

INDIKASI STRUKTUR SESAR DAN LIPATAN BAWAH PERMUKAAN DASAR LAUT PERAIRAN TUBAN, JAWA TIMUR

Prijantono Astjario

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

SARI

Penelitian geologi dan geofisika kelautan di Perairan Tuban menggunakan metode seismik pantul dangkal saluran tunggal, ditunjang dengan kegiatan pemeruman dan pengambilan percontoh sedimen dasar laut, membuat lintasan sepanjang kurang lebih 300 km yang mencakup luas daerah 1500 km². Lintasan-lintasan tersebut dibuat tegak lurus garis pantai dengan arah utara - selatan dengan lintasan memotong (*cross line*) yang berarah barat - timur. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan rekaman struktur geologi yang jelas.

Korelasi struktur geologi pada runtunan IV berdasarkan hasil penafsiran rekaman seismik pantul dangkal saluran tunggal bawah permukaan dasar laut, dengan struktur batuan pada Jalur Rembang berupa struktur perlipatan memperlihatkan arah sumbu yang sama. Runtunan batuan sedimen tersebut telah terlipat dan tersesarkan dari darat menerus ke arah utara dan tenggelam di bawah dasar laut.

Kata kunci : seismik, pemeruman, struktur geologi, runtunan, Rembang

ABSTRACT

The marine geological and geophysical researches using a single channel seismic method in surrounding Turban water have been supported by echo sounder and marine sediment sampling activities. The single channel seismic record of 300 km has been made and it covers the area of about 1500 km². Those seismic profiling is perpendicular to the north coast of East Java with north - south direction and the cross line with east - west direction. The records are supposed to have a clear geological structure.

Correlation of the geological structure based on the interpretation of seismic profiling of the sequence IV showed a similar east - west direction with the geological sequences of Rembang Basin. The sequence of sedimentary rocks of the Rembang Basin has been folded and faulted continuously from the land to the sea floor of the Java Sea.

Keywords : seismic, echo sounder, geological structure, sequence, Rembang

PENDAHULUAN

Kawasan cekungan Jawa Timur utara merupakan daerah cekungan Tersier Jawa Timur yang berkembang dari kawasan Jawa Tengah dan memanjang hingga Pulau Madura dan selat Madura. Saat ini cekungan Jawa Timur telah banyak dipelajari dan diketahui memiliki cebakan struktur dan menghasilkan hidrokarbon.

Kegiatan penelitian dasar laut dengan menggunakan perangkat seismik pantul dangkal saluran tunggal dan melakukan rekaman di kawasan perairan Tuban, Jawa Timur bertujuan untuk mengetahui perkembangan cekungan Jawa Timur utara ke arah Laut Jawa. Kegiatan ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran tentang struktur geologi bawah permukaan dasar laut di kawasan ini.

Tentunya seismik pantul dangkal saluran tunggal tidak memiliki penetrasi yang memadai dalam menyajikan gambaran tentang bentuk serta dasar cekungan. Karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut dan terperinci dengan menggunakan perangkat seismik yang memiliki penetrasi lebih dalam dan beresolusi tinggi, seperti seismik saluran banyak (*multi channels*).

Daerah penelitian meliputi kawasan pantai dan lepas pantai timur Kabupaten Rembang, Jawa Tengah hingga kawasan pantai barat Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Daerah tersebut dibatasi oleh koordinat 06° 30' - 06° 55' LS dan 111° 30' - 112° 10' BT atau terletak pada Lembar Peta 1509. Luas daerah penelitian mencakup 1500 km² dengan garis pantai sepanjang kurang lebih 110 km.

Geologi Regional

Di Jawa Timur telah dipetakan cekungan-cekungan sedimen Tersier (Sudiro, 1973), dan sejak abad ke 19 telah dilakukan eksplorasi hidrokarbon. Dengan ditemukannya akumulasi hidrokarbon pada pemboran-pemboran dangkal, maka pada akhir tahun 1953 dua puluh lapangan minyak di cekungan Jawa Timur utara ini telah memproduksi ratusan ribu barel minyak bumi per hari.

Cekungan-cekungan sedimen Tersier Jawa Timur terletak di antara dua unsur tektonik utama. Di selatan dibatasi oleh busur vulkanik yang ditandai oleh sederetan gunung-gunung berapi dan di utara dibatasi oleh Paparan Sunda (Ringgis, 1985). Cekungan-cekungan tersebut terbentuk pada Zaman Paleogen, dan selama Zaman Kenozoikum Atas mengalami transgresi dan regresi, hingga akhirnya pada Zaman Kuartar proses tektonik mengangkat sedimen dalam cekungan tersebut ke permukaan laut.

Wilayah perairan Jawa Timur utara, memiliki arah tektonik yang sangat khusus, yaitu membujur timur laut - barat daya, dan cekungan-cekungan sempit

yang berupa *graben* atau setengah *graben*, sering dalam bentuk patahan tumbuh (*growth fault*) (Koesoemadinata, 1980).

Secara tektono-fisiografi cekungan-cekungan sedimen Tersier tersebut dapat dibagi menjadi empat satuan, yaitu :

- Satuan Jalur Kendeng
- Satuan Depresi Randublatung
- Satuan Jalur Rembang
- Satuan Paparan Laut Jawa

Daerah penelitian terletak di utara satuan Jalur Rembang yang dicirikan oleh adanya pegunungan yang telah mengalami pelipatan dan membentuk struktur geologi antiklinorium dengan arah sumbu memanjang dari barat ke timur. Sumbu antiklin dapat diikuti mulai dari kota Purwodadi (di sebelah barat peta) terus memanjang ke arah timur hingga Pulau Madura (Gambar 3). Struktur patahan juga berkembang di daerah ini membentuk sesar-sesar bongkah dan sesar normal melengkapi proses tektonik yang pernah terjadi di Zaman Kuartar.



