

KARAKTER ENDAPAN KUARTER DI LEPAS PANTAI TEPIAN CEKUNGAN SUMATERA TENGAH - P. KUNDUR.

Oleh:

Suyatman Hidayat¹⁾, Indyo Pratomo¹⁾, Herman Moechtar¹⁾, Lili Sarmili²⁾

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

²⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Balitbang ESDM (DESDM), Jl. Dr. Djundjunan 236, Bandung 40174

SARI

Studi yang dilakukan pada karakter endapan Kuartar di lepas pantai tepian cekungan Sumatera Tengah-P. Kundur mencakup analisis sedimentologi dan stratigrafi terhadap lima belas hasil pemboran yang dilakukan di sepanjang lintasan yang berarah barat - timur di barat laut P. Kundur. Kedalaman pemboran berkisar antara 8,00 hingga 27,00 m. Studi ini, menunjukkan terdapatnya enam lingkungan pengendapan. Keenam lingkungan pengendapan itu ialah: endapan-endapan material rombakan (Mr), alur sungai (F), limpah banjir (Fp), cekungan banjir (Fb), pantai (Br), dan dekat pantai sampai lepas pantai.

Berdasarkan korelasi perubahan lingkungan pengendapan secara lateral dan vertikal, diketahui pula bahwa runtunan stratigrafi tersebut dicirikan oleh berubahnya lingkungan pengendapan yang dikendalikan oleh perubahan iklim dan muka laut, dan mungkin juga oleh tektonik. Selama proses pengendapan, aktifitas perubahan iklim terekam dalam 4 fasa kejadian ialah: (1) minimum, (2) minimum menuju maksimum, (3) maksimum menuju minimum, dan (4) minimum.

Kata kunci: Endapan Kuartar, iklim, muka-laut, tektonik

ABSTRACT

The study of the Quaternary sediment characters on offshore of the Central Sumatera basin margin-Kundur Island was based on the analyses of sedimentology of fiveteen boreholes information obtained along the West to East at the northwest of Kundur Island. The penetration of the bore head varied from 8.00 to 27.00 m. This study revealed six deposition environments. These are: mass flow (Mr), river channel (F), floodplain (Fp), floodbasin (Fb), beach (Br), and nearshore to offshore (M) deposits .

Based on the correlation of the lateral and vertical variation of the depositional environments, the stratigraphy successions/characterized by the variation of the depositional environments which is controlled by climatic and sea level changes, and also probably by tectonic. During the deposition processes, the activity of climatic changes were recorded in four stages episodes: (1) minimum, (2) minimum to optimum, (3) optimum to minimum, and (4) minimum.

Keywords: Quaternary sediments, climate, sea-level, tectonic

PENDAHULUAN

Laut yang berbatasan antara tepian cekungan Sumatera Timur hingga P. Kundur, merupakan jalur timah yang terletak dalam kawasan paparan Sunda (*Sunda land*). Aleva dr. (1973) merekonstruksi urutan stratigrafi antara pulau Singkep dan Bangka dan sekitar kepulauan Karimata menjadi: batuan dasar (Trias-Kapur), permukaan erosi tua, sedimen paling tua (Tersier), kompleks aluvium (Tersier Atas-Plistosen), abrasi laut, dan sedimen muda (Holosen-Resen). Ia mengatakan bahwa batuan dasar terdiri dari batuan intrusi granit terlipat yang telah mengalami pelapukan kimia tinggi, batuan-batuan sedimen umumnya terdiri dari batupasir dan serpih. Permukaan erosi tua disebutkan berada pada kedalaman 30 meter hingga tidak diketahui, kemungkinan tidak lebih dari 100 m, sedangkan sedimen paling tua, subhorizontal, formasi pasir yang agak masif, kemungkinan termasuk teresterial, dan mengandung gambut/batubara muda (*peat*) mendekati interval atas. Selain itu, kompleks aluvium terdiri dari lapisan lempung dan pasir dengan interkalasi gambut, diendapkan dalam sistem lembah. Selanjutnya urutan stratigrafi tersebut diikuti oleh permukaan erosi laut yang terletak pada kedalaman 20 hingga 30 meter, yang ditutupi oleh sedimen muda yang umumnya berupa lempung laut.

Batuan dasar yang mengalasi endapan Kuarter di lepas pantai daerah telitian, adalah batuan terobosan granit yang menurut Cameron dr. (1982) termasuk dalam batuan terobosan granit Kundur. Dari conto pemboran, batuan alas ini telah mengalami pelapukan lanjut. Komposisi dan struktur batuan asal ini terlihat jelas, seperti pelapukan batuan granit yang membentuk lapisan kaolin yang cukup tebal.

