

GEOLOGI ALUVIUM DAN KARAKTER ENDAPAN PANTAI/PEMATANG PANTAI DI LEMBAH KRUENG ACEH, ACEH BESAR (PROV. NAD)

H. Moechtar¹, Subiyanto¹ dan D. Sugianto²

¹Pusat Survei Geologi, Badan Geologi (DESDM), Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122. E-mail: contact@grdc.esdm.go.id

²Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC), Syiah Kuala University, Banda Aceh.

SARI

Endapan aluvium di lembah Krueng Aceh, diduga diendapkan dalam lingkungan cekungan banjir, sistem sungai, transisi, dan klastika linier. Lingkungan klastika linier terdiri atas fasies endapan laut lepas pantai (Fellp), laut dekat pantai (Feldp), pantai/ pematang pantai (Fep/Fepp), dan rawa bakau (Ferb). Penelitian dilakukan dengan pemetaan geologi permukaan dan analisis sedimentologi dan stratigrafi dari sepuluh hasil pemboran yang dilakukan di sepanjang lintasan berarah barat - timur - barat daya dan barat-timur-selatan. Kedalaman pemboran berkisar antara 2,30 hingga 10 m pada ketinggian + 0,90 hingga + 10 m dari permukaan laut.

Berdasarkan korelasi rangkaian perubahan lingkungan pengendapan di lingkungan klastika linier, siklus turun-naiknya permukaan laut dapat dibedakan menjadi tiga. Setiap siklus dicirikan oleh berubahnya lingkungan pengendapan yang dikontrol oleh aktivitas sesar Seulimeum.

Kata kunci: sedimentologi, stratigrafi, aluvium

ABSTRACT

The alluvium in the Krueng Aceh valley, suggests that it is deposited in floodbasin, fluvial system, transition, and linier clastic environments. The linier clastic environments consists of offshore (Fellp), nearshore (Fedp), beach/ beach-ridge (Fep/ Fepp), and marsh deposits. The research was carried out by surface geological mapping and analysed sedimentology and stratigraphy of ten boreholes trending west-east to southwest and west-east to south. Depths of the boreholes varies from 2.30 to 10 m at elevation of + 0.90 - + 10 m above sea level.

Based on correlation of sedimentary environment in the linier clastic environment, sea level changes can be divided into three cycles that were controlled by active tectonic of the Seulimeum fault respectively.

Keywords: sedimentology, stratigraphy, alluvium

PENDAHULUAN

Bennett dr. (1991) menyebut bahwa lembah Kuartar di dataran Aceh Besar ditutupi oleh endapan aluvium tak terbedakan yang terdiri atas kerakal, pasir, lumpur, dan lain-lainnya. Gempa bumi berkekuatan 9,2 SR pada 26 Desember 2004 yang disertai gelombang tsunami dahsyat, telah merubah geologi permukaan khususnya endapan aluvium. Hal tersebut bukan saja karena terjadinya abrasi, pengikisan ataupun perusakan, melainkan disebabkan oleh fenomena proses alam sangat cepat yang menelan ratusan ribu korban manusia, hartabenda dan hilangnya sarana. Wilayah pesisir Aceh, merupakan kawasan bertektonik aktif di bawah kendali zona penunjaman Samudra Hindia tempat Lempeng Hindia-Australia menunjam ke

bawah Lempeng Benua Eurasia. Lembah Kuartar Aceh Besar yang diapit oleh sesar aktif Sumatra dan Seulimeum. Aktivitas tektonik ini dapat dijadikan alat untuk mempelajari berbagai peristiwa yang terjadi terakhir dan terekam pada geologi aluvium yang tak terbedakan. Pemikiran ini beranggapan bahwa tektonik dan perubahan lahan atau lingkungan pada dasarnya saling berhubungan, yang berarti daerah rawan tektonik sangat rawan terhadap berubahnya lingkungan, seperti: berevolusinya bentang alam bentukan asal, terganggunya proses sedimentasi, dan terbentuknya lingkungan baru.

Berdasarkan aspek sedimentologi dan stratigrafi dari pengamatan permukaan yang ditunjang data pemboran dangkal, studi ini dilakukan untuk mempelajari geologi aluvium tak terbedakan dan kaitannya terhadap perubahan lingkungan, khususnya perkembangan pembentukan endapan pantai/pematang pantai. Studi dilakukan melalui:

Naskah diterima : 10 Maret 2008

Revisi terakhir : 14 Juli 2009

(1) deskripsi litofasies dan hubungannya dengan lingkungan pengendapan, (2) menginterpretasi lingkungan pengendapan dan hubungannya dengan berbagai lingkungan, baik secara vertikal ataupun lateral, (3) mengkaji fenomena berubahnya lingkungan pengendapan, dan (4) mendiskusikan tentang sejarah pengisian cekungan pada Holosen akhir hingga sekarang.

Lokasi studi termasuk kawasan administratif Kota Banda Aceh dan sebagian Kabupaten Aceh Besar, Provinsi NAD yang dibatasi koordinat $5^{\circ}30'49,969''$ dan $5^{\circ}40'51,428''$ Lintang Utara serta $95^{\circ}15'25,218''$ dan $95^{\circ}25'34,728''$ Bujur Timur (Gambar 1). Banda Aceh dan sekitarnya di samping merupakan pusat pemerintahan, juga memiliki tata ruang terpadat, yaitu untuk areal pemukiman dan untuk berbagai sarana lainnya, seperti pelabuhan laut/udara, pusat pertahanan angkatan laut, tempat peninggalan bersejarah, dan lain sebagainya.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menginterpretasi citra *Landsat 547* + DEM (Digital Elevation Model) untuk mencermati penampakan geomorfologi dan geologi permukaan, dan dilanjutkan dengan melakukan pemboran dangkal. Pengamatan geologi permukaan dilakukan secara langsung di lapangan dengan berpedoman pada peta geologi lembar Banda Aceh, Sumatra (Bennett dr., 1981) dan peta unit litologi dari Culshaw dr. (1979) dalam Ploethner dan Siemon (2005). Untuk pengamatan permukaan dilakukan pemetaan litologi yang pemisahannya berdasarkan ukuran butir dan karakter fasies, serta batas sebarannya ditafsirkan dari citra. Analisis data bawah permukaan difokuskan pada hasil pemboran dangkal sebanyak sepuluh titik yang berarah barat - timur yang membelok ke arah barat daya; dan barat - timur yang membelok ke selatan. Titik lokasi bor diplot secara teliti menggunakan GPS. Selanjutnya, data diamati secara visual dan detail yang meliputi aspek sedimentolog, khususnya lingkungan pengendapan. Setiap perubahan fasies, baik secara berangsur ataupun tegas yang termasuk kandungan komposisi, ukuran butir dan warna diplot dan direkam dalam penampang vertikal (log bor) berskala 1:100. sepuluh log bor, yaitu lintasan TB.1 - TB.5, dan lintasan TB.6 - Tb.10 masing-masing terdiri atas lima log bor dikorelasikan (Gambar 2 dan 3). Kisaran kedalaman log bor antara 2,30 dan 10,00 m pada + 0,90 hingga + 10 m dari permukaan laut (dpl). Bor

tangan yang dipakai adalah perangkat sistem tipe legenda penampang (*profile type legend systems*) yang sangat cocok diterapkan di kawasan sedimen lunak dan lepas.

