

## Evolusi pengendapan sedimen Kuartar di daerah utara Air Musi, Kota Palembang - Sumatera Selatan

HERMAN MOECHTAR

Pusat Survei Geologi, Jln. Diponegoro No. 57 Bandung, Indonesia

### SARI

Di daerah penelitian, fasies endapan Kuartar terdiri atas endapan alur sungai yang dipisahkan oleh endapan-endapan cekungan banjir, rawa, dan dataran banjir. Peralihan alur sungai 1, 2, dan ke 3 diinterpretasikan sebagai hasil perubahan tipe sungai dari alur sungai lurus ke berkelok. Perubahan secara tegak dari karakter alur-alur sungai tersebut dapat dihubungkan dengan perubahan dari kelembaban. Rangkaian lingkungan cekungan banjir dan rawa secara tegak dan mendatar memperlihatkan fasies tersebut menyusut dan meluas. Kejadian ini cenderung diakibatkan oleh perubahan iklim.

Perubahan secara tegak endapan Kuartar dapat dihubungkan dengan perubahan iklim. Gejala yang dimaksud terlihat pada subinterval fasies pengendapan I.a ke I.c, yaitu pembentukan fasies alur sungai 2 dan fasies dataran banjir (sub interval fasies pengendapan I.b), yaitu selama pembentukan fasies cekungan banjir 2 (sub interval fasies pengendapan II.b) sebagai refleksi pertambahan iklim secara menerus dari iklim minimum ke maksimum. Sementara, sub interval I.c ke II.c, kelembaban iklim berkurang dari iklim maksimum ke minimum. Mungkin ini dapat disebut sebagai astrostratigrafi atau orbital stratigrafi.

**Kata kunci:** fasies, lingkungan pengendapan, iklim, stratigrafi

### ABSTRACT

*In the studied area, the sedimentary Quaternary facies consists of fluvial channel separated by floodbasin, swamp, and floodplain deposits. Changes in channel style from channel 1, 2, and to 3 are interpreted as the result of a change in the type of river discharge from low to high sinuosity channels. Vertical changes in the character of these fluvial channels can be related to changes in humidity. The lateral and vertical succession of the floodbasin and swamp environments shows evidence of decreasing and increasing of these facies. They are the result of changes in climate.*

*Vertical changes of the Quaternary deposit successions can be related to changes in climate. It is concluded that the subinterval facies I.a to I.c as form of channel 2 and floodplain facies (subinterval facies I.b) reflects a continuously increase in climate from minimum to climatic maximum. Whereas, from the subinterval facies I.c to II.c during deposition of the subinterval facies II.b by the occurrence of floodbasin facies 2, the humid climate decreased from climatic maximum to minimum. Probably, this can be called as astrostratigraphy or orbital stratigraphy.*

**Keywords:** facies, depositional environment, climate, stratigraphy

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang dan Dasar Pemikiran

Badri (1983) dalam laporannya menyatakan bahwa bentang alam di daerah Ilir Palembang, yaitu di sebelah utara Air Musi, merupakan daerah pedataran dan perbukitan bergelombang yang tersusun oleh en-

dapan rawa dan aluvium. Air adalah nama setempat di daerah Palembang yang berarti sungai. Air Musi bukan saja sebagai sungai terbesar di Pulau Sumatera tapi juga sebagai sungai terlebar di Indonesia. Sungai ini mempunyai lembah berbentuk U dan sudah berkelok-kelok (*meandering*) yang menandakan bahwa sungai tersebut sudah pada stadium tua. Kedua faktor tersebut memberikan dugaan bahwa Air Musi sudah

mengalami perpindahan tempat beberapa kali. Air Musi yang membelah Kota Palembang tersebut sangat berpengaruh besar terhadap laju pertumbuhan ekonomi dan pembangunan di daerah itu. Dengan berkembangnya pemukiman dan industri di Kota Palembang dan sekitarnya serta keberadaan Air Musi, maka untuk penataan wilayah tersebut diperlukan informasi geologi. Sejauh ini informasi dasar geologi, khususnya sedimen Kuartar di daerah ini belum tersedia.

Dengan mempelajari sedimen Kuartar tersebut di atas, di samping untuk mengetahui perkembangan alur-alur sungai purba dan berubahnya lingkungan terutama dataran banjir dan dataran aluvium, juga untuk mengkaitkannya dengan evolusi cekungan, khususnya perkembangan alur sungai Musi purba. Williams dr. (1993) menyatakan bahwa proses yang mempengaruhi pembentukan sedimen selama kurun waktu Kuartar, antara lain adalah: (a) perubahan alas cekungan (*baselevel*) dan efek tektonik, (b) keseimbangan wilayah tadah hujan (*catchment-water balance*), dan proses erosi, serta (c) proses

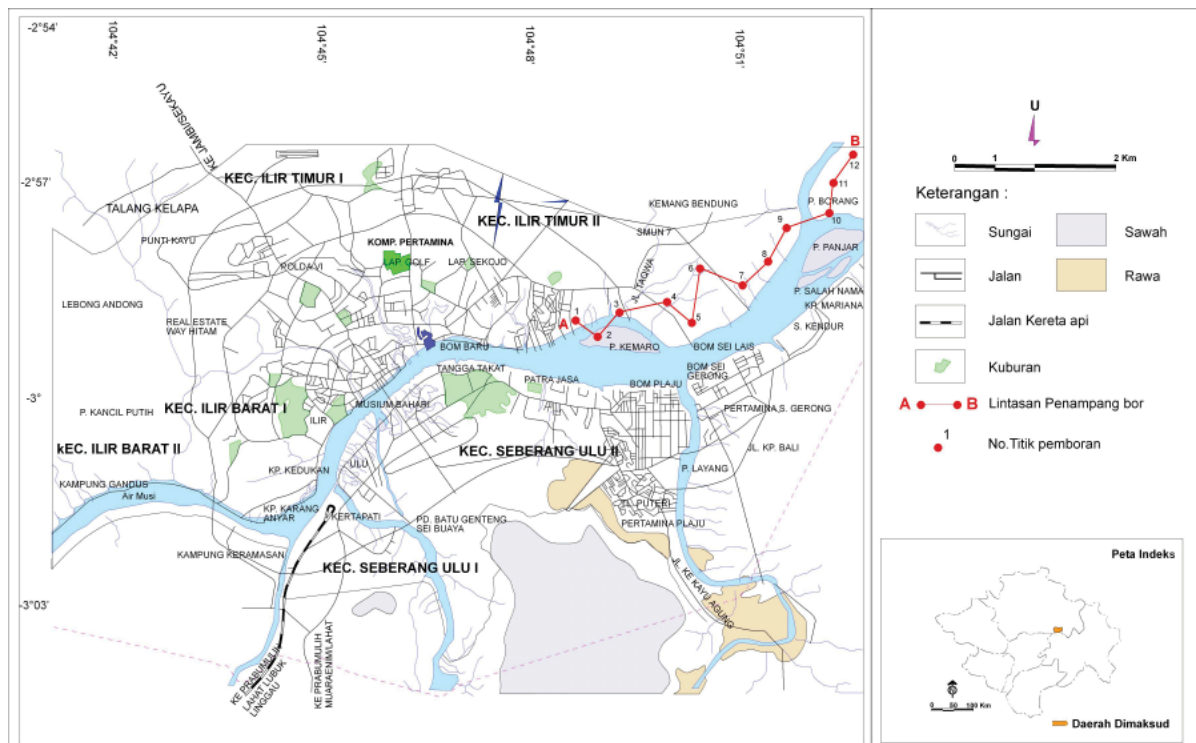
alur sungai. Kesemua faktor tersebut sangat penting dalam perencanaan atau penataan wilayah sesuai dengan daya dukungnya.

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui evolusi aliran Air Musi, sedangkan tujuan penelitian ini adalah: (a) mendeskripsikan fasies sedimen Kuartar, (b) mempelajari hubungan fasies endapannya, baik secara vertikal maupun lateral termasuk perkembangan dari alur-alur sungai purba, (c) menelaah aspek stratigrafi hubungannya dengan faktor kontrol pembentukannya, dan (d) mengetahui interval fasies pengendapan sedimen Kuartar di daerah utara Air Musi.

