunjukkan arah yang sama dengan struktur sesar di laut, membentuk bidang sesar yang berarah baratdaya - timurlaut dan baratlaut – tenggara, dan saling berpotongan di darat. Sesar-sesar dengan arah relatif timurlaut - tenggara diwakili oleh struktur Sesar Jepara, Sesar Bangsri dan Sesar Rahwatu. Sedangkan sesar-sesar dengan arah baratdaya – timurlaut diwakili oleh struktur Sesar Tayu dan struktur yang lebih kecil lainnya yang terdapat di utara kota Tayu dan selatan kota Pati.

Kesamaan pola dan arah bidang sesar di laut dan darat yang diperoleh dari penelitian terdahulu, dapat diperkirakan bahwa sesar-sesar tersebut merupakan pengaruh dari sesar besar yang terdapat di daratan Semenanjung Muria, terutama Sesar Regional Tayu. Struktur sesar tersebut menunjukkan arah baratdaya–timurlaut dan arah baratlaut – tenggara.

Kedua daerah terdapatnya struktur sesar tersebut saling memotong, dan berdasarkan pola di darat daerah perpotongan tersebut terdapat di bagian selatan G. Muria. Hasil interpretasi keterdapatan dan penyebaran struktur sesar pada penelitian ini dan penelitian terdahulu memberikan gambaran tentang pola struktur sesar di daerah penelitian dengan pola saling memotong antara struktur sesar di bagian barat dan bagian timur. Pusat perpotongan tersebut terdapat di darat sekitar bagian selatan G. Muria (lihat gambar 6). Berdasarkan pola penyebaran tersebut, dapat diperkirakan bahwa bidang sesar yang terdapat di laut tersebut sebagai kelanjutan dari struktur sesar yang terdapat di darat.

Berdasarkan posisi struktur sesar yang terdapat di laut dan darat, lokasi rencana tapak konstruksi PLTN Muria terletak pada wilayah

yang relatif kurang stabil dan berpotensi terjadi bencana geologi. Di daratan Semenanjung Muria terdapat dua kelompok struktur sesar yang diperkirakan menerus ke laut (?), yaitu: struktur Sesar Regional Tayu yang berarah baratlaut – tenggara serta Sesar Bangsri dan Sesar Jepara yang berarah baratdaya - timurlaut. Kedua kelompok struktur sesar tersebut menembus ke batuan dasar (Hutubessy, 2003) dan beberapa rekahan yang terbentuk menjadi tempat keluarnya magma ke permukaan bumi membentuk gunungapi Kuarter, yaitu G. Muria dan G. Genuk. Sesar-sesar tersebut juga dikenal sebagai sesar yang mengalami pengaktifan kembali dalam beberapa fase tektonik Plio-Plistosen. Fase tektonik terakhir tersebut ditunjukkan oleh pembentukan G. Genuk yang lebih muda dari G. Muria dan gempa dangkal yang terdapat di utara Pati sebagai akibat aktifnya sesar-sesar lokal yang lebih kecil yang dipicu oleh proses tektonik regional di selatan Jawa (Hutubessy, 2003).

Hasil interpretasi seismik menunjukkan struktur sesar membentuk lembah (*channels*) dan punggung dengan bentuk melengkung. Lembah tersebut diperkirakan terbentuk oleh proses tektonik, karena hampir seluruh bagian pada lembah tersebut mengalami penurunan, dan punggung akibat pengangkatan. Pada bagian atas lembah (batas Sekuen B dan A) yang dipisahkan oleh bidang pepat erosi (*erosional truncation*).

Selanjutnya, berdasarkan posisi struktur sesar (lihat gambar 4 dan 5) terjadi pada Sekuen B, dan di bawah Sekuen A. Struktur sesar tersebut tidak menembus hingga ke Sekuen A, sehingga dapat memberikan gambaran bahwa sesar-sesar tersebut sudah tidak aktif paling tidak sejak Plistosen akhir. Namun sesar-sesar lokal dan adanya gempa dangkal yang terdapat di selatan Pati merupakan indikasi bahwa sesar-sesar di darat tersebut berpotensi aktif (*capable fault ?*) atau dapat aktif kembali (*reactivated*). Bila aktifitas tektonik terus berkembang dan mempengaruhi struktur dan deformasi batuan, maka kemungkinan aktifnya kembali sesar-sesar lokal di darat sangat mungkin terjadi.