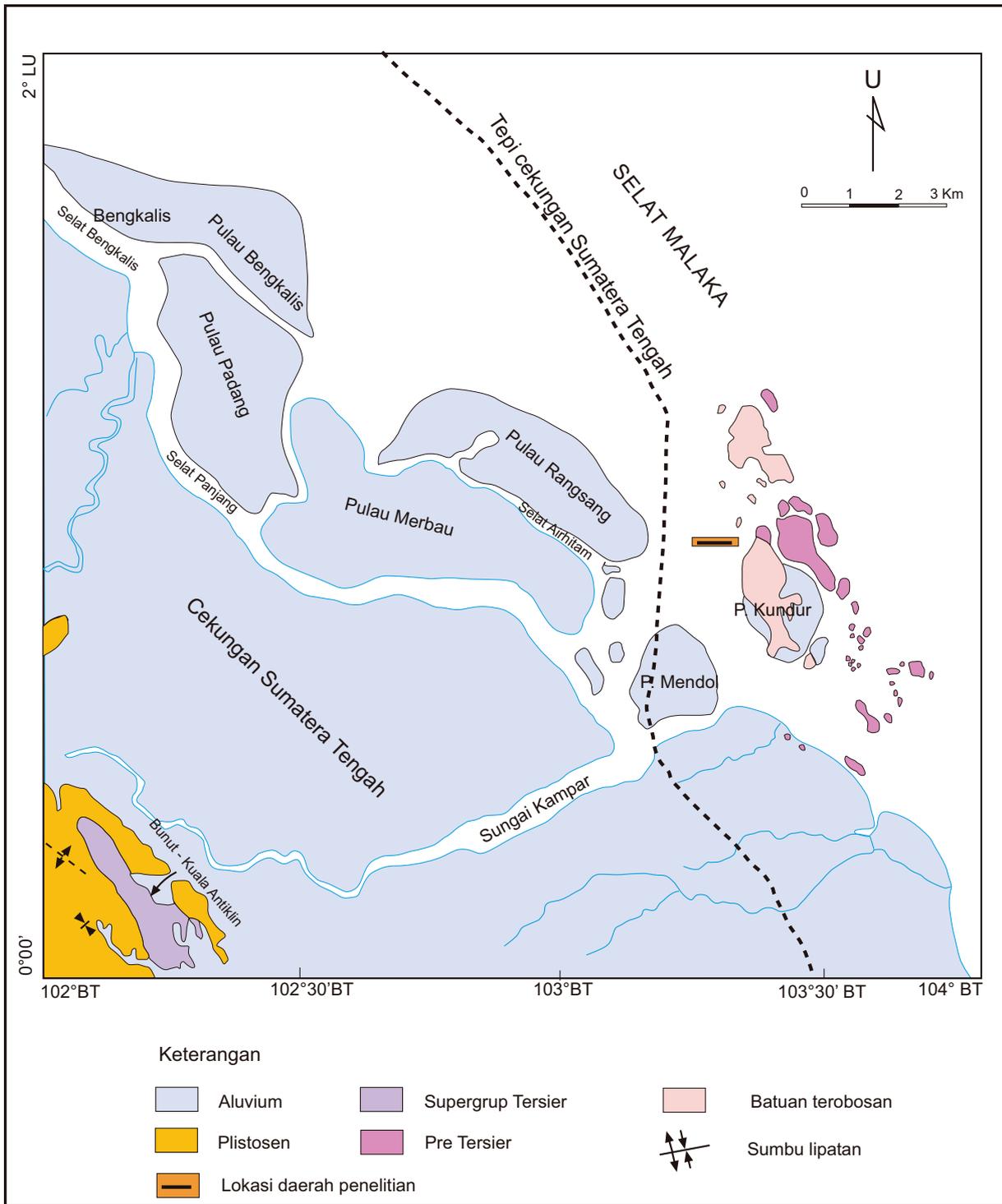
Cameron dr. (1982) menyatakan bahwa susunan batuan di daerah P. Kundur dan sekitarnya, terdiri dari batuan terobosan dan batuan Pra-Tersier (Gambar 1). Batuan terobosan yang mewakili daerah tersebut mereka sebut sebagai granit Kundur dan granit yang tak terpisahkan berumur Perm. Granit yang tak terpisahkan tersebut tersingkap pada pulau-pulau yang terletak di sebelah timur laut P. Kundur. Pada pulau-pulau tersebut dijumpai pula batuan Pra-Tersier yang diwakili oleh Formasi Papan berumur Perm Atas dan Formasi Bintang berumur Trias Atas. Batuan tertua yang

tersingkap di P. Sumatera terdiri dari supergrup Tersier dan batuan yang berumur Plistosen (Gambar 1). Sebagian besar wilayah tersebut ditutupi oleh sedimen Kuarter berupa endapan permukaan tua dan endapan permukaan muda (Cameron dr., 1982).

Suhaemi dan Moechtar (1999) mengkorelasikan hubungan antara tektonik, turun-naiknya muka laut, dan sirkulasi iklim dari rangkaian stratigrafi Kuarter di lepas pantai timur P. Bangka. Mereka menyimpulkan bahwa, terbentuk 1 (satu) siklus pengendapan yang dikendalikan oleh tektonik lokal sebagai unsur pengendali utama berubahnya muka laut secara cepat di tempat tersebut, dimana lapisan-lapisan sedimen tersebut berubah secara cepat akan tetapi masih dapat dikenal sirkulasi berubahnya iklim, turun-naiknya muka laut, dan efek tektonik.

Fasies endapan Kuarter di lepas pantai P. Karimata telah dipelajari, antara lain oleh: Moechtar, dr., (2002 a dan b) dan Hidayat dr., (2003, 2004) dan Moechtar (2007). Hidayat dr., (2003). Mereka menyimpulkan, bahwa endapan Kuarter di tempat ini dapat dibedakan menjadi 2 (dua) siklus pengendapan berdasarkan perubahan muka laut dan susunan fasies pengendapannya. Efek peralihan iklim dan naiknya muka laut terekam secara baik pada endapan Kuarter di lepas pantai selatan P. Karimata (Moechtar dr., 2002a) dan 2 (dua) siklus pengendapan dalam endapan Kuarter yang seumur di lepas pantai utara P. Karimata telah direkonstruksi (Moechtar dr., 2002b).

Dilatarbelakangi pemikiran bahwa perubahan muka laut, iklim, dan tektonik yang sangat erat terkait selama kurun waktu Kuarter yang dapat dijelaskan berdasarkan runtunan stratigrafi, maka salah satu tujuan studi ini dilakukan adalah untuk mempelajari hubungan antara stratigrafi Kuarter dan perubahan muka laut, iklim, dan kegiatan tektonik, dengan jalan: (a) mendeskripsi litologi hubungannya dengan lingkungan pengendapan, (b) menelaah perubahan lingkungan serta faktor kendali yang mempengaruhi pembentukannya, (c) mengkaji perubahan lingkungan pengendapan serta hubungannya terhadap proses pengendapan secara lateral dan vertikal, dan (d) mendiskusikan tentang keterkaitan proses sedimentasi terhadap faktor kendali iklim, muka laut, dan tektonik.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan ikhtisar geologi Bengkulu & Siak Indrapura (Cameron dkk, 1982)

Secara administratif daerah penelitian termasuk wilayah Kab. Karimun, Provinsi Kepulauan Riau (Gambar 1). Pemboran dilakukan di lepas pantai di sebelah barat laut P. Kundur, yang berbatasan dengan tepian cekungan Sumatera Tengah dengan lintasan pemboran berarah barat-timur (Gambar 1). Kedalaman air laut di sekitarnya berkisar dari beberapa meter hingga lebih dari -15 m.

METODE

Sedimen Kuartar di daerah telitian telah diamati secara seksama dengan melakukan pemboran di atas pontoon (kapal terapung), yang selanjutnya dipelajari secara detail mengenai perkembangan pembentukan fasiesnya baik secara lateral ataupun vertikal yang menyangkut aspek sedimentologi dan stratigrafi. Metode pemboran ponton tersebut adalah menggunakan konsep pemboran Bangka yang umum digunakan di kepulauan Timah, dimana tipe bor tersebut sangat cocok diterapkan khususnya di daerah sedimen lepas seperti halnya pada endapan plaser aluvium.

Untuk kebutuhan penelitian ini dilakukan pemboran pada 15 (lima belas) titik lokasi yang terletak di kedalaman laut antara -5 hingga -15 m dengan kisaran ketebalan sedimen mulai dari 8,00 hingga 27,00 m (Gambar 2). Litologi yang menyusun ke lima belas penampang tegak bersekala 1:250 tersebut, dibedakan menjadi fasies-fasies klastika pasir (A), pasir lempungan (B), lempung pasiran (C), dan lempung (D). Berdasarkan karakter dan ciri litologinya, maka selanjutnya fasies tersebut dibedakan menjadi beberapa kelompok lingkungan pengendapan. Secara spesifik, rangkaian pengendapan tersebut kemudian dikorelasikan berdasarkan sebaran fasiesnya. Rekonstruksi rangkaian stratigrafi yang pada hakekatnya didasari pada perkembangan lingkungan pengendapan selanjutnya dapat ditafsirkan, terutama faktor kendali pembentukannya dari waktu ke waktu, sehingga karakter sedimen Kuartar tersebut dapat dipelajari. Sesuai dengan karakteristik fasies dan rangkaian susunan stratigrafinya, maka pada akhirnya dapat ditelusuri faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapannya yang berkaitan dengan berubahnya lingkungan, seperti faktor yang dikendalikan oleh turun-naiknya muka laut, sirkulasi iklim, dan tektonik.