Lokasi dan wilayah penelitian mencakup bagian timur Kecamatan Ilir Timur II Kota Palembang, Sumatera Selatan dengan batas koordinat  $104^{\circ} 39' - 104^{\circ} 54'$  BT dan  $2^{\circ} 54' - 3^{\circ} 06'$  LS (Gambar 1).

### Metode

Endapan Kuartar di daerah penelitian telah diamati secara seksama dengan melakukan pemboran dangkal, yang selanjutnya dipelajari secara detail



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan pemboran dangkal daerah utara Air Musi, Palembang, Sumatera Selatan.

pembentukan dan pengembangan fasiesnya, baik secara vertikal maupun lateral. Untuk perolehan data digunakan peralatan bor tangan yang umum dipakai di dalam penelitian/pemetaan geologi Kuartar berdasarkan “Sistem Legenda Tipe Penampang” (*Profile-Type-Legend System*) yang memunculkan unit-unit peta yang diwakili oleh tipe penampang (urut-urutan vertikal dari endapan sedimen sampai kedalaman tertentu). Sistem tipe penampang ini sangat cocok untuk diterapkan di area sedimen lepas yang bisa ditembus dengan mudah oleh bor tangan, seperti halnya di dataran rawa dan aluvium Palembang. Konsep sistem tipe penampang pertama kali dikembangkan oleh *Netherland Geological Survey* pada tahun 1960, dan selanjutnya dimodifikasi oleh *Geological Survey of Lower Saxony, West Germany* pada tahun 1977. Metode pemboran tersebut sudah digunakan oleh Pusat Survei Geologi sejak akhir tahun 1970an, dan sangat cocok digunakan untuk penelitian di daerah pantai utara Jawa, pantai timur Sumatera, dan daerah dataran rawa, serta pantai Kalimantan.

Endapan Kuartar yang berasal dari pemboran dangkal tersebut di atas selanjutnya diplot dan dideskripsikan ke dalam penampang vertikal sedimen berskala 1:100 dengan kedalaman antara 7,5-11 m. Dua belas lokasi pemboran dangkal berarah barat daya –timur laut selanjutnya dikorelasikan. Dari rangkaian stratigrafi tersebut, dapat diekspresikan hubungan fasies, baik secara lateral maupun vertikal, termasuk hubungan alur sungai purbanya. Secara khusus, perhatian penelitian difokuskan pada fraksi butiran sedang (pasir) yang didominasi oleh sistem alur sungai, terutama penelaahan terhadap perubahan sistem sungai purba tersebut. Diharapkan, stratigrafi dan umur fasies Kuartar tersebut dapat diketahui, dan pada akhirnya evolusi serta keterkaitannya dengan Air Musi sekarang dapat ditelusuri ataupun direkonstruksi.

## LANDASAN TEORI

Olsen (1993) melakukan studi bangunan siklus pengendapan dengan menganalisis siklus-siklus sedimen yang berhubungan dengan kontrol global atau kontrol kitaran bumi yang mempengaruhi suatu sistem pengendapan. Ia menyatakan bahwa siklus

pengendapan mengikuti perubahan iklim, yang terjadi karena posisi bumi berubah mengitari matahari. David dan Miall (1991) mengemukakan pula bahwa kontrol pembentukan sistem fluviatil (*semi arid*) dapat dijadikan sebagai dokumentasi yang baik untuk contoh kompleks alur sungai berkelok (*anastomosing*), yang memiliki rangkaian sedimen yang tebal dengan variasi dataran banjir yang luas di daerah limpahan (*overbank*). Kontrol pembentukan tersebut sangat terkait dengan perubahan sirkulasi iklim pada posisi atau delineasi yang sama. Dari analisis elemen bangunan fasies pada sistem fluviatil, suatu perubahan delineasi akan membedakan sistem alur sungai tersebut, seperti sungai teranyam hingga kompleks sungai berkelok (Miall, 1988). Allen (1983) dan Miall (1988) mengemukakan pula bahwa suatu elemen bangunan suatu variasi perlapisan dicirikan oleh geometri, komposisi fasies, dan skalanya, yang diwakili oleh sebuah proses pembentukan utama atau gabungan proses yang mengikuti sebuah sistem pengendapan. Pemikiran ini lebih menonjolkan pada sistem energi dalam proses pengendapan, yang volume airnya berhubungan dengan tingkat kelembaban sirkulasi iklim. Dari berbagai paham yang dilontarkan tersebut, dapat dikatakan bahwa hubungan antara rangkaian pengendapan dengan perulangan atau perubahan lingkungan, baik secara vertikal maupun lateral, sangat terkait dengan perubahan iklim secara global. Berbagai pemikiran tentang siklus stratigrafi global tersebut telah dikemukakan oleh Perlmutter dan Matthews (1989).

## TATAAN GEOLOGI

Bentang alam Ilir Palembang dapat dibedakan menjadi daerah dataran dan perbukitan bergelombang. Daerah dataran yang memiliki ketinggian kurang dari 50 meter (dpl), merupakan wilayah dataran sungai dan rawa. Bentang alam perbukitan bergelombang yang membentang pada ketinggian antara 50-100 m memiliki kemiringan lereng berkisar antara 10 sampai 15%. Batuan yang menyusun morfologi ini adalah batuan sedimen yang sudah mengalami perlipatan cukup kuat dengan kemiringan tajam, terdiri atas perselingan batulempung, serpih, batulanau bersisipan batupasir, batula-

nau tufan dengan sisipan batubara, tuf, tuf pasir, batupasir tufan, dan batuapung.

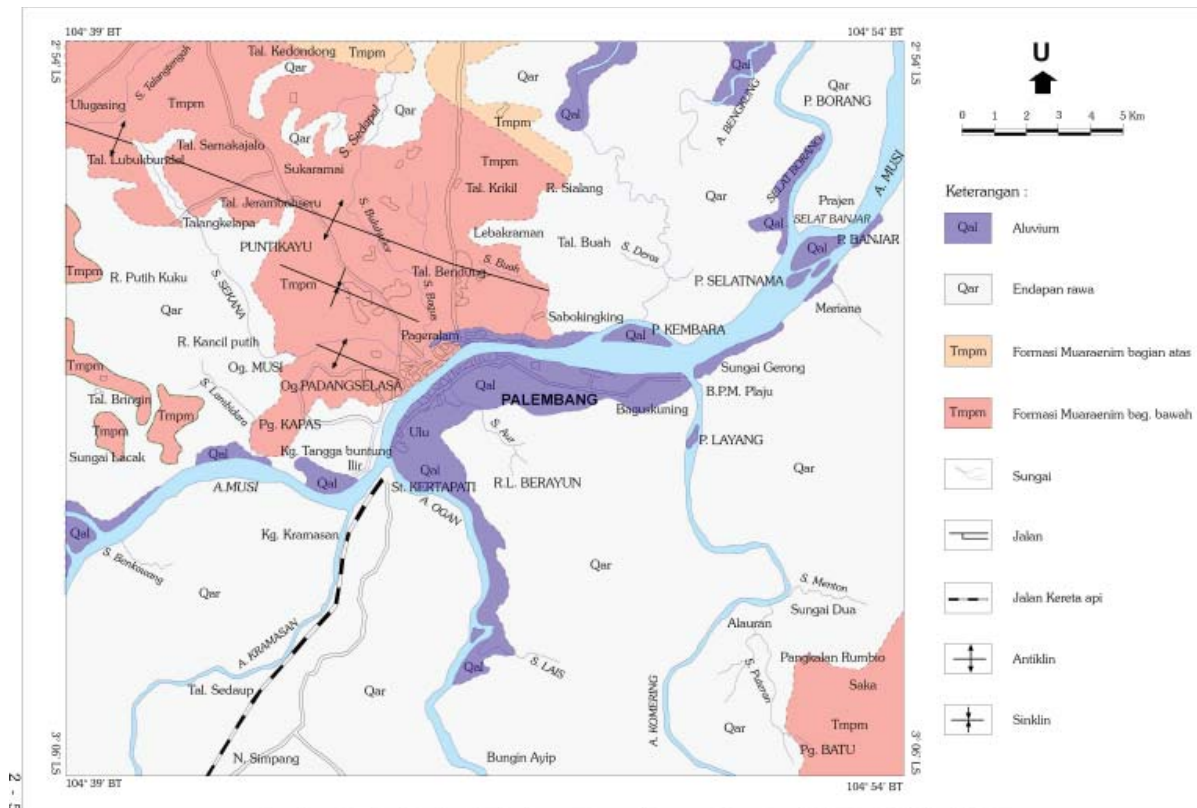
Gafoer dr. (1995) telah memetakan daerah ini dalam peta geologi lembar Palembang berskala 1:250.000, sedangkan Badri (1983) memetakan daerah ini lebih rinci lagi dengan skala 1:100.000 (Gambar 2). Batuan yang tersingkap di daerah penelitian adalah Formasi Muaraenim yang berumur Miosen. Formasi ini dibedakan menjadi Formasi Muaraenim bagian bawah dan Formasi Muaraenim atas yang ditutupi oleh sedimen Kuartar. Formasi Muaraenim bagian bawah memiliki sebaran cukup luas, serta umumnya telah mengalami perlipatan, dan terdiri atas batulempung dan batulanau tufan dengan sisipan batubara. Formasi Muaraenim bagian atas terdiri atas batulempung serpihan abu-abu kehijauan, bersisipan batubara tipis, batu pasir halus karbonatan, dan batulanau. Formasi ini secara