Gambar 1. Lokasi penelitian berada di kawasan pantai dan lepas pantai Tuban, Jawa Timur, dari jalur lintasan seismik.

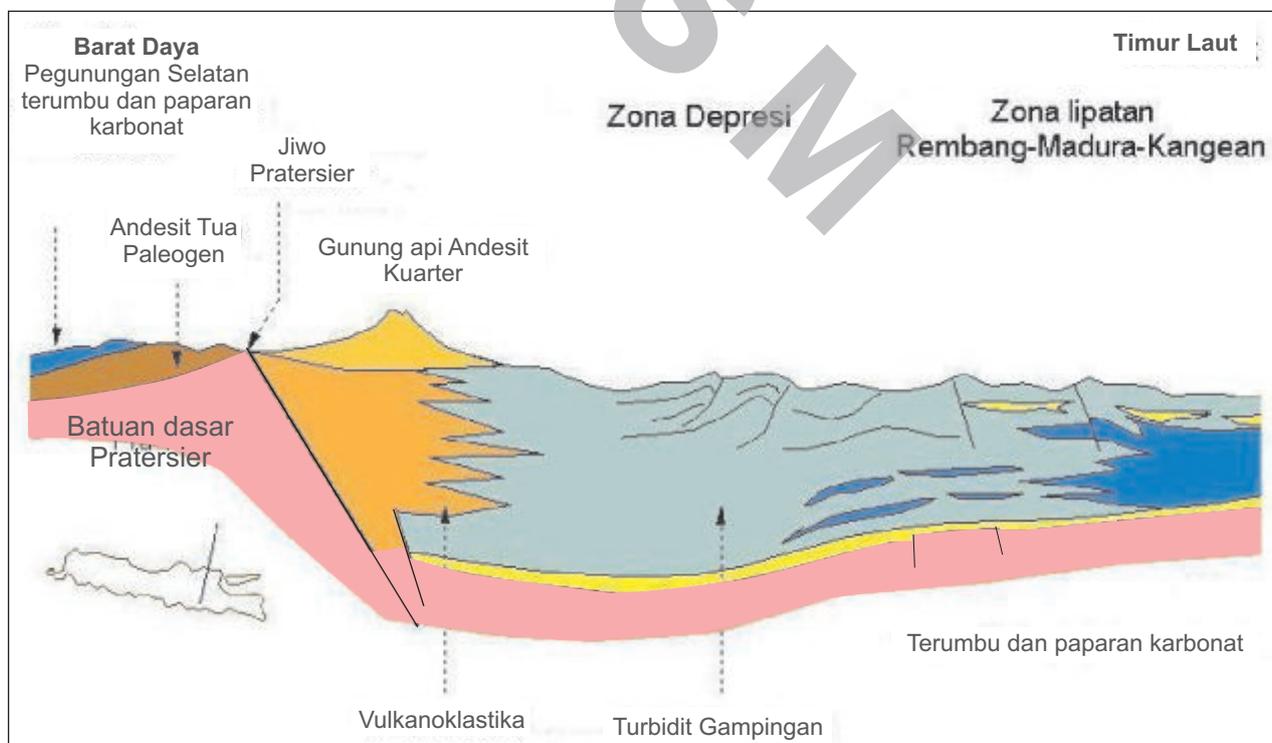
Berdasarkan Peta Geologi Lembar Jatirogo, Jawa, skala 1:100.000 (Situmorang dkk., 1992), yang diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi, di kawasan pantai utara Jawa Timur tersingkap breksi vulkanik Gunung Lasem dan beberapa formasi yang merupakan anggota satuan Jalur Rembang, yaitu Formasi Mundu, Ledok, Wonocolo, dan Formasi Bulu. Keempat formasi tersebut terendapkan pada umur Miosen Tengah hingga Pliosen, dan breksi vulkanik Gunung Lasem terbentuk pada umur Kuartar. Dari penampang geologi yang memotong daerah penelitian dari selatan ke utara tampak bahwa urutan batuan tersebut telah mengalami deformasi menerus ke arah utara hingga ke bawah dasar Laut Jawa (Gambar 4).

METODE PENELITIAN

Penampang seismik pantul dangkal (*seismic profiling*) ini dilakukan di lepas pantai Tuban dan sekitarnya sepanjang 300 kilometer. Dari hasil penelitian ini dihasilkan data rekaman penampang seismik, berupa penampang waktu (*time section*) yang merupakan data rekaman gelombang pantul saluran tunggal bidang-bidang pantul, akibat adanya perbedaan kepadatan (*density kontras*) pada *interface* antara lapisan atas dan bawahnya.

Dengan menganalisis sifat-sifat serta wujud pantulan setiap lapisan, ditunjang oleh data acuan geologi yang ada, maka akan dapat dihasilkan penafsiran penampang geologi yang menggambarkan adanya urutan stratigrafi, struktur geologi, jenis batuan dengan ketebalan, maupun penyebarannya.