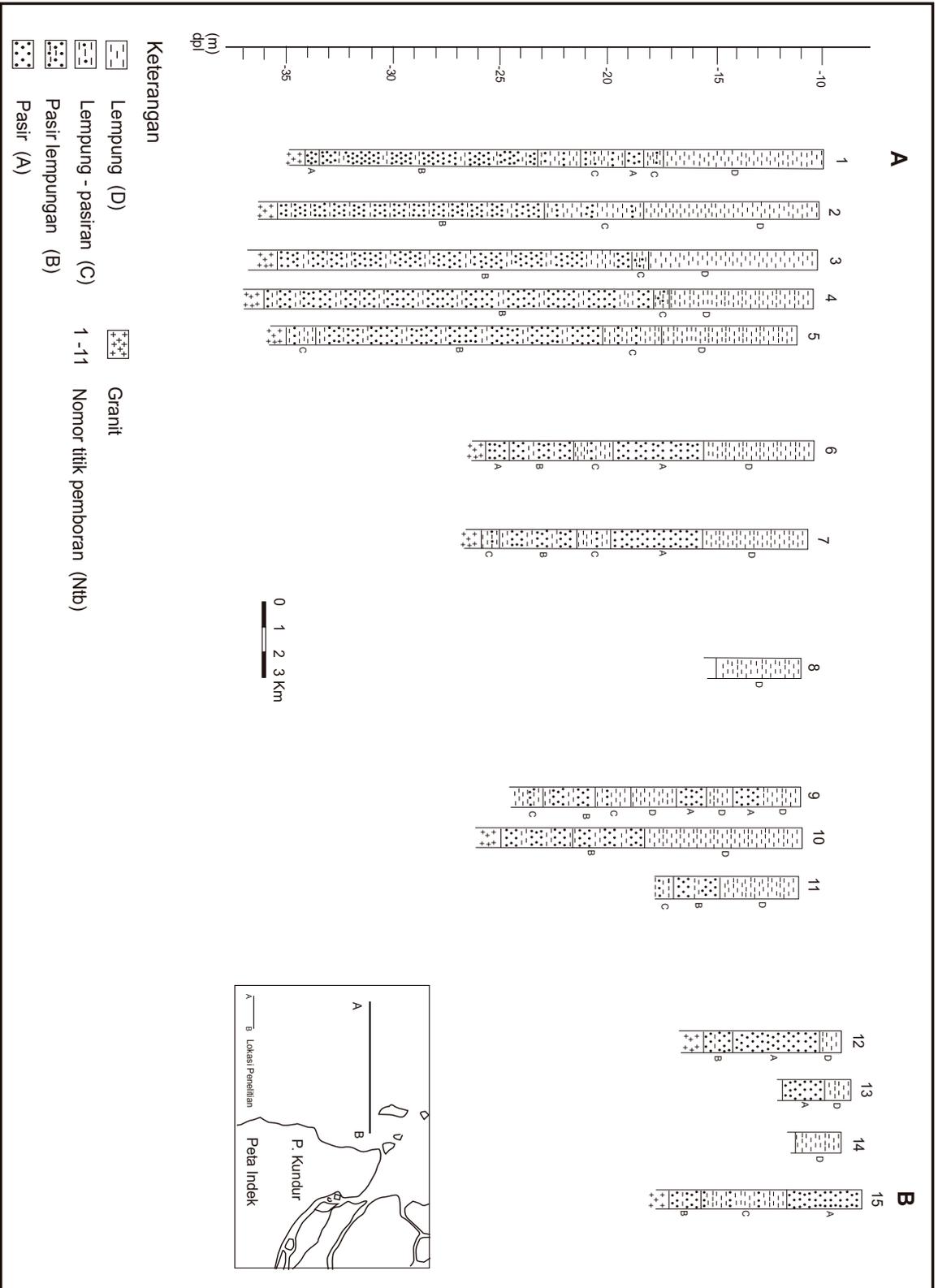
SEDIMENTOLOGI DAN STRATIGRAFI

Sedimentologi

Litologi yang menyusun endapan Kuartar di daerah telitian merupakan perulangan dari runtunan klastika pasir (A), pasir lempungan (B), lempung pasiran (C), dan lempung (D), yang dialasi oleh batuan terobosan granit (Gambar 2). Selanjutnya, material klastika tersebut dapat dibedakan menjadi beberapa lingkungan pengendapan, yaitu endapan material rombakan (*mass flow deposits*/Mr), alur sungai (*river channel deposits*/F), limpah banjir (*floodplain deposits*/Fp), cekungan banjir (*floodbasin deposits*/Fb), pantai (*beach deposits*/Br), dan dekat pantai-lepas pantai (*nearshore – offshore deposits*/M) (Gambar 3).

A. Pasir

Terdiri dari pasir berukuran menengah hingga halus, berwarna putih abu-abu yang tersebar tidak merata. Bentuk butir menyudut tanggung hingga membulat tanggung, terdiri dari butiran kuarsa/fragmen batuan granitik/felspar/mineral hitam, cangkang kerang (moluska), kadang-kadang mengandung akar tanaman berdiameter antara 2-4 mm, dengan ketebalan antara 2,20 hingga 4,75 m (Nomor titik bor/ Ntb. 6,7, 12, dan 13) (Gambar 2). Ciri dari ketidakseragaman bentuk butir dengan derajat kebundaran sedang dan urai, ditafsirkan sebagai fasies endapan pantai (Br). Butiran yang tidak seragamnya dengan derajat kebundaran yang sedang memberi kesan bahwa material tersebut berasal dari daerah sekitarnya yang tidak mengalami transportasi jauh. Kandungan kuarsa yang tinggi dan fragmen batuan dapat berasal dari batuan asam yang mendominasi daerah sekitarnya. Fragmen batuan asing tidak ditemukan di dalamnya, hal ini menunjukkan bahwa endapan pantai ini bukanlah berasal dari hasil kerja energi samudera (*oceanic circulations*) melainkan hasil proses gelombang yang membawa dan mengerosi batuan sekitarnya. Selain itu dijumpai pasir kasar-menengah, berwarna abu-abu kecoklatan yang terdiri dari perselingan pasir kasar kerakalan, pasir halus dengan sisipan tipis lanau dan lempung yang berasosiasi dengan batulempung. Terpilah sangat buruk, sangat menyudut hingga menyudut tanggung terdiri dari pecahan batuan/kuarsa/felspar dan mineral hitam, berwarna



Gambar 2. Peta penampang litologi daerah penelitian

coklat hingga abu-abu hingga merah, mengandung sisa-sisa tumbuhan pada bagian atasnya. Ke arah atasnya ditandai oleh perulangan lapisan pasir halus berwarna abu-abu kemerahan dengan lempung berwarna hitam dengan kandungan sisa tumbuhan dan tanaman dengan ketebalan 0,8 m (Ntb. 1) (Gambar 2), dan ditafsirkan sebagai endapan alur sungai (F).