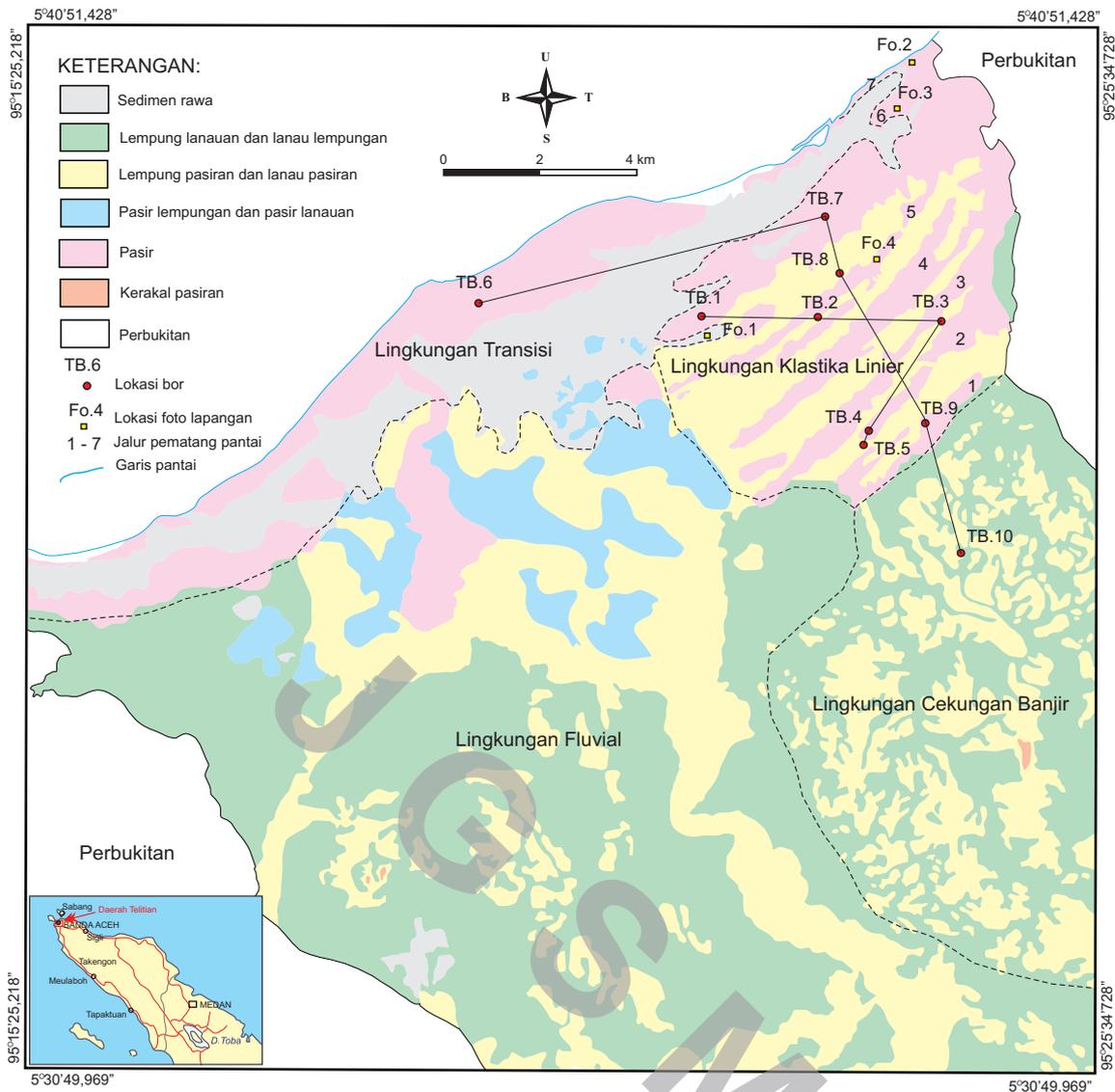
Berdasarkan ciri khas litologi dan karakter fasies sedimen, dilakukan korelasi ciri litologi yang menjadikan berlainan interval fasies pengendapan (IFP) yang ditandai oleh proses turun-naiknya permukaan laut. Dari susunan rangkaian pengendapan, maka perubahan lateral dan vertikal setiap lingkungan pengendapan dapat dijabarkan. Akhirnya, fenomena faktor kendali proses pembentukan sedimen, khususnya terhadap fasies endapan pantai/ permatang pantai yang dipengaruhi dari proses luar cekungan (*external processes*), seperti berubahnya permukaan laut, iklim, dan tektonik.

GEOLOGI ALUVIUM PERMUKAN

Geologi Umum

Fisiografi Aceh Besar dan sekitarnya, tertata sebagai wilayah dataran aluvium bergelombang hingga dataran rendah pantai yang membentang dengan arah hampir barat laut - tenggara dan semakin ke selatan makin tinggi. Iwaco (1993) dalam Ploethner dan Siemon (2005) menyebut wilayah tersebut sebagai Cekungan Krueng Aceh atau Lembah Krueng Aceh (Farr dan Djaeni, 1975 dalam Ploethner dan Siemon, 2005). Di sebelah barat dibatasi oleh Sesar Sumatra yang disebut sebagai Sesar Aceh (Barber dan Crow, 2005 dalam Ploethner dan Siemon, 2005) atau termasuk Segmen Sesar Krueng Aceh (Tjia, 1977). Daerah ini berada di kaki pegunungan kompleks Bukit Barisan yang tersusun oleh batuan Tersier dan Praersier. Di bagian timur, cekungan Kuartar ini dibatasi oleh perbukitan yang tersusun oleh batuan Plio-Plistosen yang berasal dari Gunung Api Seulawah (Iwaco, 1993 dalam Ploethner dan Simon, 2005). Di wilayah tersebut membentang sesar Seulimeum (Barber dan Crow, 2005 dalam Ploethner dan Simon, 2005) berarah hampir utara - selatan, sesar ini memotong sesar Aceh di utara Tangse timur *batholith* Sikuleh.

Dataran rendah aluvium hingga dataran pantai yang menjadi fokus penelitian terletak pada ketinggian kurang dari 18 m (dpl) dengan kemiringan lereng antara 0° hingga 12° , dan sungai utamanya adalah Krueng Aceh yang hulunya di pegunungan sebelah barat.



Gambar 1. Peta sebaran litologi endapan Kuartar permukaan di Cekungan Banda Aceh, lokasi penampang bor dangkal dan foto Lapangan. (Modifikasi dari Culshaw dkk., 1979 dalam Ploethner dan Simon, 2005).