selaras terletak di atas Formasi Muara Enim bagian bawah. Akhirnya formasi tersebut ditutupi oleh endapan rawa dan aluvium.

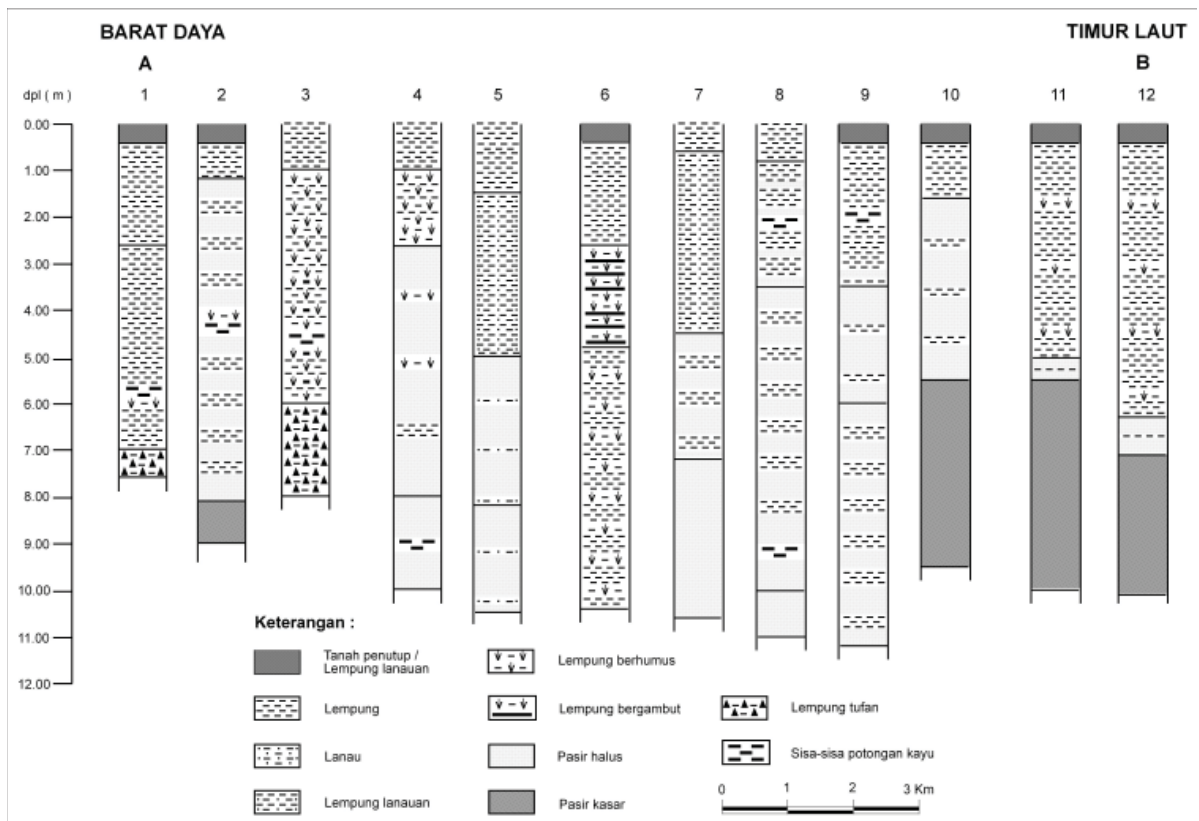
## HASIL PENELITIAN

### Pemerian Data Bor

Bahan penelitian berupa data bor di 12 titik (Gambar 1) yang masing-masing dibuat penampang 1 sampai 12 (Gambar 3). Secara umum litologi terdiri atas pasir kasar, pasir halus, lanau, lempung, lempung lanauan, lempung tufan, lanau berhumus bersifat lempungan sampai ke lempung bergambut. Di dalam endapan pasir kasar terdapat butiran kerakal, kerikil, pecahan batuapung yang tersebar di dalam interval pasir kasar. Pada penampang 1, bagian bawahnya ditempati oleh lempung tufan



Gambar 2. Peta Geologi Palembang dan sekitarnya, Sumatera Selatan (Badri, 1983).



Gambar 3. Data pemboran tangan lintasan A-B daerah utara Air Musi, Palembang, Sumatera Selatan.

yang sulit ditembus oleh pemboran. Ke arah atasnya setebal 5, 10 m tersebar fasies lempung yang pada kedalaman 5,00 hingga 5,50 m merupakan interval lempung bergambut yang diinterpretasikan sebagai fasies dataran banjir. Secara umum, warna interval lempung tersebut gelap dan puncaknya pada fasies lempung bergambut yang menjadi semakin lebih terang ke arah atasnya ditutupi oleh lempung setebal 2,10 m sebagai fasies cekungan banjir, yang pada akhirnya ditutupi oleh lempung lanauan sebagai tanah penutup.

Bagian bawah penampang 2 ditandai oleh pasir kasar, keras sebagai endapan alur sungai yang ke arah atasnya merupakan interval perulangan dari lempung dan pasir halus setebal 4,50 m sebagai endapan dataran banjir. Ketebalan interval lempung rata-rata 0,3-0,4 m, kecuali pada selang atas yang mencapai 0,7 m, sedangkan pasir halus memiliki ketebalan 2,20 m sebagai endapan alur sungai. Pada kedalaman 3,8-4,2 m diselingi oleh lempung bergambut yang diinterpretasikan sebagai endapan

cekungan banjir, dan bagian atas penampang tersebut ditutupi oleh tanah.

Lempung tufan sebagai endapan dataran banjir adalah ciri bagian bawah penampang 3, yang secara tegas ditutupi oleh lempung berhumus. Bagian atasnya berwarna lebih gelap yang ditandai oleh perubahan fasies menjadi lempung bergambut setebal 80 cm. Secara berangsur, lempung bergambut sebagai endapan rawa ini ditutupi oleh lempung berhumus dengan warna yang lebih terang sebagai endapan cekungan banjir, dan akhirnya ditutupi oleh fasies lempung dengan warna yang semakin terang.

Pasir halus adalah ciri butiran yang mendominasi penampang 4 setebal 7,2 m dengan perulangan sisipan lempung berhumus dan lempung setebal rata-rata 50 cm sebagai endapan dataran banjir. Arah atasnya ditempati oleh lempung berhumus setebal 1,5 m sebagai endapan rawa dan cekungan banjir yang bagian atasnya berupa tanah penutup.

Bagian bawah penampang 5 ditandai oleh dominannya pasir halus dengan sisipan lanau setebal 5-10

cm yang diinterpretasikan sebagai endapan dataran banjir. Ke arah atasnya diendapkan lempung lanau setebal 3,80 m berwarna coklat kelabu, lunak sampai agak keras, yang ke arah atasnya ditutupi oleh lempung berwarna coklat yang diinterpretasikan sebagai endapan alur sungai. Bagian atas endapan alur sungai ini ditempati oleh lempung setebal 1,5 m sebagai endapan cekungan banjir.