Hasil analisis laboratorium percontoh batuan yang diambil dari dasar laut di perairan Tuban, Jawa Timur, sangat berguna sekali dalam memperkirakan kecepatan rambat gelombang seismik (*seismic velocity*) pada lapisan sedimen paling atas dalam satuan meter/detik. Perhitungan ketebalan runtunan sedimen tersebut adalah dengan mengalikan kedalaman runtunan sedimen dalam satuan waktu (detik) dengan kecepatan rambat gelombang seismik yang diperkirakan dalam satuan meter per detik (*m/sec*). Untuk perairan utara Jawa yang tidak memiliki variasi dalam jenis batumannya, harga kecepatan rambat gelombang seismik pada runtunan I diperkirakan $V1 = 1600$ m/det, runtunan II diperkirakan $V2 = 1700$ m/det, dan runtunan III diperkirakan $V3 = 1800$ m/det.



Gambar 4. Penampang geologi Cekungan Jawa Timur (Susilohadi, 1995).

Perangkat seismik pantul dangkal saluran tunggal yang digunakan pada saat penelitian adalah *Sparekerray EG & G*, model 231 yang dilengkapi dengan perangkat *recorder EPC* model 3200 S, *Krohn Hite Filter* model 3700, *Hydrophones EG & G* model 265 A, *Power Supply EG & G* model 232 A, dan *Friggered Capacitor Bank EG & G* model 231.

Penentu posisi kapal pada penelitian ini menggunakan sistem satelit *Global Positioning System* (GPS). Pengamatan satelit GPS dilakukan melalui sensor yang berfungsi sebagai penerima sinyal dari satelit. Dalam penelitian ini pusat penerima yang dipasang di kapal adalah *Magnavox MX1157* dan *CA3086M SN636*. Perangkat ini menerima sinyal kode P. Kode S adalah untuk menentukan waktu dari sinyal yang dipancarkan dan diterima oleh pesawat penerima. Sinyal yang diterima oleh pesawat penerima dihubungkan langsung dengan komputer, sehingga pada layar monitor akan dapat langsung terbaca posisi kapal setiap selang waktu dua menit. Perlunya pembacaan data posisi kapal, setiap dua menit tersebut untuk mengetahui posisi lintasan kapal agar tetap berada pada lintasan yang direncanakan. Selanjutnya dengan menggunakan perangkat lunak *SEATRAC*, data posisi yang diperoleh kemudian diproses menjadi data digital yang direkam dalam disket dan juga dihubungkan ke *printer* dan *plotter*. Di samping itu lintasan kapal ditampilkan juga pada layar *monitor* di anjungan kapal, sehingga memudahkan nakhoda dan juru mudi kapal untuk mengikuti alur lintasan yang sudah direncanakan.

Pemeruman (*sounding*) dilakukan selama pelaksanaan seismik pantul dangkal saluran tunggal, terutama untuk memantau dan merekam kedalaman laut selama penyelidikan berlangsung. Dari hasil pemeruman ini dapat diketahui kedalaman laut, kemudian dituangkan dalam peta kedalaman laut (*bathymetry*) yang dapat menggambarkan morfologi dasar laut daerah penelitian. Karena pada umumnya kedalaman laut lepas pantai daerah penelitian adalah dangkal dan sangat landai, maka selama pemeruman berlangsung digunakan *transduser* keramik dengan frekuensi 200 kHz dengan daya pancar sebesar 500 watt. Karena dengan perangkat *transduser* tersebut dapat dilakukan cara digital maupun grafis, dengan menggunakan sapuan terkecil pada kertas selebar 200 millimeter antara kedalaman laut 0 - 80 meter.

Dalam pemeruman ini digunakan perangkat *Echosounder IMC* model 8001 yang termasuk tipe frekuensi dua dan dapat dioperasikan dengan menggunakan *transduser* keramik 200 kHz dengan lebar *beam* 12 derajat.

HASIL PENELITIAN

Penelitian geologi dan geofisika kelautan dengan menggunakan metode seismik pantul dangkal saluran tunggal yang ditunjang dengan kegiatan pemeruman dan pengambilan percontoh sedimen dasar laut, membuat lintasan sepanjang kurang lebih 300 km yang mencakup luas daerah 1500 km². Lintasan-lintasan tersebut tegak lurus garis pantai, berarah utara - selatan agar mendapatkan rekaman struktur geologi dengan jelas, serta lintasan pemotong (*cross line*) berarah barat - timur.

Seluruh rekaman seismik di daerah perairan Tuban dan sekitarnya telah ditafsirkan, walaupun tidak seluruh rekaman menampilkan penetrasi yang baik. Hal tersebut karena batuan sedimen memiliki sifat absorpsi yang tinggi, sehingga tidak dapat menyajikan batas runtunan dengan baik dan jelas. Walaupun demikian masih dapat dikenali dan ditelusuri sifat konfigurasi internal reflektornya yang menggambarkan struktur geologi dan lapisan sedimen yang relatif datar.

Dasar tafsiran seismik stratigrafi ini tertumpu pada karakter konfigurasi horizon seismik yang ditampilkan oleh setiap *interface* runtunan yang merupakan garis batas runtunan, jenis batuan sedimen, serta dugaan, lingkungan pengendapannya yang dihasilkan dari analisis laboratorium geologi (Ringgis, 1985).

Secara umum, rekaman seismik ini menampilkan pola konfigurasi internal reflektor transparan dan bebas pantul (*transparent reflection free stratified*), dan karakter runtunan sejajar sederhana (*simple stratified*), serta pola-pola lainnya, seperti *chaotic* dan *complex stratified*.

