

APLIKASI FASIES SEDIMEN FLUVIATIL TERHADAP PERUBAHAN IKLIM GLOBAL (Studi Kasus: "Geologi Kuarter Dataran Aluvium Rawa Utara Betung, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan")

*Herman Moechtar *)*

SARI

Sedimen Kuarter daerah penelitian dapat dibedakan menjadi pasir alur sungai, dipisahkan oleh endapan lempung rawa, rawa belakang/dekat sungai, dan dataran banjir. Alur sungai ditandai oleh adanya penambahan dan pengurangan dimensi tubuh alurnya. Secara vertikal, karakter endapan butiran halus menunjukkan suatu perubahan warna dan persentase kandungan humus dan gambut secara berangsur. Perbedaan dalam jumlah pasokan material klastika disebabkan oleh pergantian kondisi iklim. Iklim adalah kekuatan yang penting dalam mengontrol proses pelapukan, erosi dan pasokan material untuk endapan Kuarter di cekungan aluvium rawa tersebut. Perubahan secara sistematis dalam sistem fluvial pada dataran rendah rawa dapat menghasilkan perubahan endapan-endapan butiran kasar dan halus. Itu berarti bahwa proses sedimentasi di cekungan dapat berkembang di bawah kondisi perubahan iklim.

Kata kunci: sedimen, sedimen Kuarter, fluvial, rawa, iklim

ABSTRACT

The Quaternary deposits in the studied area comprise sand of fluvial origins, separated by clay deposits of swamp, backswamp, and floodplain. The fluvial channel was characterized by the increase and decrease of axial bodies. Vertically, the character of fine-grained deposits showed the changing in colour and percentage of humic and peat contents. Differences in the amount of clastic supply was caused by the changes in climatological conditions. Climate is an important and independent force in controlling the weathering, erosion, and sediment supply to Quaternary deposits of swampy alluvial basin. A systematic change in the type of fluvial system on the swampy alluvial plain could be the result of the changes in the sediment supply and ratio between coarse-grained bedload and suspended load. It means, the sedimentary processes on the basin can develop under the condition of climatic changes.

Key words: Quaternary deposit, fluvial, swamp, climate

PENDAHULUAN

Sedimen Kuarter dan Permasalahannya

Di Indonesia hampir 40% permukaan buminya ditutupi oleh endapan sedimen Kuarter, yang tersusun oleh berbagai material hasil kegiatan vulkanik dan sedimen lainnya seperti endapan sungai dan pantai. Stratigrafi berbagai variasi endapan tersebut sering dan masih selalu dikaitkan dengan istilah aluvium, begitu juga endapan hasil kegiatan gunung api masih terpaku dalam variasi bahan dan piroklastika jatuhnya, padahal hasil kegiatan tersebut merupakan bagian terbesar dari total volume secara keseluruhan.

Pengetahuan mengenai studi transpor dan pengendapan pada sedimen sungai (fluvial)

memiliki sejarah panjang, yang pada awalnya merupakan suatu konsep pengetahuan dasar yang digunakan untuk kepentingan keteknikan dan pertanian. Studi sistem fluvial tersebut merupakan salah satu penjelmaan yang penting dalam perkembangan bentuk lahan (*landscape*) (Collinson dan Lewin, 1983). Dalam ilmu geologi, studi sedimentologi fluvial ini masih termasuk baru dan mulai populer pada awal '70an. Akhir-akhir ini, studi fasies fluvial tersebut telah mengalami kemajuan pesat, khususnya pemahaman detail perihal proses dan produk fluvial yang mengikuti rekaman waktu geologi. Oleh karena itu, kontribusi disiplin ilmu ini bukan saja mencakup kepentingan keteknikan, geomorfologi, dan geologi saja, tapi juga terhadap pemahaman sejarah bumi dalam skala waktu. Hickin (1983) menyatakan bahwa kurun waktu dalam studi fluvial dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: berdasarkan paham-paham skala waktu geologi,

*) Pusat Survei Geologi

geomorfik, dan teknik. Kronologis skala waktu geologi yang jutaan tahun merupakan suatu siklus waktu panjang, dan periode ini berhubungan dengan tektonik global, perubahan iklim, proses pelapukan, dan denudasi. Dury (1977) melakukan studi skala waktu sedimen fluvial berdasarkan pendekatan geomorfologi antara ratusan hingga ribuan tahun, sedangkan yang dimaksud dengan skala waktu teknik adalah penghitungan yang dilakukan secara mekanika air yang umurnya 100 tahun atau lebih.