Penampang 6 dicirikan pada bagian bawahnya oleh lempung berhumus, lunak mengandung banyak tumbuhan berupa akar dan dedaunan, abu-abu kehitaman, berhumus, dan kadang-kadang mengandung gambut tipis berukuran 1-2 cm sebagai endapan rawa. Bagian atasnya ditutupi oleh fasies lempung bergambut setebal 2,2 m, berwarna hitam, dan lunak yang diinterpretasikan juga sebagai endapan rawa. Semakin ke arah atas diendapkan lempung berwarna coklat dan tidak dijumpai kandungan unsur organik sebagai endapan cekungan banjir, yang pada akhirnya ditutupi oleh tanah penutup.

Pada bagian bawah penampang 7 diendapkan pasir berukuran halus, coklat keabu-abuan yang ke arah atasnya berselang-seling dengan interval lempung setebal  $\pm 50$  cm yang diinterpretasikan sebagai endapan alur sungai, yang ke arah atasnya ditutupi oleh perselingan lempung dan pasir sebagai endapan dataran banjir. Bagian atas interval pasir tersebut ditutupi oleh lempung lanauan setebal 3,80 m, berwarna coklat kelabu, kadang-kadang berhumus halus sebagai endapan alur sungai yang bagian atasnya beralih ke interval lempung berwarna coklat sebagai endapan dataran banjir.

Pasir halus berwarna abu-abu kecoklatan, padat dan keras sebagai endapan alur sungai adalah ciri bagian bawah penampang 8. Bagian atasnya setebal 6,2 m ditempati oleh perselingan antara pasir halus sampai sangat halus dan lempung yang diinterpretasikan sebagai endapan dataran banjir. Pasir berwarna coklat kelabu, mengandung sisa-sisa tumbuhan kadang-kadang mengandung sisa-sisa potongan kayu, tak berlapis, ketebalan antara 0,5-0,7 m berupa endapan alur sungai. Lempung, berwarna coklat sampai abu-abu kehitaman, lapisan humus tipis, dan lunak. Bagian atasnya setebal 2,6 m ditutupi oleh fasies yang lebih halus berupa lempung bersisipan pasir halus setebal 5-10 cm, coklat kelabu, agak padat sampai lunak, kadang-kadang berhumus tipis sebagai endapan dataran banjir, yang akhirnya

ditutupi oleh fasies lempung berwarna coklat berupa endapan cekungan banjir.

Sedimen Kuarter penampang 9 adalah perulangan fasies pasir dan lempung yang pada bagian tengahnya semakin menipis. Selanjutnya ke arah atas fasies pasir semakin hilang dan didominasi oleh lempung. Bagian bawah ditempati oleh pasir halus, coklat kelabu sampai hitam, lunak, tak berlapis, mengandung sisa-sisa tumbuhan dan lapisan humus tipis, dengan ketebalan antara 0,5-0,8 m. Lempung, ketebalan  $\pm 20-35$  cm, coklat abu-abu kehitaman, berhumus, lunak dan tidak berlapis. Pada interval tengah lapisan lempung semakin menipis  $\pm 10$  cm, sedangkan lapisan pasir semakin tebal mencapai 1 m. Lapisan-lapisan klastika tersebut diinterpretasikan sebagai endapan dataran banjir. Interval atas ditempati oleh lempung dengan sisipan tipis pasir halus setebal 5-10 cm, berwarna coklat, lunak sampai agak keras yang ditutupi oleh lempung lanauan sebagai tanah penutup.

Pada penampang 10, interval fasies sedimen Kuarter terdiri atas pasir kasar, pasir halus berselang-seling lempung, dan lempung. Pasir kasar, coklat, kuning hingga abu-abu kecoklatan, membulat tanggung sampai sangat menyudut, tak berlapis, menghalus ke arah atas, mengandung kerakal-kerikil, mengandung sisa tumbuhan yang diinterpretasikan sebagai endapan alur sungai. Perselingan pasir halus dan lempung  $\pm 1$  m dengan lempung  $\pm 10-15$  cm. Pasir, coklat sampai abu-abu kehitaman, lunak dan berhumus, agak padat, kadang-kadang pasiran; sedangkan lempung lunak coklat kehitaman yang cenderung sebagai endapan dataran banjir. Lempung setebal 1,1 m, berwarna coklat, pasiran, agak keras sebagai endapan cekungan banjir.

Selanjutnya, pada bagian bawah penampang 11 diendapkan pasir kasar mengandung kerakal-kerikil, coklat hingga kelabu, membulat tanggung sampai sangat menyudut, tak berlapis, butiran menghalus dan kembali mengasar ke arah atas, berlapis tipis lempung berhumus, sisa-sisa akar tanaman yang diinterpretasikan sebagai endapan alur sungai. Bagian atasnya ditutupi oleh pasir halus setebal 0,5 m dengan sisipan tipis lempung, berwarna coklat kehitaman, tak berlapis, lunak dan berhumus, serta pasiran sebagai endapan dataran banjir. Selanjutnya pasir halus tersebut ditutupi oleh lempung setebal 5 m dengan sisipan lempung berhumus setebal 15-

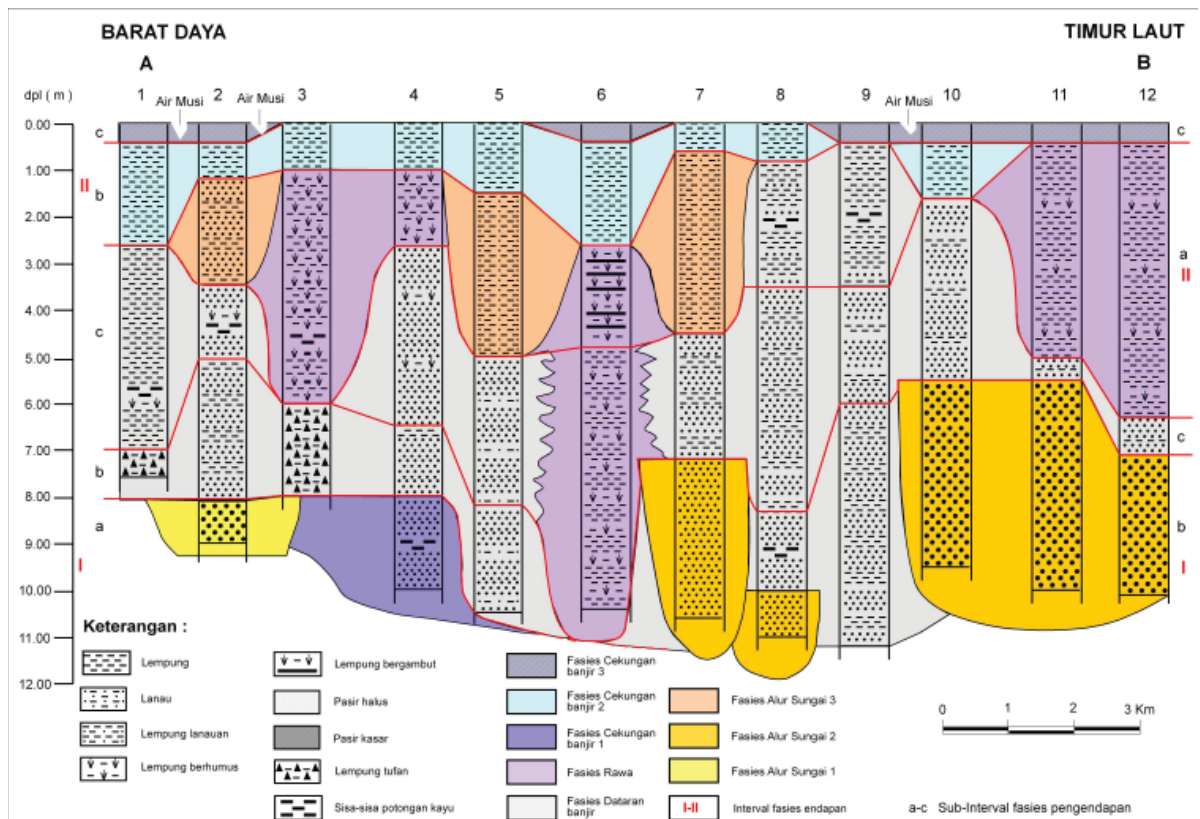
25 cm. Lempung berwarna abu-abu sampai hitam, mengandung sisa-sisa tumbuhan, dan lunak sebagai endapan rawa yang pada bagian atasnya ditutupi oleh lempung lanauan sebagai tanah penutup.