Litologi dan Penafsirannya

Litologi aluvium yang tak terbedakan tersusun oleh kerakal pasiran, pasir, pasir lempungan dan pasir lanauan, lempung pasiran dan lanau pasiran, lempung lanauan dan lanau lempungan, dan sedimen rawa. Berdasarkan interpretasi citra *Landsat* 547 + DEM dapat diidentifikasi sebaran litologinya (Gambar 1). Sementara itu, karakter bentang alam dan pola sebaran fasies pengendapannya, cekungan Kuartar di daerah dapat dibedakan menjadi cekungan banjir (*floodbasin*), sistem sungai (*fluvial systems*), transisi, dan klastika linier (*linier clastics*).

Lingkungan cekungan banjir adalah tempat kumpulan atau terminal proses pengendapan, baik

yang berasal dari pelimpahan material alur sungai yang bercampur dengan fasies rawa atau sebagai wadah pasokan material yang bersumberkan dari paparan cekungan. Cohen drr. (2003) menyebut lingkungan cekungan banjir sebagai wilayah dataran rendah. Disini pengaruh suplai material sungai relatif kecil. Terminologi lingkungan cekungan banjir telah diuraikan secara rinci oleh Reineck dan Singh (1973). Mereka menyatakan bahwa "*flood basins are the lowest-lying part of a river flood plain*". Lingkungan ini dicirikan oleh pola aliran yang jarang, datar, tidak memiliki relief, dipengaruhi oleh endapan suspensi, dan memiliki akumulasi panjang dengan kecepatan sedimentasi sangat rendah. Satuan ini tersebar di bagian tenggara atau barat Krueng Aceh,

yang berbentuk dataran rendah dengan sebaran tonjolan berbukit rendah hingga bergelombang, rawa dan langka sungai. Litologinya tersusun oleh fasies endapan rombakan dan rawa. Endapan rombakan terdiri atas lempung pasiran dan lanau pasiran. Kandungan pasir, lempung lanauan dan lempung yang belum terkonsolidasi pada litologi ini tersebar pada massa dasar pasir, dan dialasi batuan vulkanik. Pemisahan butir tak sempurna dengan pemilahan buruk terkadang mengandung sisipan tipis pasir halus dan lempung setebal 3 hingga 5 cm, berwarna abu-abu kecoklatan, menyudut hingga membulat tanggung, agak keras, dan padat. Bercampurnya berbagai butiran klastika yang tersebar tidak sempurna berdasarkan komposisi tersebut ditafsirkan sebagai material rombakan. Endapan rawa tersusun oleh lempung lanauan dan lanau lempungan, sedikit sisa tumbuhan serta mengandung sisa-sisa akar tanaman dan dedaunan, berwarna coklat hingga abu-abu kehitaman, berhumus dan lengket.

Lingkungan fluviatil berkembang baik di barat daya atau barat Krueng Aceh yang ditandai secara khas sebagai tempat berkembangnya alur sungai dan pelimpahannya di beberapa tempat berkembang lingkungan rawa. Satuan ini membentuk bentang alam dataran rendah bergelombang hingga datar dengan tonjolan bukit rendah, litologinya tersusun oleh endapan alur sungai purba. Alur sungai utama Krueng Aceh yang melalui dataran rendah bergelombang mengendapkan bongkah hingga pasir kasar yang menunjukkan energi aliran relatif tinggi. Pada saat memasuki dataran rendah Banda Aceh energi alirannya turun secara drastis, salah satu faktor penyebabnya karena hilangnya keseimbangan energi akibat material yang dibawa sungai cukup besar dan memiliki dasar alur relatif datar. Litologi endapan alur sungai purba terdiri atas lempung pasiran dan lanau pasiran, kadang-kadang terjadi perulangan pasir halus dan pasir kasar, setempat kerakal-kerikil berukuran 2 hingga 3 cm, menghalus ke arah atas (*finning upwards*), berwarna coklat hingga abu-abu kehitaman, berstruktur silang-siur skala menengah (*cross bedding*) dan berangsur (*grading*), lepas dan belum terkonsolidasikan. Alur-alur sungai purba tersebut telah mengalami pergeseran ke arah timur, yang ditandai oleh perkembangan alur sungai purba yang tersingkap di

permukaan dan tersebar di bagian barat alur sungai utama kini. Bentang alam dataran rendah lainnya ditempati oleh lempung lanauan dan lanau lempungan yang berwarna coklat kekuningan hingga coklat abu-abu, pejal dan berhumus yang diduga sebagai material pelimpahan alur sungai atau endapan limpah/ dataran banjir.

Bentang alam dataran rendah aluvium hingga dataran rendah pantai yang terletak di sebelah barat laut hingga pantai termasuk lingkungan transisi, tersusun oleh endapan laut, endapan rawa bakau (*mangrove*), endapan fluvial, dan endapan pantai. Fenomena ini merupakan perpaduan antara pertemuan proses fasies darat dan klastika linier, yang ditandai oleh turunnya secara drastis energi Krueng Aceh yang hampir tidak mengalir (*sluggish*). Endapan laut terdiri atas lempung pasiran dan lanau pasiran, berwarna abu-abu kehijauan, mengandung moluska dan sisa dedaunan, tak berlapis, lunak dan kenyal yang ditafsirkan sebagai endapan laut dekat pantai. Pasir halus hingga menengah, kaya pecahan moluska dan akar tanaman, tak berlapis, terpilah baik, membulat tanggung hingga menyudut tanggung. Satuan ini termasuk endapan pantai/pematang pantai. Selain itu dijumpai pasir lempungan dan pasir lanauan, terpilah buruk dengan warna kuning keabu-abuan, kadang-kadang terpilah baik dengan butiran yang beragam. Litologi ini diduga merupakan hasil percampuran endapan alur sungai yang dipengaruhi gelombang dan arus pasang surut. Di permukaan bentang alamnya terbentuk oleh fasies pasir pantai, dan lempung lanauan hingga lanau lempungan sebagai endapan rawa bakau dan rawa; dan lempung dan lumpur merupakan endapan laut dekat pantai. Percampuran berbagai fasies endapan, yang prosesnya berlangsung di dalam lingkungan rawa bakau terletak dalam lingkungan transisi yang dipengaruhi pasang-surut terlihat pada Foto 1.

Lingkungan klastika linier yang terletak di timur laut hingga pantai dicirikan oleh bentang alam khas, yang membentuk tujuh deretan endapan pantai/pematang pantai dengan perbedaan ketinggian yang hampir sama. Fasies endapan ini tersebar secara linier dengan arah timur laut-barat daya dengan ketinggian setiap satuan berkisar antara 0,90 hingga 3,75 m, dan dilalui oleh sebuah alur sungai utama berkelok. Jalur pematang pantai 1 dan 2 berbatasan dengan



Foto 1. Alur pasang surut pada Lingkungan Transisi di selatan Makam Syah Kuala.