Hasil tafsiran rekaman seismik pantul dangkal saluran tunggal untuk kawasan perairan Tuban dan sekitarnya dapat ditelusuri sebanyak empat buah runtunan yang terdiri atas :

Runtunan I

Runtunan I merupakan perlapisan teratas dan termuda. Batas atas runtunan ini adalah dasar laut. Secara umum, runtunan ini memiliki karakter konfigurasi internal reflektor *parallel simple stratified* dan *chaotic*. Karakter konfigurasi tersebut biasanya mencirikan adanya lapisan sedimen yang berbutir sedang hingga halus, seperti lanau dan pasir halus. Sedimen jenis ini diendapkan pada lingkungan berenergi rendah dan dangkal (Gambar 5).

Dapat dipastikan bahwa runtunan I berumur Kuartar yang terbentuk dari hasil pengendapan material sedimen yang berasal dari aliran-aliran sungai dan pengaruh kegiatan arus laut yang ada. Di beberapa lokasi batas bawah runtunan I ini tidak rata sehingga memperlihatkan ketebalan sedimen yang bervariasi. Walaupun demikian, runtunan I memiliki penyebaran yang sangat luas, menutupi seluruh daerah penelitian dengan ketebalan antara 10-25 meter.

Runtunan II

Runtunan II adalah runtunan yang terletak di bawah runtunan I. Umumnya memiliki karakter konfigurasi internal reflektor *chaotic* dan *parallel lamination*. Ciri karakter konfigurasi reflektor ini adalah lapisan sedimen berbutir sedang, seperti napal dan pasir berbutir sedang.

Sebaran runtunan II tersebut juga sangat luas, menutupi seluruh daerah penelitian. Sentuhan antara runtunan II dan runtunan III serta runtunan IV merupakan *erosional surface* dengan ketebalan kurang lebih 30 meter (Gambar 5 dan 6). Runtunan II memiliki sebaran yang semakin menebal ke arah lepas pantai. Khususnya di daerah pantai Sluke, ketebalan runtunan II mencapai 50 meter.

Runtunan III

Runtunan III merupakan runtunan sedimen yang terletak di bawah runtunan II. Sentuhan antara runtunan III dan runtunan IV juga merupakan *erosional surface*. Runtunan ini memiliki konfigurasi internal reflektor *chaotic* dan *parallel - subparallel lamination* yang mencirikan lapisan sedimen berbutir sedang sampai kasar (Gambar 9).

Sebaran runtunan ini cukup luas menutupi hampir seluruh daerah penyelidikan, akan tetapi di beberapa tempat runtunan III ini menipis dan menghilang (konkordan divergen) (Gambar 6). Struktur geologi yang berkembang pada perlapisan IV yang terletak di bawahnya, sangat mempengaruhi runtunan III. Hal ini dapat dilihat dari rekaman seismik yang menggambarkan banyaknya sesar-sesar yang terdapat pada runtunan III yang merupakan yang perkembangan sesar-sesar yang berasal dari runtunan IV.

Ketebalan runtunan III dipengaruhi oleh struktur lipatan runtunan IV. Khusus pada sayap puncak-sumbu lipatan, ketebalan runtunan III menipis dan menghilang karena proses erosi yang terjadi sebelum runtunan II diendapkan (Gambar 7 dan 8).

Runtunan IV

Runtunan IV berbeda dengan runtunan-runtunan sedimen penutup di atasnya karena runtunan ini telah mengalami deformasi serta proses kompaksi (Gambar 8). Karakter konfigurasi internal reflektor *chaotic* mencirikan bahwa sedimen pembentuk runtunan ini terdiri atas fragmen berukuran sedang. Dengan ditunjang oleh karakter konfigurasi internal reflektor yang kuat pada rekaman seismik, maka runtunan ini dapat ditafsirkan sebagai endapan sedimen kompak, dan diduga berumur Plio-Pleistosen (Mc Quillin *et al.*, 1984). Tafsiran tersebut menguatkan runtunan III untuk disebabakan dengan Formasi Mundu di daerah pantai Jawa Timur Utara.

Dari peta geologi yang telah terbit, diperikan bahwa Formasi Mundu tersusun oleh satuan batunapal dan lempung lanauan berselang-seling dengan batugamping-napalan berumur Plio-Pleistosen yang banyak tersingkap di wilayah pantai utara Jawa Timur. Formasi ini berada di atas Formasi Ledok yang berumur Miosen Atas secara tidak selaras. Sering tersingkap penipisan ketebalan dan tererosi, akibat sesar-sesar bongkah dan diapir yang berkembang pada Formasi Ledok.

Kondisi geologi tersebut tergambar pada rekaman seismik di lepas pantai perairan Tuban, Jawa Timur.

Karena penetrasi perangkat seismik pantul dangkal yang digunakan sangat terbatas, maka dalam rekaman hanya dikenali dan ditelusuri sampai Formasi Ledok yang memiliki sesar-sesar bongkah dan struktur lipatan.

Secara regional, kawasan pesisir Tuban masih termasuk ke dalam Mandala Geologi Jalur Rembang bagian utara, yang merupakan jalur lipatan berarah barat - timur. Struktur lipatan pada Jalur Rembang terjadi karena adanya pengangkatan pada waktu Plio-Pleistosen.