Pada bagian bawah penampang 12, sedimen Kuarternya berupa pasir kasar, butiran menghalus ke arah atas, kadang-kadang mengandung kerikil, coklat hingga kelabu, tak berlapis, keras dan padat, mengandung sisa tumbuhan yang diinterpretasikan sebagai endapan alur sungai. Lapisan pasir kasar tersebut ditutupi oleh pasir halus setebal 1 m dengan sisipan tipis lempung, berwarna coklat kehitaman, lunak, berhumus, dan pasirannya berupa endapan dataran banjir. Interval atas lokasi pemboran ini ditempati oleh lempung bersisipan lempung berhumus, abu-abu sampai hitam, mengandung sisa-sisa tumbuhan, lunak, kadang-kadang berpasir sebagai endapan rawa. Pada akhirnya, fasies lempung tersebut ditutupi oleh lempung lanauan sebagai tanah penutup.

Berdasarkan ciri sedimen dan fasies pengendapannya, rangkuman litologi tersebut di atas dapat diberikan sebagai empat fasies pengendapan, yaitu 1. Fasies Cekungan Banjir, 2. Fasies Rawa, 3. Fasies Dataran Banjir, dan 4. Fasies Alur Sungai. Selanjutnya, secara vertikal fasies cekungan banjir dan fasies alur sungai dibagi menjadi tiga kelompok (Gambar 4).

### Fasies Cekungan Banjir

Endapan di dalam fasies ini terdiri atas lempung, lanau, pasir, lempung pasir; berwarna hitam kecoklatan, coklat, kuning kecoklatan, merah, coklat kemerahan; tak berlapis, pemisahan butir tidak sempurna; lunak sampai padat dengan ketebalan antara 0,40 – lebih dari 2,60 m. Interval bawah menunjukkan litologi yang bersifat tufan dan pasirannya yang menghalus ke arah atas dan sering bercampur dengan pasir kasar. Bagian atas interval fasies ini menunjukkan kandungan humusnya yang berlim-



Gambar 4. Data penampang A-B daerah utara Air Musi, Palembang, Sumatera Selatan.

pah, sedangkan di bagian bawahnya relatif kurang. Di samping itu, fasies ini juga kaya kandungan sisa tumbuhan, yang pada beberapa tempat sering dijumpai lapisan tipis lempung berhumus berwarna abu-abu sampai coklat keabuan. Bercak-bercak oksidasi dijumpai beragam, dan setempat bercak ini menjadi dominan berwarna coklat kemerahan. Secara umum, ciri litologi demikian menunjukkan fasies cekungan banjir.

Lingkungan cekungan banjir tersebut di atas diperkirakan sebagai terminal berbagai proses pengendapan, baik yang berasal dari longsor atau pelimpahan material dari alur sungai, maupun sebagai fasies rawa. Berdasarkan posisinya, fasies tersebut dapat dipisahkan menjadi fasies cekungan banjir 1, 2, dan 3 (Gambar 4). Fasies cekungan banjir 2 memiliki penyebaran yang lebih luas dibanding fasies cekungan banjir 1, sedangkan fasies cekungan banjir 3 ditandai oleh tanah penutup berupa lempung lanauan yang proses pembentukannya masih berlangsung hingga sekarang.

### Fasies Rawa

Fasies ini terdiri atas lanau organik bersifat lempungan sampai lempung organik dan langka kandungan pasir, berwarna gelap. Persentase lanau dalam fasies ini sangat beragam, mulai dari sedikit ( $\pm 5-10\%$ ) sampai sedang ( $\pm 10-20\%$ ), sedangkan pasir halus dan lanau organik sering dijumpai bercampur dengan lapisan debu gunung api. Ciri litologi demikian cenderung termasuk ke dalam fasies rawa. Selain itu, fasies rawa ini dicirikan pula oleh lempung organik berwarna abu-abu kehitaman mengandung banyak sisa tumbuhan berupa akar dan daun-daunan, sisa-sisa potongan kayu busuk, humus, serta gambut. Ketebalan fasies ini hampir mencapai 8,50 m.

### Fasies Dataran Banjir

Material utama yang menyusun fasies ini adalah pasir dan lempung pasir, dan umumnya berupa perselingan antara endapan pasir halus fluviatil dan endapan piroklastika, dan diinterpretasikan sebagai fasies dataran banjir dengan tebal 0,40-10,50 m. Proses demikian umumnya terjadi dan berlangsung di daerah dataran banjir di sekitar alur sungai. Fasies ini mempunyai batas yang jelas dengan lapisan organik yang menindihnya (fasies endapan rawa).

Bawah endapan ini disusun oleh pasir berukuran halus sampai sedang; dan lapisan pasir atau lempung tufan dan material gunung api primer dan sekunder berupa pecahan batuan beku, piroklastika dan mineral sekunder. Warna fasies ini dipengaruhi oleh tingkat kandungan humusnya, komposisi pasir, dan kandungan lempungnya, sehingga warnanya beragam mulai coklat hingga abu-abu kehitaman.

### Fasies Alur Sungai

Endapan alur sungai ini berwarna coklat, kuning hingga abu-abu kecoklatan dengan ukuran mulai dari kerakal-kerikil hingga pasir lempungan, membulat tanggung hingga sangat menyudut; terdiri atas kuarsa, felspar, dan pecahan batuan dengan butiran tak teratur kadang-kadang butirannya menghalus ke arah atasnya; tak berlapis, mengandung unsur organik/sisa-sisa potongan kayu dan daun-daunan, berhumus dengan tebal antara 1,30 hingga 5,00 meter. Umumnya sedimen ini berbutir menghalus ke arah atas, dan memiliki batas sangat jelas dengan lapisan berfasies organik berbutir halus. Bagian bawah umumnya terdiri atas pasir, kadang-kadang pasir kerikil sampai kerakalan, sedangkan di bagian atas berubah secara berangsur menjadi pasir lanauan atau pasir lempungan. Perulangan atau perselingan antara pasir, lanau dan lempung diduga sebagai produk suatu pertumbuhan endapan secara lateral (*lateral accretion*), yaitu suatu proses pembentukan beting sungai (*point bar*) yang khas terjadi pada sistem sungai berkelok (*high-sinuosity channels*). Kandungan bahan organik beragam, mulai dari sedang sampai tidak mengandung organik. Bagian atas endapan ini mengandung sedikit sisa tumbuhan, dan di bagian bawah dijumpai sisa-sisa potongan kayu. Juga dalam lapisan pasir ini sering dijumpai material gunung api berupa pecahan batuan beku dan batuan sebagai komponen. Warna lapisan dipengaruhi oleh tingkat kandungan humusnya, serta komposisi pasir dan kandungan lempung, sehingga warnanya beragam mulai coklat sampai abu-abu kehitaman. Lapisan pasir ini diinterpretasikan sebagai endapan alur sungai, dan selanjutnya dapat dibedakan menjadi fasies alur sungai 1, yaitu alur sungai yang relatif lurus (*low-sinuosity channels*); fasies alur sungai 2 sebagai alur sungai lurus hingga berkelok (*low high-sinuosity channels*); dan fasies alur sungai 3 berupa sungai berkelok (*high-sinuosity*

*channels*). Fasies alur sungai ini ditandai oleh suatu dimensi dan ukuran tubuh alur sungai yang membesar dan mengecil, yaitu alur sungai 1 lebih kecil dimensinya dibanding alur sungai 2, dan selanjutnya kembali mengecil kala membentuk tubuh alur sungai 3 (Gambar 4).