Foto 2a. Jalur Pasir Pematang Pantai 1 dan 2.

lingkungan cekungan banjir (Foto 2a) yang disusun oleh pasir (Foto 2b), berukuran halus sampai sangat kasar, lepas, terpilah baik, terkadang berstruktur laminasi (Foto 2b) dan ke arah atas masif (Foto 3a dan 3b), berwarna putih kotor hingga abu-abu gelap, menyudut tanggung hingga membulat tanggung, terdiri atas fragmen batuan, kuarsa dan mineral hitam. Dari hasil pengamatan pada sumur tes (*test pit*) sedalam 60 cm, litologi dataran pantai yang memisahkan punggungan pematang adalah perselingan lempung berwarna abu-abu hingga abu-abu kecoklatan dengan lapisan lanau dan pasir berwarna abu-abu setebal 10 hingga 15 cm. Litologi tersebut mengandung moluska dan sisa tumbuhan, lunak dan berhumus yang ditafsirkan sebagai endapan laut dekat pantai. Pada peristiwa tsunami 2004, gelombang pasang tsunami menerpa cukup besar ke arah lingkungan ini, yang ditandai oleh terdamparnya kapal ikan (Foto 4a), dan sisa-sisa endapan pasir yang menindih tidak selaras endapan pantai/ pematang pantai (Foto 4b).



Foto 2b. Singkapan perselingan pasir berbutir halus dan menengah yang membentuk struktur laminasi sejajar pada Jalur Pematang Pantai 1.

Proses Pengendapan dan Fenomenanya

Cekungan Kuarter Aceh Besar yang diapit oleh Sesar Aceh dan Sesar Seulimeum mempunyai bentang alam yang lingkungannya berbeda. Ini berarti bahwa proses sedimentasi yang berlangsung dalam setiap lingkungan berbeda pula. Jejak suatu perpindahan proses sedimentasi bukan saja ditandai oleh bergesernya alur sungai, tetapi dapat juga oleh adanya proses terbentuknya pematang pantai. Pematang pantai tertua terletak sekitar 6 km dari garis pantai kini, dan garis pantai tersebut bergerak ke arah laut sekitar 1,4 km. Garis pantai ketiga berada kurang lebih 2,415 km dari pematang pantai



Foto 3a. Jalur Pasir Pematang Pantai 3.

pertama atau maju sekitar 1,015 km dari pematang pantai kedua. Kemudian, pematang pantai maju sekitar 676 m sebagai batas garis pantai ke-4, dan kembali maju lagi menuju ke posisi 1,354 pada garis pantai yang ke-5, yang pada akhirnya bergerak maju lagi pada posisi garis pantai sekarang (garis pantai ke-7) sejauh 1,555 km. Maju-mundurnya garis pantai tersebut, tidaklah semata-mata dapat diartikan sebagai suatu pertumbuhan daratan (*landward*). Adanya pematang pantai tertua lebih mengarah ke daratan kini. Posisi tersebut tidak dapat dijadikan bukti bahwa permukaan laut maju (*seaward*) akibat penurunan atau pengangkatan. Untuk mengetahuinya perlu ditelusuri hirarki turun-naiknya permukaan laut. Selain itu, gejala pasokan material yang tersebar di lingkungan cekungan banjir dapat dijadikan sebagai indikator bahwa di tempat tersebut proses pengendapannya dinamis. Demikian pula fenomena yang terjadi di lingkungan cekungan banjir, lingkungan transisi, dan lingkungan sistem fluvial.

Secara umum, aluvium permukaan dicirikan oleh suatu kehomogenan sistem pengisian cekungan yang sifatnya unik. Sistem penyebaran lingkungan yang unik tersebut dibuktikan oleh setiap batas paparan cekungan berkembang lingkungan yang berbeda, sehingga memiliki sejarah panjang yang perlu dicurigai guna mengetahui:

- (a) kaitan antara tektonik dan pasokan material termasuk bergesernya alur sungai purba,
- (b) hubungan tektonik dengan turun-naiknya permukaan laut termasuk rangkaian siklus pembentukannya, dan
- (c) posisi fenomena perubahan lingkungan. Ketiga runtunan kejadian itu, sangat terkait dengan proses pengendapan dan fenomenanya.

GEOLOGI ALUVIUM BAWAH PERMUKAAN

Litologi dan Lingkungan Pengendapan

Litologi hasil pembaratan terdiri atas lempung, lanau, pasir, dan lempung berhumus, lempung lanauan, lempung pasiran, pasir lempungan, dan pasir lanauan. Kombinasi litologi tersebut diendapkan sebagai endapan rawa bakau (Ferb), endapan pantai/pematang pantai (Fep/ Fepp), endapan laut dekat pantai Feldp), dan endapan laut lepas pantai (Fellp)



Foto 3b. Singkapan pasir berbutir halus sampai menengah pada Jalur Pasir Pematang Pantai 3.



Foto 4a. Kapal ikan yang terdampar pada Jalur Pematang Pantai 4 akibat Tsunami 26 Desember 2006.



Foto 4b. Sisa-sisa pasir sedimen Tsunami 26 Desember 2006 yang terdapat di dekat kapal ikan, terendapkan tidak selaras di atas pasir pematang pantai.

yang lebih lanjut diuraikan sebagai berikut (Gambar 2 dan 3):

Endapan rawa bakau terdiri atas lempung, berwarna gelap abu-abu tua kehitaman yang semakin gelap ke arah atasnya, mengandung humus dan gambut, kaya akan sisa-sisa tumbuhan dan daun, dengan ketebalan antara 0,80 hingga lebih dari 2,70 m. Endapan rawa ini terdiri atas beberapa perulangan selang pengendapan yang berselingan dengan fasies endapan pantai/pematang pantai. Pada selang lapisan tertentu bersisipan lempung tipis kurang dari 1 cm, berwarna abu-abu kehijauan yang ditafsirkan sebagai fasies laut yang terbentuk pada waktu pendek. Endapan pantai/pematang pantai berwarna putih, abu-abu gelap hingga kuning kecoklatan dengan ukuran butir seragam. Ukuran butir pasir bervariasi antara halus hingga menengah kadang-kadang berukuran kasar, mengandung moluska dan sisa-sisa tumbuhan, kisaran ketebalan antara 1,30 hingga 2,40 m, lepas dan urai, terpilah sedang, menyudut tanggung hingga membulat tanggung, mengandung fragmen batuan, kuarsa dan mineral hitam. Fasies klastika linier lainnya tersusun oleh lempung lanauan, lanau pasiran, dan perselingan antara lempung dan lanau hingga pasir halus serta bersisipan pasir setebal 2 hingga 5 cm, berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat kelabu, mengandung moluska, bersisipan humus dan sisa-sisa tumbuhan, lunak dan kenyal. Jenis litologi ini termasuk sebagai endapan laut yang diendapkan dekat pantai dengan tebal 0,50 hingga 2,20 m. Lempung berwarna gelap abu kehijauan hingga hijau, mengandung moluska dan foraminifera, kadang-kadang berlapis tipis dan bersisipan lanau setebal 2 hingga 4 cm, ketebalan lapisan \pm 2 m, dan diinterpretasikan sebagai endapan laut lepas pantai.