Dari hasil rekaman seismik dangkal saluran tunggal di perairan Tuban dan sekitarnya diduga proses deformasi terjadi hanya satu periode yang membentuk struktur lipatan serta sesar normal yang berkembang pada puncak-puncak struktur lipatan (Gambar 5, 6). Konfigurasi reflektor lintasan-lintasan seismik runtunan IV (runtunan Prakuarter) telah mengalami perlipatan dan pensesaran (Sheriff, 1985). Pada puncak-puncak lipatan tergambar permukaan yang telah mengalami erosi (Gambar 9 dan 10). Ditafsirkan saat deformasi terjadi, permukaan sumbu-sumbu lipatan mencapai permukaan laut, hingga terjadi penggerusan permukaan lapisan sedimen. Hal tersebut mengakibatkan sentuhan antara runtunan III dan runtunan IV menjadi sentuhan tidak selaras (Gambar 5 dan 6). Runtunan III diendapkan di atas runtunan IV yang mengalami erosi saat proses pengangkatan.

Perubahan permukaan laut menyebabkan regresi (susut laut), sehingga sebagian besar daerah penelitian menjadi daratan yang tergambarkan dengan adanya erosi permukaan dan pembentukan torehan-torehan sungai purba (*channel*) pada runtunan III. Konfigurasi reflektor sentuhan pada runtunan III dan runtunan II terlihat pada lintasan-lintasan tersebut (Gambar 10) berupa bidang erosional.

Perubahan permukaan laut menyebabkan terjadinya transgresi (genang laut), yang mengakibatkan daerah penelitian menjadi laut kembali. Pada saat itu diendapkan runtunan II dan runtunan I yang merupakan endapan sedimen Resen.

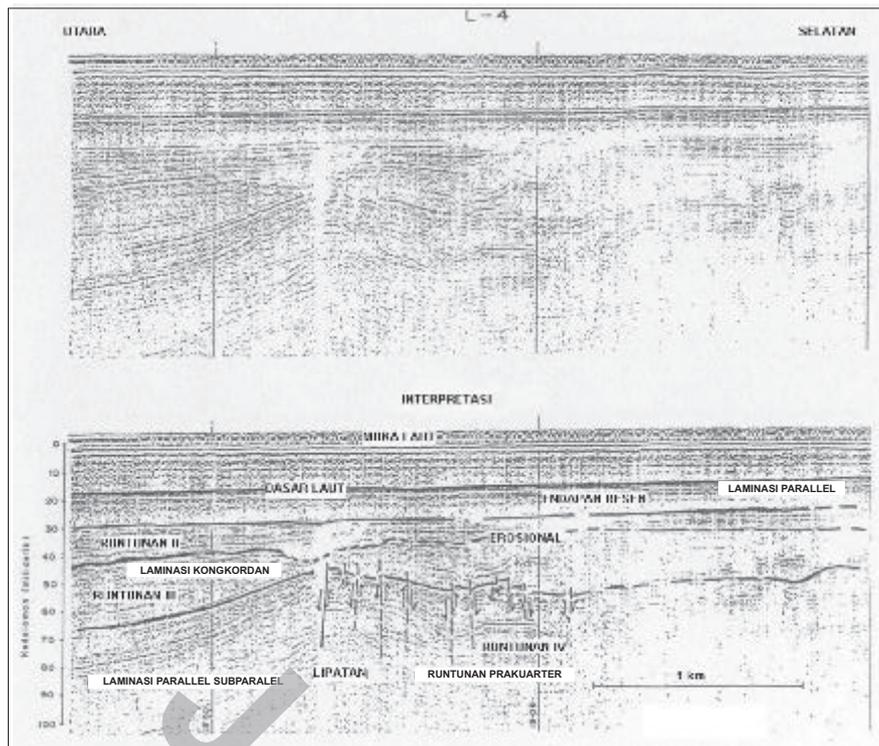
PEMBAHASAN

Seismik pantul dangkal sepanjang 300 kilometer di perairan Tuban dan sekitarnya memberikan gambaran perbedaan kepadatan (*density kontras*) pada *interface* yang memudahkan untuk mengenal dan menelusuri setiap lapisan sedimen yang terekam.