## PEMBAHASAN

### Fasies dan Rangkaiannya

Berdasarkan zonasi stratigrafinya, susunan fasies endapan Kuarter di atas dapat dibedakan menjadi interval fasies pengendapan I-II (Gambar 4) dan masing-masing interval memiliki sub interval fasies pengendapan (a-c) sebagai berikut:

Proses sedimentasi di daerah ini diawali oleh pembentukan alur sungai yang relatif kecil (alur 1) (sub interval fasies pengendapan I.a), yaitu selama pembentukan fasies-fasies alur sungai 1 dan cekungan banjir 1). Alur sungai 1 ini terbentuk di sekitar Pulau Kemaro, yang diikuti oleh suatu perkembangan dari endapan cekungan banjir 1 di Kampung Siolo dan menipis ke arah Sei Lais. Pada bagian atasnya, yaitu sub interval fasies pengendapan I.b (selama proses pembentukan fasies alur sungai 2 dan fasies dataran banjir), terbentuk endapan dataran banjir yang semakin meluas, mulai dari Kampung Muara Kelingi sampai ke Sei Lais. Bersamaan dengan itu, berlangsung pula pasokan material yang berasal dari erupsi gunung api berupa tuf halus atau tuf berukuran lempung (fasies piroklastika) ke arah cekungan. Di bagian tengah sayatan penampang (Gambar 4), dan tepatnya di sebelah barat Kampung Sei Lais proses pembentukan endapan ini terhenti, yang tidak diikuti pula oleh proses pengendapan lainnya.

Proses berikutnya adalah pembentukan alur sungai 2 yang terjadi selama sub interval fasies pengendapan I.b, sebagai suatu periode proses sistem fluvial yang memiliki penyebaran yang luas dan intensif. Semakin ke arah timur laut dimensi sebaran dari lingkungan alur sungai 2 ini semakin meluas, sebaliknya lingkungan dataran banjir menyusut di tempat tersebut. Sub interval fasies pengendapan I.c (selama proses pembentukan fasies-fasies dataran banjir dan rawa) ditandai oleh meluasnya lingkungan dataran banjir sebagai kelanjutan dari proses sebelumnya, yang hampir menutupi korelasi

rangkaian fasies endapan Kuarter di daerah ini, kecuali di Kampung Siolo dan di sekitar Kampung Mata Merah, yang pada akhirnya kembali menyusut di sekitar Pulau Borang. Lingkungan rawa yang berkembang di bagian tengah (Gambar 4) mungkin termasuk sebagai wilayah rawa yang sangat dipengaruhi oleh pasokan alur sungai yang terletak di sekitarnya (*backswamp*).

Interval fasies pengendapan II diawali oleh terbentuknya alur sungai 3 di sekitar Pulau Kemaro, Kampung Sei Lais dan di sebelah barat Air Musi, sedangkan di sekitar Kampung Siolo, Kampung Selinca dan Pulau Borang berkembang lingkungan rawa secara baik. Sebaliknya, lingkungan dataran banjir mulai terbentuk di sekitar Kampung Way Pipa yang selanjutnya menyusut di sekitar Pulau Borang. Sistem lingkungan yang terbentuk tersebut termasuk dalam sub-interval fasies pengendapan II.a. Selanjutnya, sub interval fasies pengendapan II.b dicirikan oleh terbentuknya endapan cekungan banjir 2 yang mempunyai penyebaran mulai dari barat daya hingga ke timur laut, dan menyusut di Kampung Way Pipa. Akhirnya pasokan material terhenti dan menjadikan daerah ini sebagai dataran banjir 3 seperti yang terlihat sekarang (sub interval fasies pengendapan II.c), yaitu berupa tanah penutup.

### Sistem Alur Sungai Purba

Secara umum karakter sistem alur sungai di daerah penelitian ditandai oleh: (a) dimensi alur sungai 1 ke 2 semakin meluas (*channel increased*), dan kembali menyusut ketika berkembangnya sistem alur 3 (*channel decreased*), (b) di saat alur sungai meluas ditandai oleh ukuran butir menjadi kasar, dan (c) posisi alur sungai berpindah dari waktu ke waktu (Gambar 4).

Ukuran butir selama pembentukan sistem alur sungai 1 dicirikan oleh ukuran butir kasar berupa pasir kasar sampai kerakal/kerikil, dan susunan butir demikian cenderung termasuk ke dalam sistem alur sungai lurus (*sheet*), yaitu "*low-sinuosity channels*". Hal ini berdasarkan pada produk endapan butirnya yang kasar akibat energi aliran yang rendah dan tidak mampu mengangkut muatannya. Selanjutnya sungai tersebut memindahkan alurnya, dan dimensi sungainya menjadi lebih lebar dan dalam yang diikuti pula oleh berkembangnya lingkungan dataran banjir (sub interval I.b). Alur sungai 1 diperkirakan sebagai

bagian dari alur sungai purba Deras. Dalam korelasi, proses pembentukan alur sungai 2 ditandai oleh meluasnya perkembangan sistem alur sungai purba di daerah ini yang keberadaannya di Pulau Borang dan sekitar Selat Borang kini (Gambar 4). Diduga endapan fluviatil ini termasuk ke dalam sistem sungai lurus sampai agak berkelok (*low high-sinuosity channels*). Berdasarkan posisi perkembangan alurnya, alur sungai 2 ini kemungkinan sebagai alur Air Musi purba atau bagian cabang alur sungai tersebut yang membentuk pulau sebelumnya. Fasies inilah yang nantinya sebagai cikal bakal proses pembentukan Pulau Borang. Periode pembentukan alur sungai 3 ditandai oleh mengecilnya dimensi sungai, meski susunan litologinya terdiri atas pasir halus dan lanau termasuk alur sungai lurus (*low-sinuosity channels*), dan merupakan alur-alur sungai purba di daerah ini yang bermuara ke Air Musi.

Hubungan antara lingkungan pengendapan dengan sistem alur sungai selama pembentukannya, lebih jauh dapat diuraikan sebagai berikut:

#### **Interval I**

Pola sebaran Air Musi kala berlangsungnya proses pembentukan sub interval I.a tidak luas serta terbatas, dan alur sungai 1 ini merupakan salah satu anak sungai Air Musi yang memperlihatkan gejala mulai meluas kala berlangsungnya proses pembentukan sub interval I.b, yaitu dengan terbentuknya alur sungai 2 sebagai Air Musi purba. Sungai ini semakin meluas kala terbentuknya interval I.c, terbukti dari semakin meluasnya sebaran fasies dataran banjir (Gambar 4).

#### **Interval II**

Selama pembentukan interval II, alur Air Musi kembali menyusut seiring dengan meluasnya lingkungan rawa (sub interval II.a). Selanjutnya, lingkungan rawa dan aktivitas alur sungai semakin menurun, sehingga daerah ini menjadi cekungan banjir (sub interval II-b). Pasokan material ke cekungan pada saat itu diperkirakan berasal dari anak-anak sungai di sekitarnya. Pada akhirnya proses tersebut terhenti, yang diikuti oleh proses pembentukan *soil* seperti yang terlihat sekarang.

Dari rangkaian fasies sedimen Kuartir di atas, ditafsirkan bahwa puncak meluasnya cekungan Kuartir di daerah ini terjadi pada sub interval I.c. Pernyataan ini didasarkan pada:

1. Puncak meluasnya Air Musi purba tidak ter-

rekam dalam stratigrafi karena mungkin pada saat itu alur sungai tersebut memindahkan alurnya ke utara dan membentuk Pulau Borang (sub interval I.c). Ketika itu kawasan Pulau Borang ditutupi oleh material yang berasal dari alur sungai ini, baik yang datang dari utara maupun selatan (terpecahnya alur sungai Musi purba). Ketika Air Musi kembali menyusut (sub interval II.a), sebagian besar kawasan pulau Borang menjadi lingkungan rawa (Gambar 4). Dengan demikian, Pulau Borang adalah merupakan nusa Air Musi purba yang selanjutnya menjadi dataran rawa kala sungai tersebut kembali menyusut.

2. Berkembangnya Air Musi secara maksimum identik dengan puncak meluasnya cekungan di daerah ini. Hal ini karena meluasnya lingkungan dataran banjir dan rawa diikuti oleh akumulasi kandungan lempung berhumus dan lempung bergambut. Pembentukan humus dan gambut umumnya terjadi pada kondisi lembab/basah (*humidity*) yang relatif tinggi. Kelembaban yang tinggi pada dasarnya berarti volume air besar, yang notabene berhubungan dengan perubahan iklim.