Kondisi seperti ini perlu diwaspadai dalam perencanaan konstruksi tapak PLTN. Kekuatan konstruksi perlu disesuaikan dengan pengaruh sesar regional dan lokal, serta pusat gempa dan aktifitas gunungapi. Disamping itu, hasil survei

ini dapat memberikan gambaran bagi perencanaan penelitian lanjutan guna memperoleh kelanjutan struktur sesar yang terdapat di laut hingga ke arah darat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian di perairan Semenanjung Muria memperlihatkan adanya struktur sesar di laut dan darat dengan arah baratlaut – tenggara di bagian barat dan baratdaya – timurlaut di bagian timur daerah penelitian.

Selanjutnya, berdasarkan kedudukan struktur sesar terhadap perlapisan sedimen menunjukkan bahwa struktur sesar tersebut terbentuk pada Sekuen B tidak menembus hingga Sekuen A. Kondisi ini dapat disimpulkan bahwa sesar tersebut tidak mengalami aktifitas sejak Plistosen akhir.

Kondisi yang perlu menjadi pertimbangan adalah kemungkinan terdapatnya hubungan struktur di laut dan darat, serta adanya gempa dangkal di selatan Pati yang dapat memicu kembali adanya kegiatan pensesaran (*reactivated*) di sekitar tapak rencana PLTN Muria.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Subaktian Lubis, M.Sc., Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan atas izinnya melaksanakan penelitian pendahuluan di perairan Semenanjung Muria. Terima kasih juga disampaikan kepada Maman Surachman, Noor CD. Aryanto, Udaya Kamiluddin, Agus Setyanto, Hadi P. Wijaya, Subarsyah dan rekan-rekan Teknisi di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan dan Badan Tenaga Nuklir Nasional atas masukan dan kerjasamanya.

ACUAN

Asikin, S., 1974, *Evolusi Geologi Jawa Tengah dan Sekitarnya Ditinjau dari Teori Tektonik Dunia yang Baru*, Tesis Doktor ITB.

Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2006, *Status Persiapan Pembangunan PLTN di Indonesia*, Presentasi Bahan Rapat Batan - Balitbang ESDM - Badan Geologi, Jakarta 22 Juni 2006.

Godoy, A.R, 2006, IAEA Safety Requirements: Site Evaluation for Nuclear Installations NS-R-3, *International Atomic Energy Agency (IAEA)*.

Hamilton, W., 1979, *Tectonic of the Indonesian Regions*, United States Geological Survey Prof. Paper DC, 1078, 345 p.

Hutubessy, S., 2003, Struktur Sesar Bawah Permukaan dan Implikasinya Terhadap Pemunculan Kelompok Gunungapi di Semenanjung Muria, Jawa Tengah, Berdasarkan Pendekatan Analisis Gaya Berat, *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* No. 133 Vol. XII, ISSN: 0853-9634, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, hal.37 - 54.

Kertapati, E., Soehaimi, A. dan Djumhana, 1992, Peta Seismotektonik Indonesia, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.

Kertapati, E., 2006, *Peta Seismotektonik Indonesia*, Bahan Presentasi Rapat Persiapan Tapak PLTN Muria, Cisarua Bogor.

Lubis, S. dan Rachmat, B., 1996, Report on Offshore Fault Assessments in Muria Waters Area and its Vicinity, *Badan Tenaga Nuklir Nasional* (Intern Report), Jakarta, 16 p.

Priyono, A., 2000, *Interpretasi Geologi Seismik*, Diktat Kuliah Program Pasca Sarjana Geologi dan Geofisika Institut Teknologi Bandung, Jurusan Geofisika Institut Teknologi Bandung, 255 hal.

Sangree, J.B. and Wiedmeyer, J.M., 1979, Interpretation Facies from Seismic Data, *Geophysics* 44, N.2, p.131.

Sherif, R.E., 1980, *Seismic Stratigraphy*, International Human Resources Development Corporation, Boston, P.222.

Sidarto, Suryono, N. dan Sanyoto, P., 1999, Sistem sesar Pengontrol Pemunculan Kelompok Gunungapi Muria Hasil Penafsiran Citra Landsat, *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, No. 99. Vol. IX. ISSN: 0853-9634, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Simandjuntak, T.O., 1994, Tsunami dan Gempabumi Dalam Pinggiran Lempeng Aktif Indonesia, Seminar Sehari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung, hal. 42 - 77.

Suwarti, T. dan Wikarno, R., 1992, Peta Geologi Lembar Kudus, Skala 1 : 100.000, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.