Stratigrafi

Berdasarkan korelasi, stratigrafi runtunan rangkaian pengendapan dikelompokkan menjadi Interval Fasies Pengendapan (IFP) yang secara spesifik menunjukkan proses turun-naiknya permukaan laut, dan diuraikan sebagai berikut (Gambar 2 dan 3).

Bagian bawah rangkaian stratigrafi lintasan TB.1 - TB.5 (Gambar 2) litologinya tersusun oleh pasir Fep/Fepp berukuran halus hingga menengah, butirannya mengasar ke arah atas secara berangsur, yang

menunjukkan proses pengendapannya berlangsung pada saat permukaan laut turun 1 (IFP A). Bidang erosional pada batas Interval Fasies Pengendapan B (Bl. B) ditempati butiran yang menghalus berukuran lempung pasiran dan pasir lempungan (Feldp). Penampakan ini membuktikan bahwa permukaan laut kembali naik (IFP B) atau setara dengan permukaan laut naik 2. Ke arah selatan (Ntp. TB.4 dan TB.5/ Gambar 2) endapan pantai tersebut dierosi dan ditutupi oleh pasir halus Fep/Fepp (IFP C) yang tidak ditemukan ke arah utaranya. Runtunan stratigrafi IFP B dan IFP C merupakan suatu proses berkesinambungan dari bagian suatu siklus permukaan laut yang menuju turun atau susut laut (permukaan laut turun 2).

Lempung dari Felp yang tersebar di bagian tengah sayatan penampang (Gambar 2) menutupi dan mengerosi lapisan IFP B dan IFP C. Fase naiknya permukaan laut tersebut termasuk rangkaian siklus turun-naiknya permukaan laut yang lebih muda, yaitu proses permukaan laut naik 3 (IFP D), yang ditandai oleh turun-naiknya permukaan laut berskala lebih kecil lagi yaitu dengan terbentuknya Fep/Fepp di antara Feldp. Setelah itu, terbentuk endapan pasir halus hingga menengah Fep/Fepp (IFP E). Berdasarkan jejak erosi dan ukuran butiran yang terekam menunjukkan bahwa fasies pantai tersebut memiliki perbedaan yang mencolok dengan ciri lapisan yang sama pada Ntp. TB.1 (Gambar 2). IFP E ini ditafsirkan sebagai fase permukaan laut turun 3 yang dicirikan oleh turun-naiknya permukaan laut berskala kecil yaitu terbentuknya fasies Felp di antara Fep/Fepp. Secara keseluruhan, korelasi sedimen di utara (Gambar 2) yang terbentuk pada ketinggian + 7 hingga + 2 m (dpl) dengan ketebalan kurang dari 4,50 m, menunjukkan bahwa paling tidak telah terjadi tiga kali siklus turun-naiknya permukaan laut. Siklus pengendapan yang didasari turun-naiknya permukaan laut tersebut adalah:

- (a) bagian atas siklus pertama (IFP A),
- (b) siklus kedua (IFP B dan IFP C), dan
- (c) siklus ketiga (IFP D dan IFP E). Proses turun-naiknya permukaan laut berlangsung secara cepat dan singkat, yang ditunjukkan oleh perlapisan tidak tebal dengan sebaran yang tidak luas, dan telah terjadi peristiwa fase turun-naiknya permukaan laut sebanyak tiga kali.

Rangkaian stratigrafi lintasan TB.6 - TB.10 dengan ketinggian + 4 hingga 10 m (dpl) berarah barat - timur melalui lingkungan transisi, yang menerus dan memotong lingkungan klastika linier hingga menerus ke lingkungan cekungan banjir berarah utara-selatan (Gambar 3). Di selatan, terbentuk lempung bersisipan pasir, berwarna coklat kehitaman (Ferb), ke arah atasnya ditutupi oleh pasir berukuran kasar yang menghalus ke arah atas. Pasir membundar tanggung dan mengandung moluska sebagai Fep berukuran kasar. Fasies endapan rawa bakau (Ferb) dan endapan pantai (Fep) ini dapat diasumsikan sebagai bagian dari siklus pengendapan permukaan laut rendah pertama (mlr 1) menuju permukaan laut tinggi (mlt) dan kembali turun (mlr 2). Turun-naiknya permukaan laut tersebut dibuktikan dengan diendapkannya lempung berhumus setebal 30 cm di atas Fep (TB.10/Gambar 3). Rangkaian proses pengendapan ini selanjutnya dikelompokkan menjadi IFP A. Di atas IFP A berkembang Ferb yaitu lapisan lempung hingga lempung pasir, berwarna coklat kehitaman yang tersebar di lingkungan cekungan banjir (TB.10/ Gambar 3). Rangkaian stratigrafi tersebut menunjukkan bahwa posisi permukaan laut ketika itu rendah (mlr 1), yang ke arah utaranya ditempati oleh Fep berupa pasir berukuran menengah. Proses tersebut sebagai pertanda bahwa permukaan laut naik (mlt). Pasir tersebut dierosi oleh Fep berukuran pasir kasar yang diasumsikan sebagai fase permukaan laut turun (mlr 2). Runtunan stratigrafi tersebut dapat dijadikan sebagai patokan suatu kesatuan siklus turun-naiknya (IFP B). Selain itu, pada beberapa tempat berkembang lingkungan rawa bakau sebagai bukti bahwa permukaan laut semakin rendah, dan turun-naiknya permukaan laut berskala kecil dengan terbentuknya beberapa fasies pantai/ pematang pantai (TB.8 – TB.9/ Gambar 3).

Berdasarkan hubungan fase pembentukan fasies tersebut di atas karakter proses pengendapannya adalah :

- (a) kecepatan turunnya permukaan laut pada mlr 2 IFP A relatif cepat karena tidak memberi kesempatan untuk berkembangnya lingkungan rawa bakau,
- (b) kecepatan naiknya permukaan laut yang terjadi pada IFP B diduga berlangsung pula secara cepat karena lingkungan rawa bakau juga tidak berkembang, sementara
- (c) kecepatan turunnya permukaan laut (mlr 2) IFP B relatif lambat karena di beberapa tempat lingkungan rawa bakau terbentuk.

Dari rangkaian stratigrafi yang ditafsirkan di atas, maka bagian atas cekungan Kuarter di Lembah Krueng yang dikaitkan dengan faktor kendali pembentukan suatu rangkaian stratigrafi, maka telah terekonstruksi tiga siklus pengendapan berdasarkan peristiwa turun-naiknya permukaan laut (Gambar 2), sedangkan IFP A dan IFP B (Gambar 3) adalah seumur dan berhubungan dengan pembentukan siklus kedua dan ketiga.