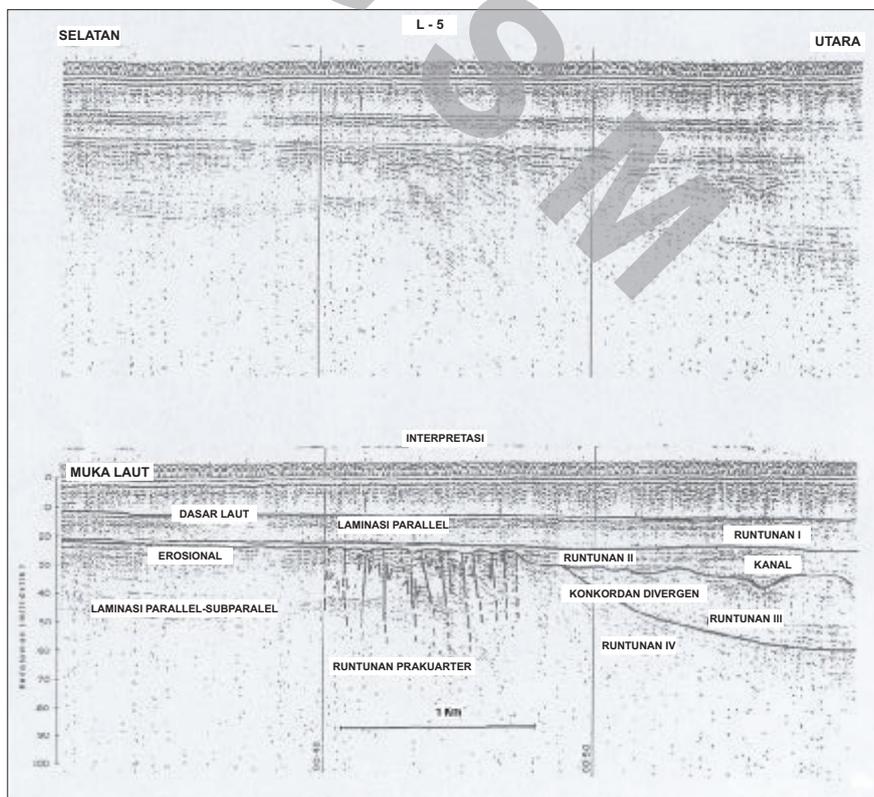
Interpretasi seismik stratigrafi yang dilakukan pada rekaman seismik daerah ini dapat mengenali dan menelusuri tiga runtunan sedimen penutup yang ditafsirkan berumur muda. Lapisan tertua dalam rekaman ini telah mengalami perlipatan serta pensesaran berbentuk sesar-sesar bongkah yang diduga berumur Plistosen. Dari hasil penafsiran rekaman seismik saluran tunggal, setidaknya dapat diketahui keberadaan tiga sumbu lipatan yang diduga tersebar memanjang dari bagian barat - timur daerah penelitian, hingga wilayah pantai Kampung Kragan. Sedangkan dua sumbu lainnya berada di utara kawasan pantai Kota Tuban. Sesar-sesar bongkah yang banyak berkembang pada puncak-puncak sumbu perlipatan, diduga terbentuk saat terjadinya perlipatan, karena runtunan sedimen dalam kondisi retas (Emery *et al.*, 1972).

Struktur sesar yang berkembang pada runtunan IV bawah permukaan dasar laut di daerah ini hampir sejajar dengan sumbu perlipatan dan sesar-sesar bongkah (*graben*) yang pada umumnya berarah barat - timur. Ditafsirkan bahwa terjadinya struktur sesar tersebut bersamaan dengan struktur sesar yang berkembang di Jalur Rembang, berumur Plistosen dan berarah barat - timur.

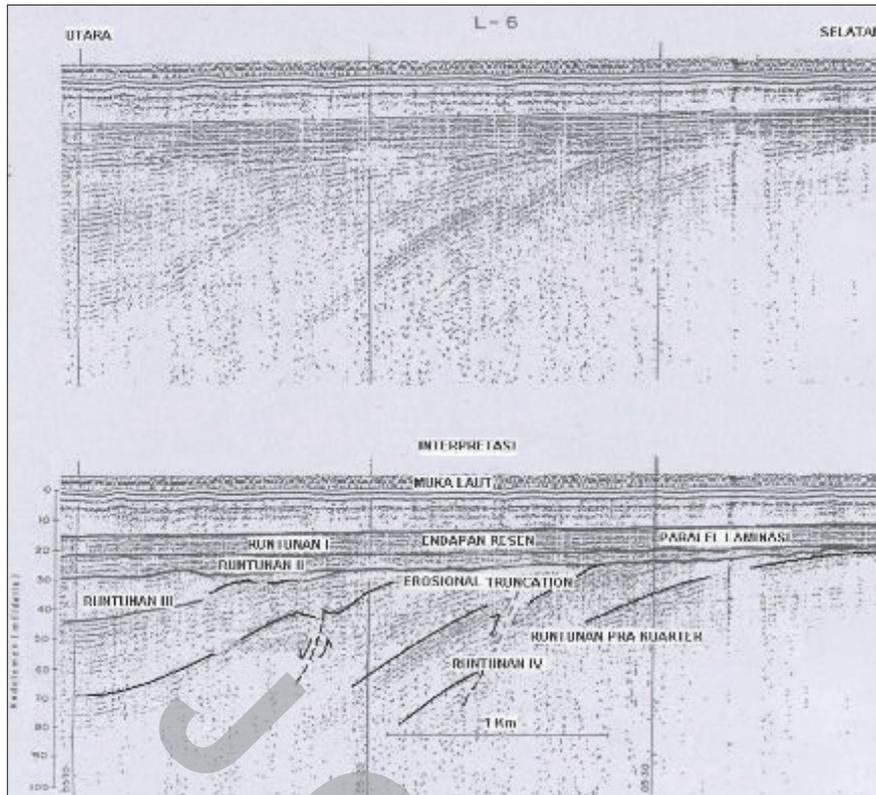
Korelasi struktur geologi runtunan IV bawah permukaan dasar laut dengan Jalur Rembang ditunjang oleh penampang peta geologi daerah Rembang yang memperlihatkan bahwa Formasi Mundu, Formasi Ledok, dan Formasi Bulu yang terendapkan pada Miosen Tengah hingga Pleistosen, telah mengalami perlipatan yang sama dengan runtunan IV, menerus ke arah utara, dan tenggelam jauh di bawah dasar laut.