Ciri klastika pasir lainnya lagi adalah, pasir halus, lengket, berwarna putih hingga kelabu, terpilah sangat buruk, kadang-kadang berlapis tipis, butir membulat baik, liat, berfosil (*foraminifera*), tebal 1,5 m (Ntb. 9 dan 15) (Gambar 2). Bentuk butir kuarsa yang membulat relatif sempurna pada fasies ini membuktikan bahwa derajat transportasinya termasuk tinggi dan terbawa jauh, diinterpretasikan sebagai endapan dekat pantai-lepas pantai (M). Butiran klastika kasar tersebut, kemungkinan dapat dimasukkan ke dalam kategori endapan laut dekat pantai. Jenis klastika pasir lainnya adalah pasir sangat kasar hingga halus, berwarna abu-abu hingga coklat hitam kemerahan, kompak, bercampur dengan lempung liat hitam dan kerikil. Butiran mengasar ke arah atas (*coarsening upwards*), tersebar tidak merata, menyudut sampai membulat tanggung, mengandung sedikit potongan kayu berdiameter antara 2-3 cm, kandungan sisa tumbuhan/tanaman di bagian atasnya sedikit, kadang-kadang bersisipan lempung liat berwarna merah, ketebalan 1,15 m dan terletak di atas batuan dasar granit (Ntb. 6) (Gambar 2). Jenis litologi demikian, cenderung termasuk endapan aliran rombakan masa (Mr). Berbagai penulis

(Blissenbach, 1954; Bull, 1963; Lustig, 1965; Beaty, 1970 dan Wasson, 1977) menyatakan bahwa endapan aliran rombakan berbutir kasar (*debris flow deposits*) dan aliran rombakan berbutir halus (*mud flow deposits*) termasuk dalam endapan aliran masa (*mass flow deposits*). Perbedaannya adalah terletak pada dominannya ukuran butir saja. Dalam penelitian ini fasies tersebut diduga sebagai endapan aliran masa yang dibedakan berdasarkan butirannya saja. Karakter endapan ini ditandai oleh akumulasi butiran pasir, lanau dan lempung yang memiliki kandungan air cukup besar yang bertindak sebagai energi aliran yang tersebar dan berhenti bergerak pada batuan dasarnya.

B. Pasir Lempungan

Pasir lempungan, berukuran pasir halus hingga kasar, lempungan dan lengket. Berwarna coklat, kuning hingga abu-abu kecoklatan, sangat menyudut-membulat tanggung; terdiri dari kuarsa, felspar, dan pecahan fragmen batuan granit dengan sebaran butiran tak teratur kadang-kadang butirannya menghalus ke arah atasnya (*fining upwards*); tak berlapis, mengandung unsur organik/ sisa-sisa potongan kayu dan daun-daunan, berhumus dengan tebal antara 2,10-10,35 m. Umumnya terdiri dari fraksi butir pasir dengan ukuran butir menghalus ke atas, memiliki batas sangat jelas dengan klastika di atasnya dan terletak di atas batuan dasar granit (Gambar 2/ Ntb. 1,2,3,4,5, dan 10), dan di atas endapan limpah banjir dan material rombakan (Gambar 2/ Ntb. 5,6,7, 9, dan 11). Pada bagian bawah umumnya terdiri atas pasir kasar, kerikil hingga kerakalan akan tetapi bersifat lempungan, dan ke arah atas ukuran butir menghalus berubah secara berangsur menjadi pasir lanauan atau pasir lempungan. Pada lokasi Ntb. 10 dan 11 (Gambar 2), memperlihatkan perulangan atau perselingan antara pasir halus, lanau dan lempung, diduga sebagai produk dari *lateral accretion* yaitu proses pembentukan beting sungai (*point bar*) sehingga cenderung termasuk sistem sungai berkelok (*high-sinuosity channels*). Di beberapa tempat pasir ini bersifat padat akibat telah mengalami proses pelapukan dan mengandung oksida besi dan silika yang umum dijumpai pada bagian interval bawahnya. Bagian atas endapan ini mengandung sedikit sisa tumbuhan, dan di bagian bawah dijumpai sisa-sisa potongan kayu. Material klastika tersebut diinterpretasikan termasuk sebagai endapan alur sungai (F).

C. Lempung Pasiran

Lempung pasiran, kadang-kadang berupa perselingan pasir sangat halus dan lempung dan berlapis buruk. Tebal antara 1,75- 3,10 m (Gambar 2/ Ntb. 1,3,4,5, dan 9), mengandung sisa-sisa tumbuhan dan berhumus. Umumnya warna litologi dipengaruhi oleh persentase kandungan humusnya dan komposisi pasir dan lempung, sehingga memiliki warna yang beragam mulai dari coklat hingga abu-abu kehitaman yang ditafsirkan sebagai endapan limpah banjir (Fp). Ciri dari jenis litologi lempung pasiran lainnya adalah lempung

pasiran, lanau pasiran dengan warna yang beragam, yaitu coklat, kelabu, abu-abu kecoklatan, konsistensi keras, pejal dan liat, masif dan tak berlapis. Masa butir yang tak teratur dengan kandungan sisa potongan kayu di dalamnya, selanjutnya fasies ini diinterpretasikan sebagai endapan cekungan banjir (Fb) yang memiliki ketebalan antara 1,85-4,20 m (Gambar 2/ Ntb. 1,2,6,7,14, dan 15) yang berasosiasi dengan limbah banjir (Gambar 3). Perubahan warna diduga akibat pengaruh atmosfer yang umum terjadi pada cekungan yang pasif. Bagian atas interval ditandai oleh kandungan humus yang cukup tinggi dan kaya sisa tumbuhan. Lingkungan cekungan banjir tersebut di atas adalah terminal atau tempat terakumulasinya endapan, yang berasal dari pelimpahan material dari alur sungai yang bercampur dengan fasies rawa.