Meski tanda-tanda bergesernya alur sungai dari waktu ke waktu di daerah ini terdektesi, akan tetapi gejala tersebut tidak ada kaitannya dengan bergesernya dasar cekungan. Hal ini karena perpindahan alur sungai tersebut semata-mata disebabkan oleh proses internal alur sungai itu sendiri, yang berhubungan dengan proses erosi dan proses alur sungai itu sendiri. Proses-proses tersebut sering menimbulkan pergeseran alur sungai apabila berlangsung di daerah dataran aluvium rawa. Dengan demikian, proses endapan Kuartir Ilir Palembang tidak memperlihatkan tanda-tanda pergeseran alur sungai, dan yang ada hanyalah meluas dan menyusutnya sungai tersebut. Dengan demikian, bergesernya dasar cekungan akibat tektonik tidak terekam pada rangkaian stratigrafi di daerah penelitian. Dengan perkataan lain, perubahan fasies dalam kaitannya dengan perubahan lingkungan di daerah penelitian, terjadi secara berangsur (Gambar 4). Gejala tersebut dalam sistem fluviatil bersifat umum, karena suatu pergeseran pada alur sungai dan pembentukan fasies dataran banjir merupakan bagian dari sistem pertumbuhan fasies fluviatil secara lateral dari waktu ke waktu, khususnya pada dataran rawa (Allen, 1965 dan Reineck dan Singh, 1980) tanpa dipengaruhi oleh tektonik.

## Stratigrafi

Runtunan stratigrafi di daerah ini ditandai oleh suatu perulangan berbagai fasies pengendapan, seperti meluas dan menyusutnya dimensi-dimensi: (a) alur sungai, (b) dataran banjir, (c) cekungan banjir, dan (d) lingkungan rawa. Peristiwa demikian memiliki kecenderungan berhubungan dengan peralihan suatu tingkat kelembaban yang mengikuti siklus iklim Milankovitch. Perubahan tingkat kelembaban yang dimaksud mengikuti sirkulasi iklim yang mempengaruhi kelangsungan suatu proses pengendapan, sehingga lingkungan meluas dan menyusut (Perlmutter dan Matthews, 1989). Menurut mereka perubahan yang terjadi akibat faktor tersebut, antara lain adalah: persentase kandungan mineral stabil, derajat kebundaran, proses pelapukan fisika dan biokimia, akhir produk sistem sedimentasi, bertambah dan menurunnya *runoff*, meluas dan menyusutnya lingkungan rawa, bertambah dan berkurangnya dimensi alur sungai, dan sebagainya. Ciri-ciri demikian terekam pada litologi fasies Kuartar di daerah penelitian.

Sejarah lingkungan pengendapan penelitian ini merupakan bagian dari proses yang terjadi pada kurun waktu Kuartar yang dicerminkan dari urutan rangkaian stratigrafinya, yaitu pada awalnya ditandai oleh suatu perkembangan sistem alur sungai yang relatif lurus dengan lingkungan cekungan banjir (I.a). Dan kala dimensi alur sungai semakin meluas, dataran banjir (I.b) semakin meluas pula. Terbentuknya fasies dataran banjir yang pasokan materialnya berasal dari alur sungai, umumnya diakibatkan oleh meningkatnya tingkat kelembaban. Kemudian, alur sungai semakin meluas dan sebagian besar daerah ini menjadi dataran banjir dan rawa (I.c). Periode tersebut adalah puncak atau maksimum fase suatu kelembaban. Proses yang terjadi selanjutnya adalah alur sungai kembali menyusut. Hal ini diakibatkan oleh menurunnya tingkat kelembaban yang menyebabkan berkembangnya dataran rawa serta alur-alur sungai yang dimensinya semakin mengecil (II.a). Ketika pembentukan sub interval fasies pengendapan II.b berlangsung, lingkungan rawa sudah tidak berkembang lagi dan digantikan oleh cekungan banjir. Pada akhirnya, tingkat kelembaban semakin menurun yang diikuti oleh proses pembentukan *soil* (II.c).

Pada kaidahnya, stratigrafi dapat diartikan sebagai suatu ilmu pengetahuan tentang cara membaca

lapisan bumi (*science of reading geological strata*). Demikian pula kejadian dari naik-turunnya tinggian; perubahan alur sungai; menyusut dan meluasnya dataran banjir (Pye, 2004). Dalam sub komisi klasifikasi stratigrafi (ISSC) pada komisi stratigrafi internasional USGS (2001) dinyatakan bahwa: banyak perbedaan yang sifatnya fundamental terhadap studi siklus stratigrafi dengan pendekatan siklus dari sejarah bumi karena bersifat sangat heterogen. Ini menunjukkan bahwa studi siklus stratigrafi bukanlah suatu hal yang mudah, seperti halnya studi aspek stratigrafi lainnya. Akhir-akhir ini kelompok yang sangat besar perhatiannya adalah mereka yang tertarik pada siklus yang berhubungan dengan peredaran orbit bumi (seperti siklus-siklus: hari, bulan, tahun, *precession*, *obliquity*, dan *eccentricity*). Paham ini memerlukan suatu perencanaan studi secara khusus, dan pendekatan demikian dapat disebut sebagai studi *orbital stratigraphy* atau astrostratigrafi. Siklus orbit bumi ini lebih sesuai apabila dikatakan sebagai penjelmaan fenomena geologi dari glasiasi Pleistosen, dan salah satu bangunan utama pada stratigrafi ini didasarkan pada Holosen (Kronologi Isotop Plistosen). Menurut mereka, Neogen sangat dipengaruhi oleh banyaknya variasi pengendapan seperti: produk cangkang pelagos, fluktuasi lumpur klastika, dan variasi penggambaran akibat perubahan iklim. Di sini jelas bahwa perubahan fasies cenderung diakibatkan oleh berubahnya iklim tersebut. Oleh karena itu, susunan rangkaian sedimen Kuartar di daerah penelitian dapat dibedakan berdasarkan sirkulasi iklim akibat berubahnya posisi bumi mengitari matahari mengikuti siklus Milankovitch, tepatnya sebagai kajian astrostratigrafi. Karena perubahan fasies sedimen di daerah penelitian menyangkut lingkungan dan dimensinya, kandungan bahan organik, susunan butir klastikanya, dan sebagainya berkaitan dengan berubahnya kondisi iklim tersebut.

## Kurun Waktu Kuartar dan Korelasinya

Kuartar identik dengan peristiwa bumi pada  $\pm 1,8$  juta tahun yang lalu hingga sekarang, sedangkan Plistosen berkisar antara  $\pm 1,8$  juta – 10.000 tahun (Williams, dr., 1993). Menurut mereka Plistosen Atas berada pada 125.000 – 10.000 tahun, dan Holosen ditandai oleh proses yang berlangsung sejak 10.000 tahun yang lalu hingga kini. Pestiaux dr. (1988) menyatakan bahwa iklim purba dan

siklus glasiasi-interglasiasi Kuartar terjadi setelah peristiwa glasial lebih kurang 5000 tahun yang lalu. Umur es (*ice age*) adalah masa glasiasi-interglasiasi Kuartar yang berhubungan dengan determinasi variasi astronomi pada orbit bumi pada 21.000, 41.000, 100.000, 45 dan 350 juta tahun (Pestiaux drr., 1988). Penulis cenderung memasukkan umur fasies endapan di daerah penelitian termasuk ke dalam siklus Milankovitch 21.000, dan tepatnya fasies Kuartar berumur Plistosen Akhir hingga Holosen karena merupakan bagian dari kelompok susunan fasies endapan Kuartar yang masih berlangsung hingga kini. Berger (1988) menyatakan bahwa siklus Milankovitch merupakan suatu studi atau hubungan antara kitaran bumi mengelilingi matahari dan iklim pada skala global yang memiliki keterkaitan dengan elemen orbit, model iklim, dan data geologi. Sub interval fasies pengendapan I.c yaitu terbentuknya fasies-fasies dataran banjir dan rawa dapat disetarakan sebagai interval maksimum kelembaban. Ketika itu adalah puncak interglasiasi sebagai puncak peristiwa pencairan es pada kondisi iklim maksimum atau puncak kelembaban ( $\pm 9000$  tahun BP). Glasiasi hanya bisa terbentuk apabila iklim global mendingin, dan iklim lokal atau keduanya dingin dan cukup untuk mendukung pendinginan pada pegunungan tinggi dan pusat benua (kutub). Karakter interglasiasi Holosen beberapa ratus tahun adalah bagian pada periode minor dari glasiasi (*little ice age*, 300-100 tahun) (<http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/time1/tectonic.htm>, 2003).