Penelitian dan sejarah pergeseran sungai berkaitan dengan pengisian lembah, undak, pola aliran, pengurangan kapasitas alur, dan sebagainya. Teori keseimbangan pola alur sungai dan geometri hidrolika, telah memberikan respons pada kompleks alur sungai sebagai sistem fluvial yang sifatnya "episodik" (Schumm, 1973, 1976; Church, 1980, Howard, 1980). Proses ini berhubungan dengan siklus Milankovitch yang telah dijabarkan oleh Perlmutter dan Matthews (1989), yaitu berubahnya sistem lingkungan pengendapan yang berkaitan dengan tingkat kelembaban. Parker (1976) melakukan pengukuran sedimen aluvium, dan menyatakan bahwa proses tersebut mengikuti perubahan iklim. Schumm (1968) mengevaluasi pergeseran sungai dan menyatakan bahwa hal tersebut merupakan sebuah prioritas model respons perubahan iklim peristiwa sungai. Keterkaitan perubahan iklim dalam sistem fluvial secara rinci telah dipelajari melalui rekaman vegetasi analisis palinologi oleh Bryson dan Kutzbach (1974). Demikian pula dengan hubungan iklim dan hidrologi Holosen berdasarkan analisis tumbuh-tumbuhan (*dendrochronological*) telah ditelaah oleh Fritts (1976) dan Shroder (1980). Fisk (1952) mendeskripsi fasies fluvial berumur 15.000 tahun di Sungai Mississippi. Ia menyatakan bahwa adanya suatu aggradasi pada rekaman detail stratigrafi dalam konteks iklim dan permukaan laut akhir Kuartar. Ia juga menyimpulkan bahwa pada permulaan glasial, pasokan material dalam sistem sungai menganyam sangat tinggi, dan berlimpahnya pengendapan pasir dan kerakal, memberikan jalan pasokan material untuk Sungai Mississippi berkelok, dan kemampuan pengendapan serta kemiringan lembah sekarang menurun. Dury (1977) menelaah jejak alur sungai Holosen yang luas di daerah Inggris, Perancis, Wisconsin, dan Australia. Ia menyimpulkan bahwa pada aliran sungai yang berbeda adalah meluas dibanding kondisi iklim semula. Ia melakukan survei pemboran dan seismik untuk menggambarkan profil lapisan stratigrafi,

palinologi (vegetasi) dan penarikan karbon guna merekonstruksi pengisian pelimpahan alur pada 9000-11.000 tahun yang lalu. Ia juga melakukan analisis geometri hidrolika dan efek iklim regional, guna merekonstruksi kondisi iklim dan hidrolika Holosen. Pernyataan tersebut membuktikan bahwa puncak interglasial (9000 tahun yang lalu) identik dengan puncak meluasnya alur sungai dimanamana. Meluasnya alur sungai tersebut berkaitan dengan iklim yang mengikuti siklus Milankovitch. Leopold dan Miller (1954) mempelajari sistem pengisian lembah Wyoming. Dalam studi tersebut mereka melakukan pendekatan pada aspek stratigrafi, pedologi (*soil*), penarikan karbon dan arkeologi kronologi fase perulangan degradasi, dan aggradasi Plistosen akhir. Bagian bawah akhir Plistosen merupakan torehan alur sungai selama fase *arid* (undak sedimen atas). Pembentukan undak lain (600-800 tahun yang lalu) terjadi dalam kondisi iklim yang sama, dan pada tahun 1880-1890 terbentuk undak sekarang. Terbentuknya undak sedimen atas tersebut diduga berkaitan dengan kondisi iklim yang kering.