D. Lempung

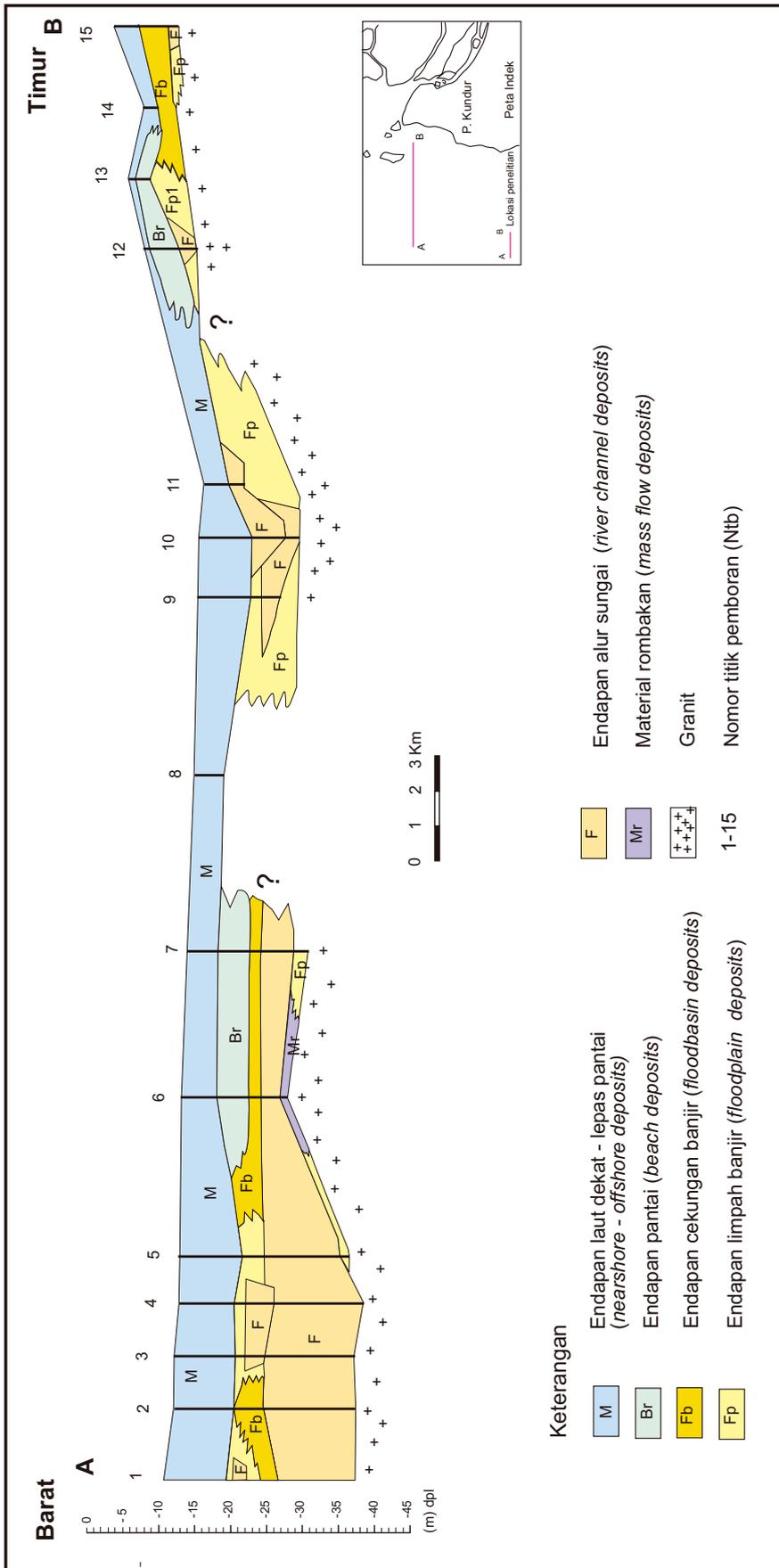
Lempung, lempung lanauan, lempung pasiran, berwarna putih, abu-abu hingga abu-abu tua, berfosil, mengandung cangkang moluska, terkadang bersisipan humus tipis setebal 3-5 mm, tak berlapis, lengket, dengan tebal antara 0,85-8,85 m sebagai bagian fasies yang paling atas yang menutupi fasies lainnya (Gambar 2 dan 3). Bentuk butir pasir yang terkandung di dalamnya menunjukkan bentuk membulat hingga agak membulat, yang menandakan bahwa derajat transportasinya termasuk sedang dan kemungkinan sudah terbawa relatif jauh, diinterpretasikan sebagai endapan dekat pantai-lepas pantai (M). Bagian atas dari endapan M ini dicirikan oleh lempung lengket berlumpur dengan tebal antara 0,50- 1,85 m, berwarna putih kehijauan, dan cenderung merupakan endapan Resen atau moderen hasil pengendapan proses laut sekarang.

Stratigrafi

Berdasarkan korelasi susunan dan rangkaian interval fasies pengendapan, maka endapan Kuartar di daerah penelitian dicirikan antara lain oleh (Gambar 3): (1) terbentuknya endapan Mr di barat, (2) berkembangnya endapan F dan endapan Fp di bagian barat dan tengah, (3) menyusutnya endapan F dan Fp yang diikuti oleh berkembangnya endapan Fb, (4) munculnya endapan Br, dan (5) terbentuknya endapan M (Gambar 3). Bagian bawah susunan

stratigrafinya menunjukkan, dimensi endapan F sangat dominan dan berkembang baik ke arah barat. Sistem *fluvial* tersebut semakin menyusut ke arah interval tengah, yang ditandai pula oleh munculnya endapan Fb, dimana endapan-endapan tersebut ditutupi oleh endapan Br. Akhirnya, interval atas dari susunan stratigrafi daerah telitian dicirikan oleh perkembangan lingkungan laut yang prosesnya masih berlangsung hingga sekarang. Elevasi cekungan Kuartar tersebut, memperlihatkan bahwa posisi batuan dasar granit di barat berada lebih tinggi (-40m) yang berangsur ke bagian tengahnya menjadi -30 m dan semakin dalam ke arah barat yaitu -38 m. Lebih jauh, proses dari pengisian cekungan Kuartar tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut (Gambar 3):

- Pertama, awal pembentukan interval bawah, dicirikan oleh terbentuknya material rombakan yaitu endapan Mr, selanjutnya endapan tersebut sebagian besar mengalami proses erosional terbukti dari beraktifitasnya alur sungai secara dominan di sebelah barat (Gambar 3). Pada sistem yang seumur, di bagian timur endapan tersebut tidak berkembang sedangkan ke arah tengahnya, endapan ini relatif memiliki dimensi lebih kecil, namun karakter fasiesnya tidak jauh berbeda. Ini berarti bahwa sistem *fluvial* tersebut adalah sama akan tetapi posisi elevasinya berbeda, semakin ke arah barat akan menuju ke pusat cekungan. Perkembangan lingkungan cekungan banjir tidak dijumpai, akan tetapi material *fluvial* tersebut berukuran pasir halus yang menghalus ke atas dengan warna semakin gelap. Ciri yang demikian umumnya dimiliki oleh sistem *fluvial* yang memiliki energi yang meningkat tinggi yang tidak terbentuknya ketika itu, membuktikan bahwa proses dari sistem alur sungai berlangsung sangat dominan, salah satu faktor penyebabnya adalah akibat energi ketika itu relatif tinggi sehingga kemampuan untuk mengerosi dan mengangkut muatannya menjadi besar. Gejala ini terbukti dari dominannya percampuran material pasir dan lempung yang menghalus ke arah atasnya dengan derajat kebundaran butir menyudut hingga membulat tanggung. Komposisi sistem *fluvial* demikian, umumnya dipengaruhi oleh kondisi



Gambar 3. Korelasi rangkaian sedimen di daerah penelitian

kelembaban ketika itu adalah relatif agak basah (*sub-humid*) menuju basah (*humid*).