Episode dan periode masa glasiasi dan interglasiasi bumi mengikuti umur es kini dalam kurun beberapa juta tahun terakhir, sudah terbukti berhubungan dengan perubahan siklus dalam rangka pelayaran mengelilingi bumi terhadap matahari (<http://www.homepage.montana.edu/~hyperlac/time1/milankov.htm>). Dalrymple dan Zartlin (1994) dalam studi stratigrafinya menyatakan bahwa +14.000 tahun yang lalu dicirikan oleh posisi permukaan laut turun (*highstand*), terdiri atas beberapa progradasi sistem glasiasi dari fluviatil-delta-fluviatil. Sedangkan posisi permukaan laut rendah atau *lowstand* (LSW) dan genang laut/"transgresif" (TST) tidak terbentuk, karena: relatif permukaan laut sudah tinggi pada waktu es mulai mencair (*deglatiation*). Pada penelitian cekungan yang sama umur cekungan tersebut terjadi ketika es mencair pada 14.000 – 15.000 tahun

yang lalu (Amos, 1978; Stea & Wightman, 1987). Mungkin umur lapisan tersebut sebagian dapat disetarakan dengan sub interval fasies pengendapan I.a dan I.b secara global, yaitu kala pembentukan fasies alur sungai 1 dan 2, serta fasies cekungan banjir 1 dan 2, karena batas bawah endapan sedimen Kuartar di daerah ini belum ditentukan batasnya. Waktu tersebut pada hakekatnya ditandai oleh kondisi iklim minimum menuju maksimum, yang notabene merupakan masa glasial ke interglasial. Sehingga peristiwa glasial-interglasial-glasial dapat dikorelasikan sebagai suatu siklus Milankovitch (iklim minimum-maksimum-minimum), atau identik dengan pembentukan fase interval I.a (iklim minimum) ke fase interval I.b (iklim maksimum) dan kembali menuju minimum (interval II.c).

## KESIMPULAN

1. Sedimen Kuartar di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi fasies-fasies cekungan banjir, rawa, dataran banjir, dan alur sungai. Selanjutnya masing-masing fasies tersebut dapat dibedakan berdasarkan posisi stratigrafi, baik secara lateral maupun vertikal.

2. Berdasarkan aspek stratigrafis, hubungannya dengan faktor kontrol pembentukannya, runtunan fasies tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua interval (interval fasies endapan I-II), dan setiap interval fasies endapan tersebut memiliki sub interval fasies pengendapan (a-c).

3. Fasies endapan Kuartar di Ulu Palembang tidak menunjukkan adanya pengaruh tektonik, akan tetapi faktor perubahan iklim sangat mempengaruhi pembentukannya. Tidak adanya pengaruh tektonik tersebut ditandai oleh berubahnya lingkungan secara teratur dari waktu ke waktu, dan tidak berpindahnya sistem alur sungai.

4. Runtunan rangkaian fasies endapannya cenderung membentuk stratigrafi yang berhubungan dengan perubahan kitaran bumi mengelilingi matahari mengikuti siklus Milankovitch, atau dapat dikategorikan sebagai astrostratigrafi

5. Stratigrafi endapan Kuartar daerah penelitian seyogianyalah dapat dikorelasikan secara kejadian global atau universal. Proses pembentukan fasies dataran banjir dan rawa (sub interval I.c) dapat di-

simpulkan sebagai puncak fase iklim maksimum yang identik dengan puncak pencairan es, yaitu puncak dari masa kelembaban dalam siklus pengendapan Kuartar di daerah Penelitian. Sedangkan sub-interval I.a dan I.b adalah sebagai fase iklim minimum menuju maksimum, sebaliknya sub interval I.c menuju II.c termasuk fase iklim maksimum menuju minimum.

**Ucapan Terima Kasih**—Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan Herman Mulyana, M.Sc. yang telah memberikan kritik dan sarannya. Tidak lupa kepada Dr. Said Azis, M.Sc. atas saran dan komentarnya dalam menyempurnakan makalah ini, penulis mengucapkan terima kasih.

#### ACUAN

- Allen, J.R.L., 1965. A review of the origin and character of recent sediments. *Sedimentology*, 5, p. 89-191.
- Allen, J.R.L., 1983. Studies in fluvial sedimentation: bars, bar complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Brederes. *Sedimentary Geology*, 33, p. 237-293.
- Amos, C.L., 1978. The post-glacial evolution of the Minas Basin, Nova Scotia: A sedimentological interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 48, p. 962-982.
- Badri, I., 1983. Penyelidikan Geologi Lingkungan Perkotaan Palembang dan sekitarnya, Sumatera Selatan. Direktorat Geologi Lingkungan, Tidak dipublikasikan.
- Berger, A. 1988. Milankovitch Theory and climate. *Review of Geophysics*, 26, p. 624-657.
- Berger, A., 1988. Milankovitch theory and climate. *Reviews of Geophysics*, 26, p. 624-657.
- David, A. and Miall, A.D. 1991. Stratigraphy, sedimentology and evolution of a Vertebrate-bearing, braided to anastomosed fluvial system, Cutler Formation (Permian-Pennsylvanian), north-central New Mexico. *Sedimentary Geology*, 72 (1991), p. 225-252.
- Dalrymple, R.W. and Zartlin, B.A., 1994. High resolution sequence stratigraphy of a complex, incised valley succession, Cobequid Bay – Salmon River estuary, Bay of Fundy, Canada. *Sedimentology* (1994), 41, p. 1069-1091.
- Gafoer, S., Burhan, G., dan Purnomo, J., 1995. *Peta Geologi Lembar Palembang, Sumatera Selatan, skala 250.000*. Puslitbang Geologi, Dit. Jend. Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.
- International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC) of IUGS International Commission on Stratigraphy, 2001. Circular No. 99, p. 1-10.
- Miall, A.D., 1988. Facies architecture in clastic sedimentary basins. In: K. Kleinspehn and C. Paola (Editors), *New Perspective in Basin Analysis*. Springer-Verlag, New York, p. 67-81.
- Milankovitch Cycles and Glacial, 2003. <http://www.homepage.montana.edu/~hyperlac/time1/milankov.htm>.
- Olsen, H., 1993. Orbital forcing on continental depositional systems-lacustrine and fluvial cyclicity in the Devonian of East Greenland. *Special Publications of International Association of Sedimentologist* (1993) 19, p. 429-438.
- Perlmutter, M.A. and Matthews, M.A., 1989. Global Cyclostratigraphy. In: T.A. Cross (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, p. 233-260.
- Pestiaux, P., Duplessy, J.C., Van der Mersch, I., and Berger, A., 1988. Paleoclimatic variability at frequencies ranging from 1 cycle per 10,000 years to 1 cycle per 1,000 years: Evidence for non-linear behavior of the climate system, *Climatic Change*, 12 (1), p. 9-37.
- Plate Tectonics and Glacier Formation, 2003. [http://www.homepage.montana.edu/~geol\\_445/hyperglac/time1/tectonic.htm](http://www.homepage.montana.edu/~geol_445/hyperglac/time1/tectonic.htm).
- Pye, L., 2004. Cyclostratigraphy: Big Words, Heavy Meaning. <http://www.coastvillage.com/origins/Pye/cyclostratigraphy.htm>, p. 1-5.
- Reineck, H.E. and Singh, I.B., 1980. *Depositional Sedimentary Environments*, Springer-Verlag, Berlin, 549pp.
- Stea, R.R. and Wightman, D.M., 1987. Age of the Five Islands Formation, Nova Scotia, and deglaciation of the Bay of Fundy. *Quaternary Research*, 27, p. 211-219.
- Williams, M.A.J., Dunkerley, D.L., De Decker, P., Kershaw, A.P., and Stokes, T.J., 1993. *Quaternary Environments*. Edward Arnold, A division of Hodder & Stoughton, London New York Melbourne Auckland, 329pp.