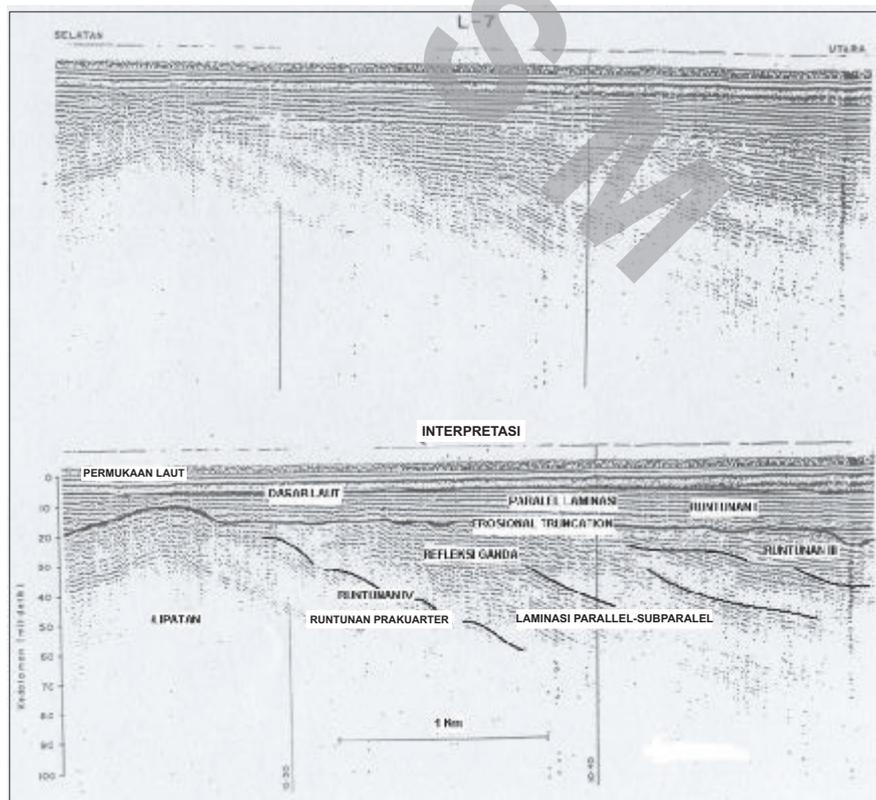
Gambar 5. Rekaman Seismik saluran tunggal lintasan - 4, menggambarkan perlipatan serta sesar-sesar yang berada di puncak lipatan.



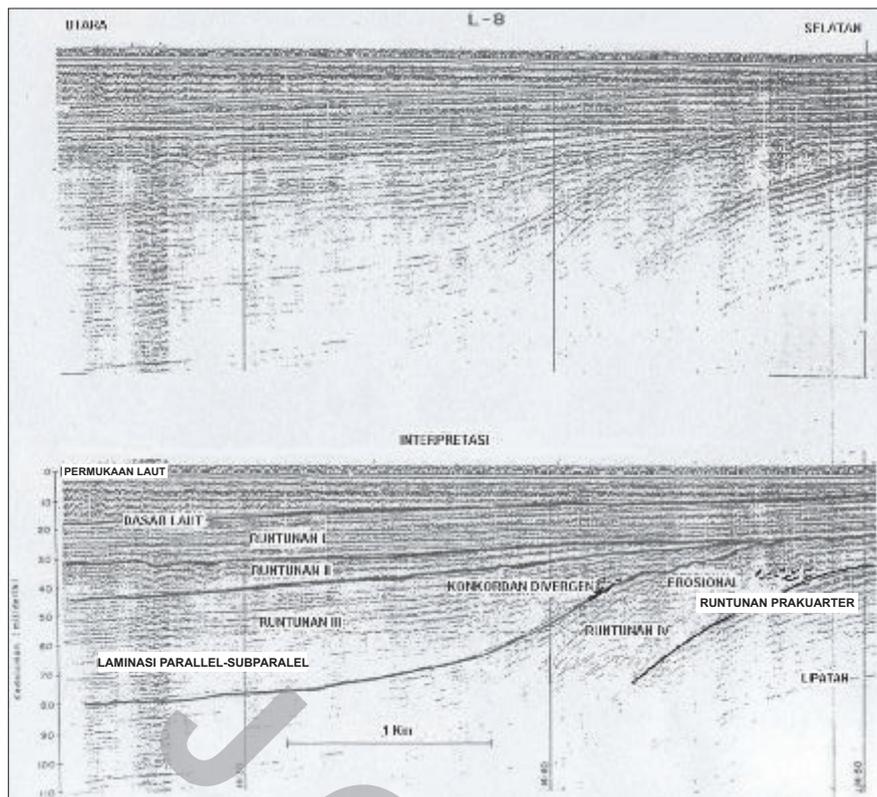
Gambar 6. Rekaman seismik pantul dangkal saluran tunggal lintasan -5 menggambarkan sesar-sesar yang berkembang pada puncak lipatan.