- Kedua, terbentuknya interval tengah yang dicirikan oleh menyusutnya endapan F di barat dan berpindahannya sistem tersebut ke arah timur, sedangkan sistem yang sama yang tadinya berkembang di bagian tengah terhenti dan tidak berkembang lagi (Gambar 3). Menyusutnya lingkungan *fluvial* tersebut, menyebabkan lingkungan cekungan banjir berkembang. Cohen drr., (2003) mengatakan bahwa lingkungan cekungan banjir adalah merupakan wilayah dataran rendah pengaruh dari suplai material sungai relatif kecil. Terminologi lingkungan cekungan banjir telah diuraikan secara rinci oleh Reineck dan Singh (1980), dan menyebut bahwa "*floodbasins are the lowest-lying part of a river floodplain*". Ini berarti bahwa, disamping menyusutnya sistem *fluvial* ditandai pula oleh bergesernya alur sungai ke arah timur. Perubahan butir yang mengasar ke arah atas dan warna komposisi endapan-endapan F, Fp, dan Fb yang semakin terang membuktikan bahwa tingkat kebasahan ketika itu menjadi berkurang dari sebelumnya yaitu mungkin berkisar antara basah hingga agak basah. Terbentuknya endapan dataran banjir, salah satunya disebabkan oleh perpindahan dan menyusutnya dimensi alur sungai, atau berubahnya elevasi, yang tadinya permukaan yang relatif datar menjadi miring sehingga energi aliran sungai menjadi besar.
- Ketiga, stratigrafi bagian atas endapan Kuartar di daerah ini ditandai oleh munculnya endapan pantai yang ditutupi oleh endapan dekat pantai-lepas pantai dan tidak dijumpainya endapan-endapan F, Fp, dan Fb yang sebelumnya mendominasi proses pembentukan endapan Kuartar di daerah penelitian. Ini menandakan bahwa muka air laut naik di tempat tersebut. Secara umum, perubahan lingkungan tersebut terjadi secara tidak berangsur dan relatif cepat, terbukti dari perkembangan endapan pantai yang tidak menerus, dan komposisi endapan M yang tidak berlapis dan lengket meski memiliki ketebalan yang relatif besar. Kontrol naiknya muka laut dari fasies lempung tersebut sulit dilakukan, karena tidak dijumpai perubahan fasies yang

berangsur secara tegak, umumnya memiliki karakter yang sama atau memiliki fasies yang homogen. Oleh karena itu, berdasarkan perlapisan, komposisi warna dan kandungan unsur organiknya yang sulit dibedakan tersebut, maka diduga muka air laut ketika itu naik secara tiba-tiba, terbukti dari menyusutnya lingkungan-lingkungan yang terbentuk sebelumnya secara tiba-tiba pula. Apabila dikaitkan dengan perubahan efek kendali iklim sebelumnya dan mengikuti siklus Milankovitch, maka interval atas tersebut ditafsirkan di bawah pengaruh kondisi kelembaban ketika itu berkisar antara agak basah menuju kering (*dry*).

FAKTOR KENDALI PEMBENTUKAN FASIES SEDIMEN

Perubahan Lingkungan

Proses pengisian cekungan Kuartar di daerah ini dikontrol oleh berkembang dan menyusutnya berbagai lingkungan, yang membentuk endapan-endapan material rombakan, alur sungai, limbah banjir, cekungan banjir, pantai, dan dekat pantai-lepas pantai (Gambar 3). Proses pengisian cekungan masih berlangsung hingga sekarang, yaitu dengan diendapkannya fasies laut sekarang. Awal terbentuknya endapan Kuartar di daerah ini, ditandai oleh terombaknya batuan dasar granit yang menghasilkan endapan material rombakan, endapan ini dapat sebagai atau berupa pelapukan batuan dasar yang berpindah tempat atau terombaknya batuan dasar tersebut yang berhubungan dengan tektonik (?). Dikarenakan terdapatnya endapan Mr tersebut secara setempat, maka disamping sebagian besar telah dierosi oleh endapan F juga tidak menutup kemungkinan material tersebut berasal dari perombakan akibat efek tektonik. Kejadian tersebut diikuti oleh meluasnya dan berkembangnya sistem *fluvial* di kala muka laut rendah di bawah pengaruh iklim menuju optimum. Kondisi iklim menuju minimum ditandai oleh menyusutnya sistem *fluvial* tersebut, yang diikuti oleh terbentuknya endapan Fb. Ketika itu, ditandai pula oleh bergesernya sistem alur sungai. Kondisi tersebut diikuti oleh berlangsungnya genang laut yang menghasilkan endapan Br dan M, di bawah pengaruh sirkulasi iklim yang makin menuju minimum.

Rangkaian Sedimen Kuarter

Rangkaian sedimen Kuarter di daerah lepas pantai barat P. Kundur, cenderung termasuk sedimen muda (Holosen) sebagaimana dikemukakan oleh Aleva dr., (1973). Nitiwisastro dr., (1995) membedakan sistem cekungan Kuarter di P. Bangka, mereka membagi endapan Kuarter (Plistosen Akhir) menjadi 2 (dua) siklus pengendapan yang mereka sebut sebagai endapan Kuarter Bawah dan Atas. Hasil studi mereka menunjukkan bahwa, hubungan antara perubahan iklim dan muka laut telah dijadikan acuan dalam memahami proses endapan Kuarter di tempat tersebut. Daerah kepulauan Karimata yang mereka teliti tersebut, dapat dijadikan parameter penelitian siklus stratigrafi Plistosen akhir untuk daerah stabil di Indonesia. Cekungan Kuarter di lepas pantai selatan P. Karimata ditandai oleh naiknya muka laut 1 kali. Siklus pengendapan ini dapat dikorelasikan dengan siklus kedua (bagian atas endapan Kuarter) di lepas pantai utara dan barat P. Karimata. Berbedanya akumulasi pengendapan ini salah satu faktor penyebabnya adalah akibat tidak samanya posisi paleografi dari formasi batuan alasnya, sehingga membentuk siklus yang tidak sama. Terakhir, Moehtar (2007) secara rinci telah menguraikan kaitan perubahan global sirkulasi iklim dan turun-naiknya muka laut dari runtunan stratigrafi sedimen Kuarter di lepas pantai barat Kepulauan Karimata. Ia membedakan endapan Kuarter di tempat tersebut menjadi 2 (dua) siklus stratigrafi, yaitu: Siklus Karimata Barat 1 (SKB 1) berumur $\pm 38.000 - 18.000$ tahun yang lalu dan Siklus Karimata Barat 2 (SKB 2) berumur $\pm 18.000 -$ sekarang.