DINAMIKA PROSES PENGENDAPAN

Siklus atau daur proses pengendapan di Lembah Krueng merupakan interaksi peristiwa turun-naiknya permukaan laut yang berlangsung relatif cepat, sehingga menjadi menarik untuk ditelusuri, khususnya faktor kendali pembentukannya. Mekanisme perubahan turun-naiknya permukaan laut dapat disebabkan oleh deformasi kerak (tektonik), air yang berasal dari daratan, peristiwa glasiasi, dan perubahan volume panas samudra (*thermohalite*) (Revelle, 1990 dalam Plint dr., 1992). Bertambah dan berkurangnya volume air di daratan, peristiwa glasiasi dan perubahan panas di samudra terkait erat dengan berubahnya iklim. Plint dr. (1992) mengatakan bahwa perubahan permukaan laut berskala kecil (ordo ke-4 dan ke-5) yang kurun waktunya puluhan ribu hingga ratusan ribu tahun, mengikuti perubahan iklim yang identik dengan siklus Milankovitch. Walker dan James (1992) mempertegas bahwa kontrol dinamika pengendapan dapat terbentuk oleh akibat perubahan permukaan laut, tektonik, iklim, dan evolusi biotik. Kontrol perubahan iklim tidak dapat ditelusuri dari rangkaian stratigrafi daerah penelitian. Sirkulasi berubahnya iklim secara universal sangat terkait dengan proses fisika dan kimia yang terkait dengan evolusi flora/ fauna terhadap fasies endapan yang terbentuk di darat (Perlmutter dan Matthews, 1989), sementara runtunan stratigrafi di daerah penelitian berasal dari ulah turun-naiknya permukaan laut, yang serta merta menyulitkan untuk memantau berubahnya iklim.

Secara sederhana, *base level* dalam sistem dinamika cekungan diartikan sebagai batuan dasar yang mengalasi suatu proses sedimentasi yang sedang dan masih berlangsung. Suatu intensitas tektonik yang dipicu oleh Bergeraknya sesar secara lateral atau vertikal, dapat mengakibatkan naik dan

turunnya batuan alas. Turun-naiknya batuan alas memberi efek bergeser atau berpindahnya lingkungan di permukaan. Reading (1980) mengatakan bahwa gerak lateral identik dengan gerak sesar mendatar yang membentuk bangun elipsoidal, akan tetapi salah satu bidangnya menegak menjadi *dip-slip* sedangkan bidang yang satunya lagi turun. Cekungan fluvial umumnya peka terhadap tektonik aktif yang dapat menyebabkan turun-naiknya dasar cekungan (Miall, 1978 a dan b; Blakey dan Gubitosa, 1984; dan Flores, 1985). Lingkungan yang spesifik akibat gerak lateral, seperti terbentuknya lingkungan yang naik (*high-land*) dan turun (*stepping basin*), begesernya alur sungai dan melebar /mengecil tubuh alur sungai tidak dijumpai di lingkungan klastika linier tempat berkembangnya endapan pantai/pematang pantai, laut, dan rawa bakau.

Lingkungan cekungan banjir dan klastika linier Lembah Krueng dibatasi oleh Sesar Seulimeum, yang ke arah timurnya berkembang tinggian yang ditempati oleh batuan berumur Plio-Plistosen. Diendapkannya material rombakan di lingkungan yang rendah dapat diasumsikan bahwa tempat tersebut merupakan bagian zona turun gerak vertikal, sedangkan sumbernya berasal dari tinggian yang berbatasan dengan sesar. Zona tinggian yang terletak di sebelah timur tersebut dapat diasumsikan sebagai bagian naik dari pergerakan sesar.

Endapan Pantai/ Pematang Pantai

Jejak proses sedimentasi yang membentuk tubuh Fep/Fepp dan mengalirnya sebuah alur sungai besar, dapat dijadikan sebagai alasan bahwa proses penurunan telah terjadi. Di blok turun perilaku sesar naik, umumnya mengalir sebuah alur sungai utama yang saling berpotongan (*stacking*) tanpa mengalami pergeseran (*shifting*). Oleh karena itu Sesar Seulimeum kemungkinan termasuk sesak aktif naik. Panorama tubuh Fep/Fepp memperlihatkan bahwa perbedaan elevasi ketinggian yang tidak jauh berbeda dan kecepatan pencapaian ke arah daratan semakin berkurang seperti yang terlihat pada IFP B hingga E (Gambar 2), seolah-olah tubuh Fep/Fepp tua semakin terletak ke arah daratan, sebaliknya tubuh yang muda mendekati garis pantai. Selain itu, tubuh Fep/ Fepp yang tidak memiliki perbedaan

ketinggian mencolok itu ditandai oleh semakin menurunnya kecepatan proses genang laut pada IFP A hingga IFP B (Gambar 2), dan menyebabkan tubuh Fep/Fepp tua berada jauh masuk ke daratan. Berdasarkan mekanisme tersebut maka tubuh Fep/ Fepp yang terbentuk di Lembah Krueng Aceh tidak dapat dikategorikan sebagai undak (*terrace*) pantai yang mekanismenya melalui proses pengangkatan.

Secara umum, ciri tubuh Fep/ Fepp yang terbentuk di daerah penelitian, adalah:

1. Tubuh Fep/Fepp berukuran kasar menandakan sebagai fase permukaan air laut naik (IFP A/ Gambar 3), sedangkan tubuh Fep/Fepp berukuran menengah, permukaan laut kembali naik, dan selanjutnya turun kembali membentuk tubuh Fep/ Fepp yang lebih kasar dan lingkungan rawa bakau (IFP B/ Gambar 3). Siklus tersebut membuktikan bahwa telah terjadi suatu siklus turun-naiknya permukaan laut.
2. Kecepatan naiknya permukaan laut mengikuti siklus pengendapan dilustrasikan migrasi naiknya permukaan laut ke arah daratan yang semakin menurun (Gambar 2). Pada siklus pertama bagian atas (IFP A) yang posisinya ketika itu sebagai lingkungan laut lepas pantai, mengandung arti bahwa kedalaman laut adalah maksimum. Selanjutnya, siklus kedua (IFP B dan C) puncak permukaan laut tinggi berada pada lingkungan laut dekat pantai (IFP B), selanjutnya ini berarti bahwa garis pantai ketika itu mundur di banding sebelumnya. Kemudian, siklus ketiga (IFP D dan E) membuktikan bahwa garis pantai semakin mundur. Migrasi garis pantai yang kecepatannya semakin menurun berkaitan terhadap besaran intensitas tektonik dan turunnya permukaan laut secara global pada akhir Holosen. Dengan kata lain naik-turunnya permukaan laut yang membentuk siklus pengendapan dikendalikan oleh sesar lokal Seulimeum yang pada saat itu posisi permukaan laut global turun.