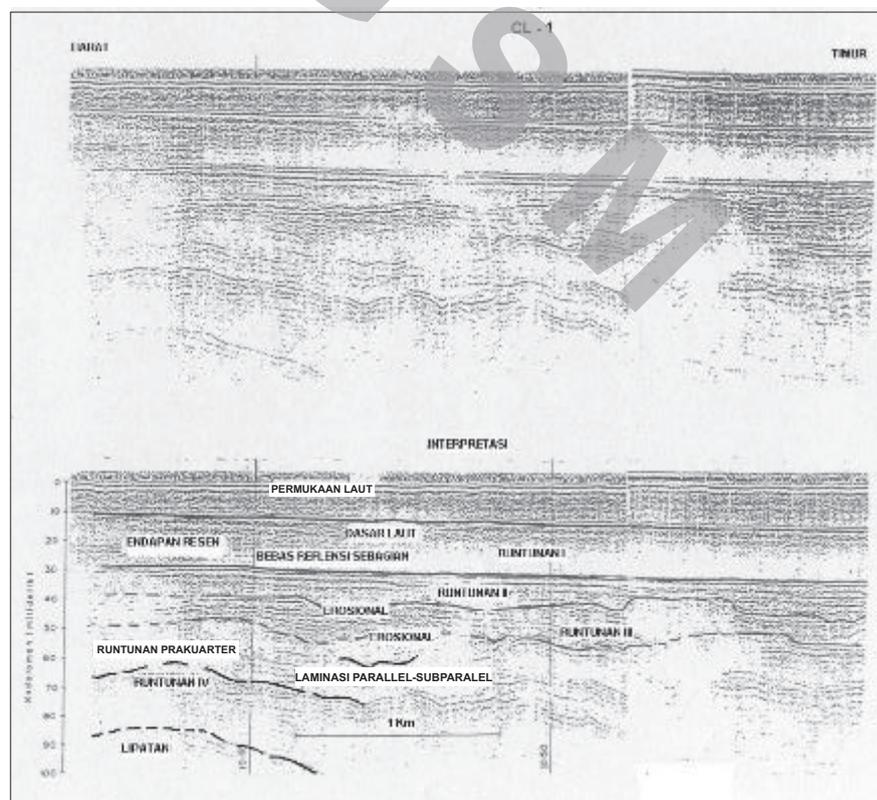
Gambar 7. Rekaman seismik pantul dangkal saluran tunggal lintasan -6 menggambarkan sesar-sesar normal yang berada pada tepi litapan.



Gambar 8. Rekaman seismik pantul dangkal saluran tunggal lintasan -7 menggambarkan struktur lipatan.



Gambar 9. Rekaman seismik pantul dangkal saluran tunggal lintasan -8 menggambarkan hilangnya runtunan II dan III pada tepian perlipatan.



Gambar 10. Rekaman seismik pantul saluran tunggal lintasan CL - 1 menggambarkan permukaan runtunan erosional serta lipatan.

KESIMPULAN

Di lintasan seismik pantul dangkal saluran tunggal sepanjang 300 kilometer di kawasan perairan Tuban, Jawa Timur. Dari perbedaan density kontras, karakter konfigurasi internal reflektor, serta *interface* antar runtunan, dapat dikenali dan ditelusuri sedikitnya empat runtunan. Lapisan tertua dalam rekaman seismik pantul dangkal telah mengalami deformasi, juga tiga runtunan penutup di atasnya.

Runtunan tertua (IV) terekam sebagai runtunan yang telah terlipat dengan sumbu yang berarah barat - timur dan sesar-sesar bongkah yang berkembang pada puncak-puncak sumbu lipatan. Dari hasil penafsiran rekaman seismik saluran tunggal di perairan Tuban dan sekitarnya dapat ditafsirkan adanya tiga sumbu lipatan. Arah sumbu lipatan yang umumnya berarah barat - timur tersebut diduga masih dipengaruhi oleh tektonik yang terjadi pada Jalur Rembang, dan merupakan perkembangan cekungan Jalur Rembang ke arah laut dan tenggelam di Laut Jawa.

Disimpulkan bahwa batas cekungan Jalur Rembang tidak secara tegas berada pada garis pantai utara Jawa Timur, akan tetapi masih berlanjut hingga dasar laut di perairan Tuban dan sekitarnya. Bentuk cekungan Jalur Rembang di perairan Tuban tidak terdeteksi karena penetrasi rekaman seismik pantul dangkal saluran tunggal yang sangat terbatas. Perlu tindak lanjut penelitian di kawasan ini dengan menggunakan perangkat yang memiliki penetrasi lebih dalam guna mengetahui bentuk cekungan secara pasti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Ir.Subaktian Lubis, M.Sc. selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, S. Tjokrosapoetro, M.Sc. selaku Pemimpin Proyek Penelitian Kawasan Pantai dan Lepas Pantai, Dr.Christian Jouanic dari ORSTOM Perancis yang telah membantu serta memberikan saran-saran yang positif dalam kegiatan penelitian, Pemerintah Daerah Kabupaten Tuban yang telah memberikan bantuan dan dorongan yang besar agar penelitian ini dapat berhasil dengan baik.

ACUAN

- Emery, K.O., Uchupi. E., Sunderland. J., Uktolseja H.L. and Young E.M., 1972. Geological structure and some water characteristics of the Java Sea and adjacent continental shelf. *CCOP Technical Bull.* 6.
- Ringgis, J., 1985, Seismic stratigraphy I. *Proceedings of the joint ASCOPE/CCOP workshop 1*, June 1986 Jakarta, Indonesia.
- Koesoemadinata, R.P., 1980. *Geologi minyak dan gas bumi*. Ed. 2. Bandung: Penerbit ITB, 1980, xxv, 296.
- Mc Quillin, R., Bacon M., Barclay, 1984. *An introduction to seismic interpretation*. Graham & Trotman.
- Sheriff, R.E., 1985, Structural interpretation of seismic data. *AAPG Geologist education course note series* 23.
- Situmorang, R.L., Smit, R., Van Vesseem, E.J., 1992. *Peta Geologi Lembar Jatirogo, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sudiro, T.W., 1973, The structural units of the Java Sea, *Indon. Petroleum Assoc. Petroleum Geologist Conv., Houston, Texas*.
- Susilohadi, 1995, *Late Tertiary and Quaternary Geology of the East Java Basin, Indonesia*. Doctoral Thesis. The University of Wologong, Australia.

Naskah diterima	: 19 Oktober 2006
Revisi terakhir	: 26 April 2007