Berdasarkan korelasi perkembangan fasies-fasies sedimen di atas dalam setiap pembentukannya interval, maka endapan Kuarter di daerah telitian cenderung termasuk pada siklus stratigrafi yang berumur $\pm 18.000 -$ sekarang. Mekanisme dan perkembangan endapan tersebut dapat dikorelasikan mengikuti perubahan iklim, yaitu fasa-fasa: (1) kondisi iklim kering (minimum) diikuti oleh efek tektonik yang menghasilkan endapan rombakan, (2) kondisi iklim minimum menuju maksimum yang menghasilkan endapan *fluvial*, (3) kondisi iklim maksimum menuju minimum dan efek tektonik ditandai oleh menyusut dan

bergesernya fasies *fluvial* serta berkembangnya lingkungan cekungan banjir, dan (4) kondisi iklim minimum dan muka laut naik yang dicirikan oleh terbentuknya fasies linier klastika atau endapan-endapan pantai dan laut .

DISKUSI

Muka Laut

Kuenen (1950) dan Tjia (1977) menyatakan bahwa, di Asia Tenggara, perubahan muka laut sebenarnya (*eustatic*) diwakili oleh paparan Sunda yang dinyatakan sebagai daerah stabil karena tidak dipengaruhi oleh tektonik. Tjia (1983) menegaskan bahwa, muka laut Kuarter di Indonesia mempunyai ketinggian berbeda-beda, dan pernah berada pada -8, -10, -13, -18, -20 sampai -22, -30 sampai -33, -36, -45, -50 sampai -51, -60, -67 dan -82 sampai -90. Begitu banyaknya variasi turun-naiknya muka laut tersebut, membuktikan bahwa faktor kendali muka laut dan tektonik baik sebagai global, regional, ataupun lokal di Indonesia sangat perlu dipertimbangkan. Terbentuknya endapan Br membuktikan bahwa posisi garis pantai ketika itu berada pada -22 (Gambar 3, Ntb. 6 dan 7), sebaliknya fasies laut mulai terbentuk pada kedalaman -20 m. Turun-naiknya muka laut setelah -20 m tersebut sulit direkonstruksi, karena fasies linier klastika tersebut bersifat homogen yang tidak dapat dibedakan satu sama lainnya secara tegak. Selain itu, apa yang dikatakan oleh Aleva (1973) bahwa erosi laut yang terekam pada kedalaman -20m hingga -30 m yang menutupi sedimen muda tidak dijumpai di daerah penelitian. Hal ini dikarenakan endapan Br dan endapan M yang dijumpai adalah bersifat homogen menjadi satu kesatuan fasies pengendapan.

Revelle (1990, dalam Plint dr., 1992) menyatakan bahwa mekanisme, skala waktu dan kecepatan perubahan muka laut, adalah berhubungan dengan berubahnya iklim yang berkaitan dengan panas/temperatur. Sehingga naiknya muka laut adalah identik di saat iklim menuju ke posisi maksimum (lembab). Kriteria ini tidak terekam dan sulit dihubungkan dengan rangkaian fasies pengendapan di daerah telitian, karena posisi muka laut naik tersebut memberi indikasi kondisi iklim menuju minimum. Oleh karena itu, naiknya muka air laut tersebut tidak berhubungan dengan perubahan iklim. Ini salah

satu bukti bahwa kekuatan proses eksternal seperti perubahan muka laut, sirkulasi iklim, dan tektonik adalah berdiri sendiri (*independent factor*).

Iklim

Perlmutter dan Matthews (1989), menyatakan bahwa sirkulasi iklim berpengaruh besar terhadap proses fisika dan biokimia. Mereka menyebut bahwa pada kondisi iklim kering proses fisika berlangsung secara sempurna, sedangkan proses biokimia-fisika terjadi pada kondisi iklim agak lembab. Kedua proses ini memicu terjadinya endapan Mr yang langka mengandung sisa tanaman/tumbuhan dikarenakan kondisi iklim ketika itu adalah kering, yang menyebabkan lingkungan rawa tidak berkembang. Sisipan lempung liat bewarna merah dan kaolin, kemungkinan berasal dari pelapukan batuan dasar yang berubah di bawah pengaruh iklim kering tersebut yang selanjutnya berpindah. Puncak berkembangnya sistem *fluvial* yang dihubungkan dengan pernyataan Perlmutter dan Matthews (1989) terjadi pada saat iklim maksimum yaitu lembab, dan kondisi ini ditandai dominannya perkembangan dari proses sistem *fluvial* di daerah ini. Sisipan tipis dari karbon dan humus yang terkandung dalam sistem tersebut turut membuktikan bahwa iklim ketika itu memiliki tingkat kelembaban yang tinggi. Selanjutnya, di kala iklim menuju minimum menurut Perlmutter dan Matthews (1989) ditandai oleh menyusutnya sistem *fluvial*. Indikasi ini terekam pada interval tengah rangkaian stratigrafi di daerah telitian (Gambar 3), yang dibuktikan pula dengan semakin langkanya kandungan humus dalam sistem *fluvial* tersebut.

Perubahan iklim adalah merupakan faktor kendali utama proses terbentuk dan berkembangnya endapan Kuartar di daerah lepas pantai barat P. Kundur. Munculnya endapan material rombakan dan berpindahnya sistem alur sungai (F), kemungkinan berkaitan dengan efek dari tektonik. Selanjutnya, naiknya muka laut yang relatif tebal dan membentuk fasies linier klastika pada bagian atas rangkaian stratigrafi, kemungkinan berhubungan dengan gerak tektonik regional (berkaitan dengan penurunan regional pantai Sumatera timur ?) atau gerak tektonik regional yang terjadi pada

sistem tektonik Kuartar sistem dataran Sunda. ?. Dari berbagai penelitian termasuk indikasi penelitian ini, membuktikan bahwa dataran Sunda tidak secara keseluruhannya merupakan daerah stabil, akan tetapi gerak-gerak tektonik telah terjadi di P. Bangka dan P. Kundur selama Plistosen Akhir.