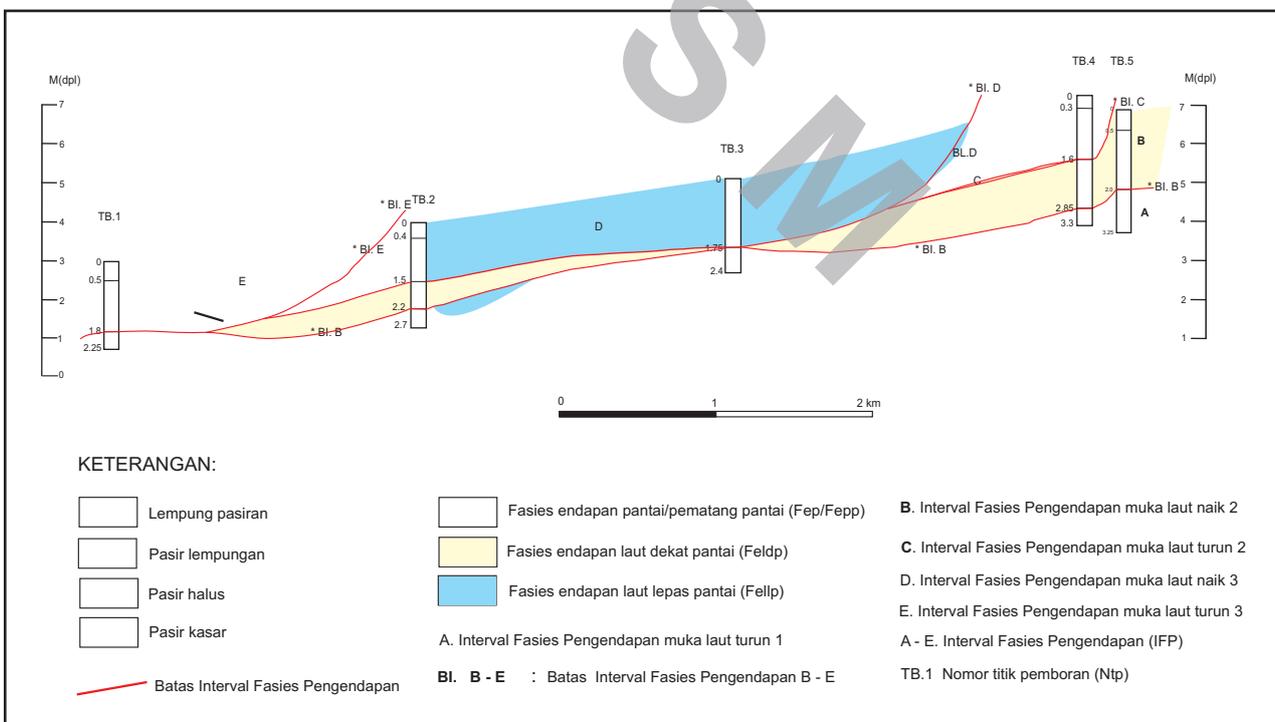
Hubungan terbentuknya tubuh Fep/Fepp dan aktivitas sesar Seulimeum, lebih jauh dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ketika intensitas tektonik mencapai maksimum terbentuk zona tinggian yang diakibatkan oleh terangkatnya alas cekungan, posisi permukaan laut turun, dan proses pengendapan hampir tidak terjadi.

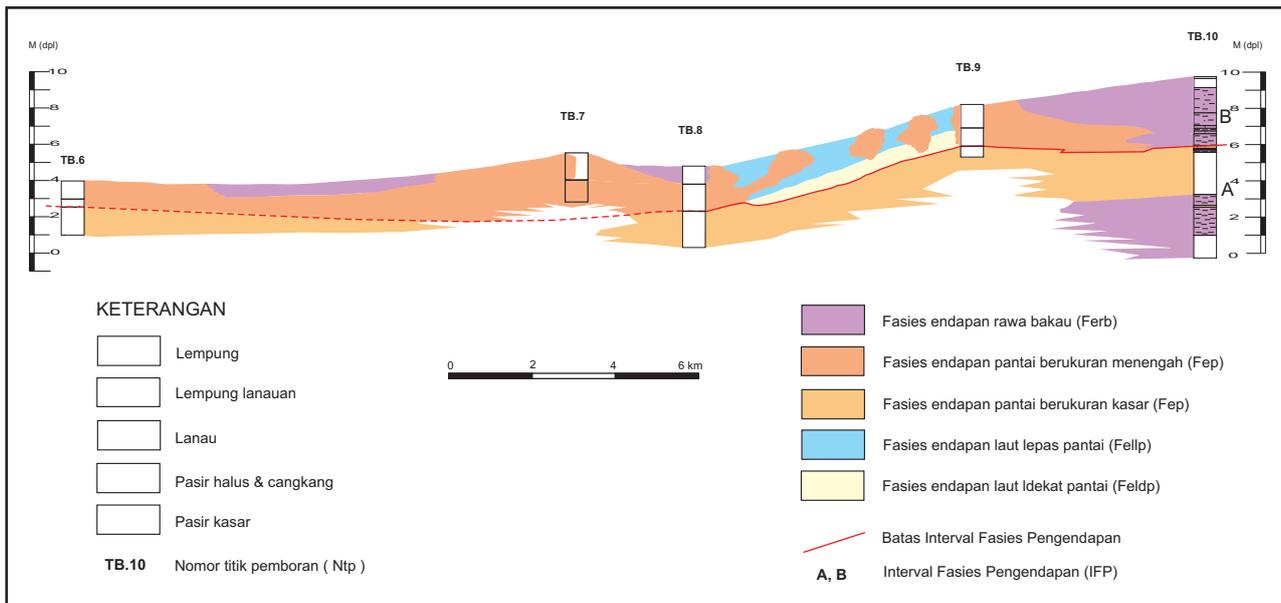
2. Secara perlahan permukaan air laut kembali naik secara luas, yang disertai dengan turunnya zona tinggian. Proses tersebut identik dengan mekanisme terbentuknya cekungan turun, meskipun berskala kecil.
3. Siklus stratigrafi yang terbentuk pada lingkungan klastika linier berskala pendek karena dipicu oleh sesar lokal. Oleh karena itu siklus perubahan permukaan laut yang terbentuk bersifat lokal.
4. Kecepatan intensitas tektonik lebih kecil dibanding kecepatan turunnya permukaan laut global, sehingga menyebabkan migrasi garis pantai semakin menjauhi daratan. Namun demikian, gelombang pasang atau naiknya permukaan laut akan tetap mengancam daerah pesisir apabila siklus turun-naiknya permukaan laut dikaitkan dengan tektonik lokal kembali berlangsung.