Kontribusi geologi untuk kepentingan mineral dan energi sudah tidak diragukan lagi, demikian pula halnya terhadap permasalahan lainnya, seperti lingkungan dan kebencanaan geologi sudah mulai dirasakan manfaatnya. Aspek geologi yang dekat dengan studi lingkungan dan kebencanaan tersebut, sebagian besar termasuk ke dalam studi Geologi Kuartar. Walker dan James (1992) dalam buku yang mereka edit berjudul: "*Facies models response to sea level change*", menyatakan bahwa kontrol dalam suatu dinamika pengendapan terkait dengan mekanisme perubahan permukaan laut, tektonik, iklim, dan evolusi biotik. Miall (1992) menyatakan pula bahwa endapan aluvium merupakan komponen penting dalam rekaman stratigrafi, karena terbentuk dalam wilayah luas yang dipengaruhi oleh tektonik, serta merupakan indikator sensitif terhadap kontrol *allogenic* (*extrabasinal*), seperti tektonik dan perubahan permukaan laut. Allen dan Allen (1990) juga berasumsi bahwa: mekanisme dalam proses pengendapan pada sistem fluvial berada di bawah pengaruh proses internal (*autogenic*) dan proses eksternal (*allogenic*). Dengan demikian, sejauh mana permasalahan proses-proses internal dan eksternal tersebut dalam studi endapan Kuartar di dataran aluvium rawa, khususnya efek perubahan iklim dapat dipelajari ?

Dilatarbelakangi permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini antara lain adalah untuk : (a) mendeskripsi fasies dan lingkungan pengendapannya, (b) menginterpretasikan perkembangan fasies sedimen di dataran aluvium rawa, (c) merekonstruksi susunan interval fasies pengendapan dan hubungannya dengan perubahan fasies secara lateral dan vertikal, dan (d) mendiskusikan rangkaian fasies endapannya, khususnya keterkaitannya dengan perubahan iklim.

Hasil Penelitian Terdahulu

Umur endapan rawa di Sumatera Selatan dan Jambi sudah cukup tua, terbukti dari ketebalannya yang mencapai 100 m lebih, sehingga sensitif terhadap perubahan lingkungan yang memiliki rekaman peristiwa Kuartar yang menerus. Oleh karena itu, kajian geologi Kuartar di wilayah tersebut sangat menarik untuk dipelajari, khususnya sejarah sedimentasi endapan Kuartar, serta kaitannya dengan perubahan iklim selama Kuartar. Perubahan yang dimaksud hanyalah sebatas bagian atas rekaman peristiwa Kuartar tersebut. Hasil studi dapat dijadikan sebagai salah satu model studi geologi Kuartar di Indonesia di kemudian hari.