KESIMPULAN

Rangkaian endapan Kuartar di daerah lepas pantai barat P. Kundur dicirikan oleh terbentuknya endapan-endapan material rombakan, alur sungai, limbah banjir, cekungan banjir, pantai, dan dekat dekat pantai-lepas pantai. Proses terbentuknya endapan sistem *fluvial*, material rombakan dan cekungan banjir sangat terkait terhadap faktor iklim yang mengendalikannya.

Terbentuknya material rombakan dan pergeseran alur sungai, kemungkinan dipengaruhi oleh gerak-gerak tektonik lokal di daerah tersebut. Naiknya muka air laut yang menghasilkan interval atas kemungkinan berhubungan dengan tektonik regional yang menyebabkan sebagian daerah tersebut mengalami penurunan. Oleh karena itu, analisis sedimentologi dan stratigrafi Kuartar di daerah lepas pantai dapat dijadikan indikator pemahaman tektonik dan penelitian Geologi Kuartar ini dapat dijadikan sebagai salah satu studi awal dalam rangka pemahaman Dinamika Geologi Kuartar di lepas pantai. Dengan dasar pemahaman tersebut, diharapkan langkah-langkah penelitian rinci Geologi Kuartar di lepas pantai khususnya yang berkaitan dengan perubahan global muka laut, iklim, dan tektonik dapat dilakukan secara komprehensif.

Ucapan Terimakasih

Kegiatan pemboran ini dilakukan oleh PT. Timah Tbk. dalam rangka eksplorasi geologinya di lepas pantai, dalam hal ini penulis diperbantukan dalam kegiatan tersebut. Atas izinnya untuk menggunakan sebagian data tersebut guna kepentingan penelitian, penulis mengucapkan terimakasih. Terima kasih di sampaikan pula pada Bapak Noor Cahyono dari Eksplorasi PT. Timah Tbk., yang telah banyak memberikan saran dan kritik, sehingga makalah ini dapat dipublikasikan.

ACUAN

- Aleva, G.J.J., Bon, E.H., Nossin, J.J. Dan Sluiter, W.J., 1973. A contribution to the Geology of Part of the Indonesian Tinbelt: the Sea Areas Between Singkep and Bangka Islands and Around the Karimata Islands. *Geol. Soc. Malaysia, Bulletin 6*, July 1973, 257-271.
- Beaty, C.B., 1970, Age and estimated rate of accumulation of an alluvial fan, White Mountains, California, U.S.A. *American Journal of Society*, v 268, 50-77
- Blissenbach, E., 1954, Geology of alluvial fans in semi arid regions. *Bull.geol. Soc. Am.* 65, 175 -90
- Bull, W.B., 1963, Alluvial fan deposits in Western Fresno County, *California Journal of Sedimentology*, v. 71, 243-251
- Cameron, N.R., Ghazali, S.A. Dan Thompson, S.J., 1982, Geologi Lembar Bengkalis & Siak Sri Indrapura-Tanjungpinang, Sumatera. Peta Geologi bersekala 1:250.000, *Puslitbang Geologi*, Dit.Jend. Pertaambangan Umum (Dept. Pertambangan dan Energi)
- 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. Dalam Blum, M.D., Marriott, S.B. dan Leclair, S.F. (eds.), *Fluvial Sedimentology VII*, Int. Assoc. of Sedimentologist, Blackwell Scientific, 40-68.
- Hidayat, S., Moechtar, H. Dan Lumbanbatu, U.M., 2003, Fasies pengendapan Kuartar lepas pantai barat Karimata, Kalimantan Barat. *Prosiding Forum Litbang ESDM, Balitbang ESDM*, 518-530.
- Hidayat, S., Moechtar, H. Dan Lumbanbatu, U.M., 2004, Sejarah Geologi Plistosen akhir sebagai indikasi wilayah stabil berdasarkan proses pembentukan sedimennya (Suatu tinjauan studi peristiwa Kuartar di cekungan lepas pantai selatan P. Karimata. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Geologi*, Vol. 1, No. 1 Maret 2004, 92-101.
- Kuenen, Ph., H., 1950, *Marine Geology*. New York, Willey, 451 p.
- Lustig, L.K., 1965, Clastic Sedimentation in Deep Springs Valley, California. *United States Geological Survey, Professional Paper 352-F*, 131-192
- Moechtar, H., 2007, Runtunan Stratigrafi Sedimen Kuartar Kaitannya Terhadap Perubahan Global Sirkulasi Iklim Dan Turun-Naiknya Muka Laut Di Lepas Pantai Barat Kepulauan Karimata (Kalbar). *Bulletin of Scientific Contribution*, Vol. 5, Nomor 1, Januari 2007, 11-23.
- Moechtar, H., Lumbanbatu, U.M. Dan Hidayat, S., 2002a Geologi Kuartar Lepas Pantai Selatan Pulau Karimata (Kalbar). *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, Vol. XII, No. 126, Juli 2002, 25-35.
- Moechtar, H., Lumbanbatu, U.M., Dan Hidayat, S., 2002b, Geologi Kuartar Lepas Pantai Utara Pulau Karimata, *Majalah Geologi Indonesia*, Volume 17, N0.1 dan 2, April dan Agustus, 2002, 30-42.
- Nitiwisastro, M., Wibowo, W. Dan Moechtar, H., 1995, Geological data in relation to the present and future exploration. *The 1995 Mining Indonesia Conference*, Vol. 2, 22 November 1995, 24 p.
- Perlmutter, M.A. Dan Matthews, M.A., 1989, Global Cyclostratigraphy. Dalam T.A. Cross (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, 233-260.
- Plint, A.G., Eyles, N., Eyles, C.H. Dan Walker, R.G., 1992, Control of sea level change. Dalam Walker, R.G. Dan James, N.P. (eds.), *Facies Models response to sea level change*. Geological Association of Canada, 15-25.
- Reineck, H.E. dan Singh, I.B., 1980, *Depositional sedimentary environments*. Springer – Verlag, Berlin, 549 p..
- Soehaimi, A. Dan Moechtar, H., 1999, Tectonic, Sea Level or Climate Controls During Deposition of Quaternary Deposits on Rebo and Sampur Nearshores, East Bangka-Indonesia. *Proceedings of*

Indonesian Association of Geologist, The 28th Annual Convention, 91-101.

- Tjia, H.D., 1977, Changes of sea level in the southern part of the south China Sea during Quaternary times. United Kingdom, *ESCAP, CCOP, Tech. Pub.*, no. 5, 11-36.
- Tjia, H.D., 1983, Aspek Geologi Kwartir Asia Tenggara. *Bull. Jur. Geologi, Univ. Kebangsaan Malaysia*, vol. 9, 22 h.
- Wasson, R.J., 1977, Catchment processes and the evolution of alluvial fans in the Lower Derwent Valley, Tasmania *Sedimentology*, v.24, 781-799.