Gelombang pasang tsunami pada 2004 merupakan peristiwa tektonik yang dahsyat pada abad ini. Sifatnya global karena hampir di wilayah pesisir Asia Tenggara dan Selatan merasakan dampaknya. Latief

(2009) membahas fenomena tsunami dalam menganalisis bahaya dan resiko bencana yang ditimbulkan serta upaya dalam memitigasinya tanpa mengulas fenomena tsunami purba. Sementara itu, Ningsih (2009) menyebut bahwa tsunami termasuk gelombang ekstrim yang berpengaruh terhadap lingkungan, dan harus memotivasi perkembangan ilmu pengetahuan karena masih banyak dinamika oseanografi yang berkaitan dengan penjalaran gelombang ekstrim yang belum terungkap di perairan Indonesia. Fenomena tsunami yang melanda daerah pesisir Aceh, bukan saja disebabkan oleh tektonik global yang berhubungan dengan subduksi, akan tetapi dapat pula disebabkan oleh tektonik lokal yang terjadi pada Holosen akhir yang setidaknya-tidaknya telah berlangsung tiga kali (Gambar 2 dan 3), dan belum termasuk intensitas tektonik regional yang terkait dengan sesar Aceh. Oleh karena itu, gelombang pasang tsunami yang terjadi tersebut pada hakekatnya bukan saja sebagai dinamika oseanografi akan tetapi merupakan dinamika lingkungan wilayah pesisir.



Gambar 2. Korelasi fasies endapan Kuartar pada lintasan TB.1 - TB.5.



Gambar 3. Korelasi fasies endapan Kuarter pada lintasan TB.6 - TB.10.

KESIMPULAN

- Litofasies dan lingkungan pengendapan aluvium di Lembah Krueng Aceh dapat dibedakan menjadi lingkungan cekungan banjir, sistem sungai, transisi, dan klastika linier. Setiap lingkungan merupakan sebuah ragam kumpulan fasies endapan, yang faktor kendali pembentukannya berbeda. Lingkungan klastika linier dicirikan oleh turun-naiknya permukaan laut dan terdiri atas fasies endapan laut dan pantai/pematang pantai, dan di beberapa tempat berkembang lingkungan rawa bakau.
- Hubungan antarlingkungan pengendapan secara lateral ataupun vertikal menunjukkan bahwa perubahan turun-naiknya permukaan laut pada lingkungan klastika linier berskala kecil, karena faktor pengendalinya adalah sesar lokal, yaitu sesar naik Seulimeum.
- Fenomena berubahnya lingkungan pengendapan terekam dalam penelitian ini, walaupun dicirikan oleh Sesar naik Seulimeum, sedangkan faktor tektonik regional dan global perlu untuk diperhatikan, karena intensitasnya besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis

faktor kendali yang berdasarkan data pembooran dalam yang merekam peristiwa geologi yang lebih panjang lagi.

- Sejarah pengisian cekungan di daerah penelitian pada Holosen Akhir hingga sekarang berkaitan dengan aktivitas tektonik Kuarter yang membentuk Lembah Krueng Aceh. Paling tidak lembah tersebut telah terbentuk sejak Plio-Plistosen yang terkait dengan aktivitas tektonik global, regional, dan lokal. Oleh karena itu wilayah Pesisir Aceh Besar rawan terhadap gempa bumi dan tsunami. Sekuarang-kurangnya telah terjadi tiga kali peristiwa tektonik pada akhir Holosen meskipun diakibatkan oleh tektonik lokal dan telah meninggalkan jejak-jejak berubahnya lingkungan secara cepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan lapangan yang dilakukan penulis pada April hingga Mei 2008, berkaitan dengan program penelitian Dinamika Geologi Kuarter di Pusat Survei Geologi (Badan Geologi). Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas izinnya untuk menggunakan sebagian data tersebut guna kepentingan penulisan makalah ini.

ACUAN

- Bennett, J.D., Bridge, D.McC., Cameron, N.R., Djunuddin, A., Ghazali, S.A., Jeffery, D.H., Kartawa, W., Keats, W., Rock, N.M.S., Thompson, S.J. dan Whandoyo, R., 1991. *Peta Geologi Banda Aceh, Sumatra*, skala 1:250.000, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Blakey, R.C. dan Gubitosa, R., 1984. Controls of sandstone body geometry and architecture in the Chinle formation (Upper Triassic), Colorado Plateau. *Sedimentary Geology*, 38 : 51-88.
- Cohen, K.M., Gouw, M.J.P. dan Holten, J.P., 2003. Fluvio-Deltaic Floodbasin Deposits Recording Differential Subsidence Within A Coastal Prism (Central Rhine-Meuse Delta, The Netherlands. In: Blum, M.D., Marriott, S.B. and Leclair, S.F. (eds.). *Fluvial Sedimentology VII*. Int. Assoc. Of Sedimentologist, Blackwell Scientific, 40-68.
- Flores, R.M., 1985. Introduction. *In recognition of Fluvial Depositional Systems and Their Resource Potential*. SEPM, Short course, (19) : 101-126.
- Latief, H., 2009. *Fenomena tsunami, kajian bahaya, kerentanan dan resiko dan upaya dalam melakukan mitigasi bencana tsunami*. Abstrak Seminar "Mengelola Resiko Bencana di Negara Maritim Indonesia, Majelis Guru Besar ITB, 24 Januari 2009.
- Miall, A.D. (Ed), 1978a. *Fluvial Sedimentology*. Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., Calgary, 5, 819 p.
- Miall, A.D., 1978b. Tectonic setting and syndepositional setting of mollasse and other nonmarine-paralic sedimentary basins. *Can. Journal Earth Sci.* 15 : 1-47.
- Ningsih, N.S., 2009. Gelombang Ekstrim. Abstrak Seminar "Mengelola Resiko Bencana di Negara Maritim Indonesia, Majelis Guru Besar ITB, 24 Januari 2009.
- Perlmutter, M.A. dan Matthews, M.A., 1989. Global Cyclostratigraphy. In: Cross, T.A. (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, 233-260.
- Plint, A.G, Eyles, N. E., Eyles, C.H. dan Walker, R.G., 1992. Control on Sea Level Change. In: Walker R.G. and Jones, N.P (eds.), *Facies models response to sea level change*. Geological Association of Canada, p. 15-25.
- Ploethner, D. dan Siemon, B., 2005. *Hydrogeological Reconnaissance Survey in the Province Nanggroe Aceh Darussalam Northern Sumatera, Indonesia, Survey Area: Banda Aceh/ Aceh Besar*. BGR Project Help Aceh-Helicopter Project Aceh Report, Vol C.1, p. 184.
- Reading, H.G., 1980. Characteristics and recognition of strike-slip fault systems. In: Balance, P.F. and Reading, H.G (eds.). *Sedimentation in oblique mobile zones*. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* 4, 7-26.
- Reineck, H.E. dan Singh, I.B., 1973. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer - Verlag, Berlin, 439 P.
- Tjia, H.D., 1977. Tectonic Depressions along the Transcurrent Sumatra Fault Zone. *Geologi Indonesia*, J 4 (1) : 13-27.
- Walker, R.G. dan James, N.P, 1992. Preface. In: Walker R.G. and Jones, N.P (eds.), *Facies models response to sea level change*. Geological Association of Canada.