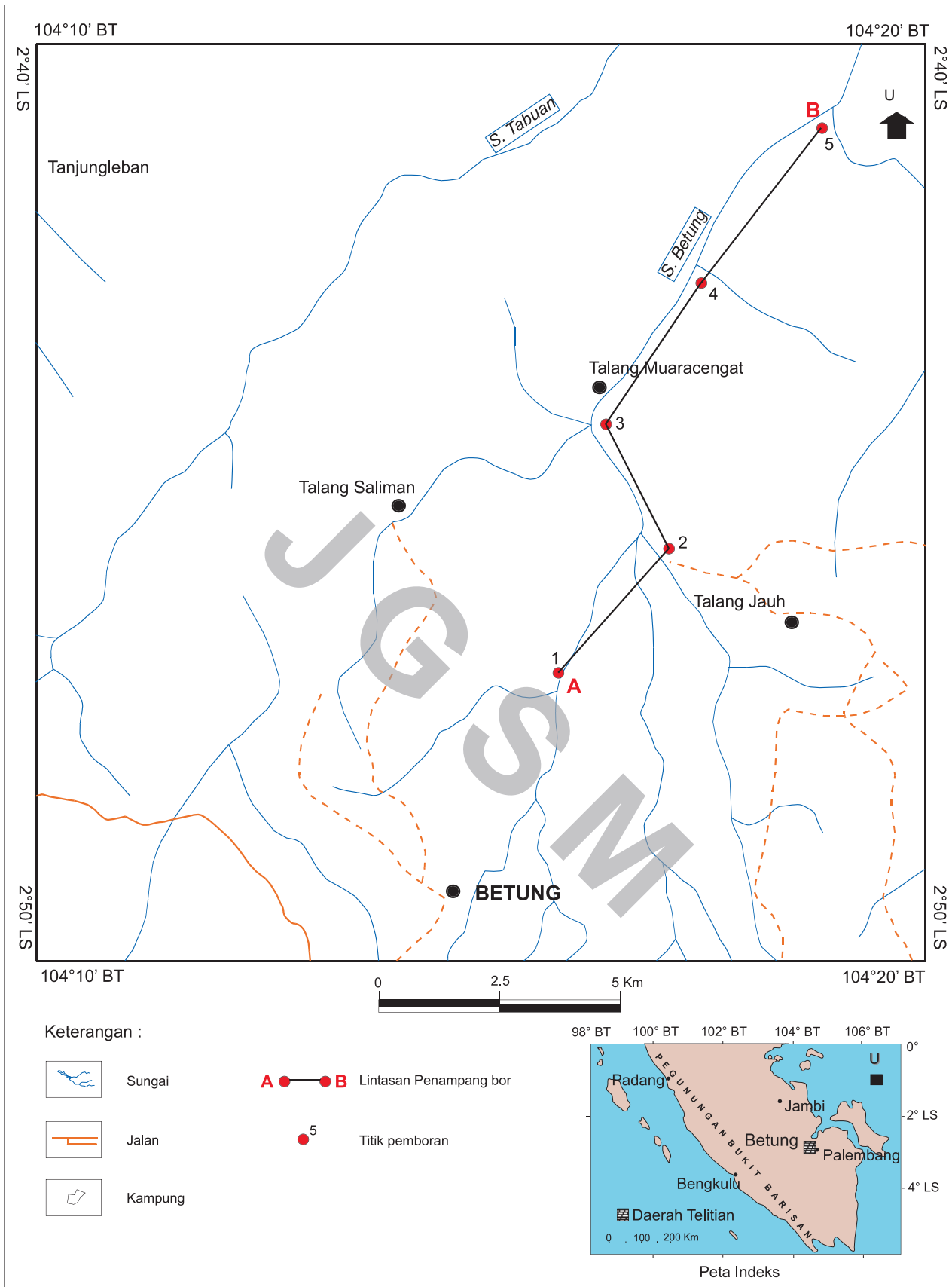
Daerah penelitian termasuk wilayah Kecamatan Betung, Kabupaten Banyuasin (Sumatera Selatan), dibatasi oleh koordinat geografi 2°40'00" - 2°50'00" LS dan 104°10'00" - 104°20'00" BT (Gambar 1). Data bawah permukaan sebagai fokus penelitian terletak pada morfologi dataran rawa. Dataran rawa ini disusun oleh lumpur, lanau, dan pasir yang termasuk ke dalam endapan rawa (Qs) berumur Holosen (Gafoer dkk., 1995). Daerah ini merupakan bagian dari hulu bentang alam dataran aluvium rawa Palembang yang luas hingga ke selat Bangka di bagian hilirnya. Morfologi ini dibatasi oleh daerah perbukitan bergelombang yang ditempati oleh formasi-formasi batuan Tersier, yang telah mengalami pensesaran dan perlipatan (Gambar 2). Formasi Tersier yang dimaksud terdiri atas formasi-formasi Talangakar, Gumai, Airbenakat, dan Muaraenim (Gafoer dkk. (1995). Gafoer dkk. (1995) membedakan endapan permukaan Kuartar di daerah ini menjadi endapan rawa (Qs) dan aluvium (Qs) berumur Holosen (Gambar 2). Tidak ada perbedaan yang mendasar pada susunan litologi tersebut dengan sedimen Kuartar bawah permukaan, akan tetapi fasies sedimen bawah permukaan tersebut

telah dikelompokkan berdasarkan komposisi kandungan organik dan warnanya, yang memiliki atau mengikuti suatu perubahan secara berangsur dengan sebaran tertentu pula. Sehingga munculnya keanekaragaman tersebut, semata-mata diakibatkan oleh perubahan lingkungan dari waktu ke waktu. Lempung tufan yang mengalasi sedimen Kuartar tersebut kemungkinan termasuk ke dalam Formasi Kasai (QTK) berumur Plio-Plistosen (Gafoer dkk., 1995). Formasi ini tidak tersingkap di daerah penelitian, akan tetapi memiliki penyebaran yang luas ke arah baratnya. Formasi ini terdiri atas tuf, tuf pasir dan batupasir tufan, berbatuapung (Gafoer dkk., 1995).

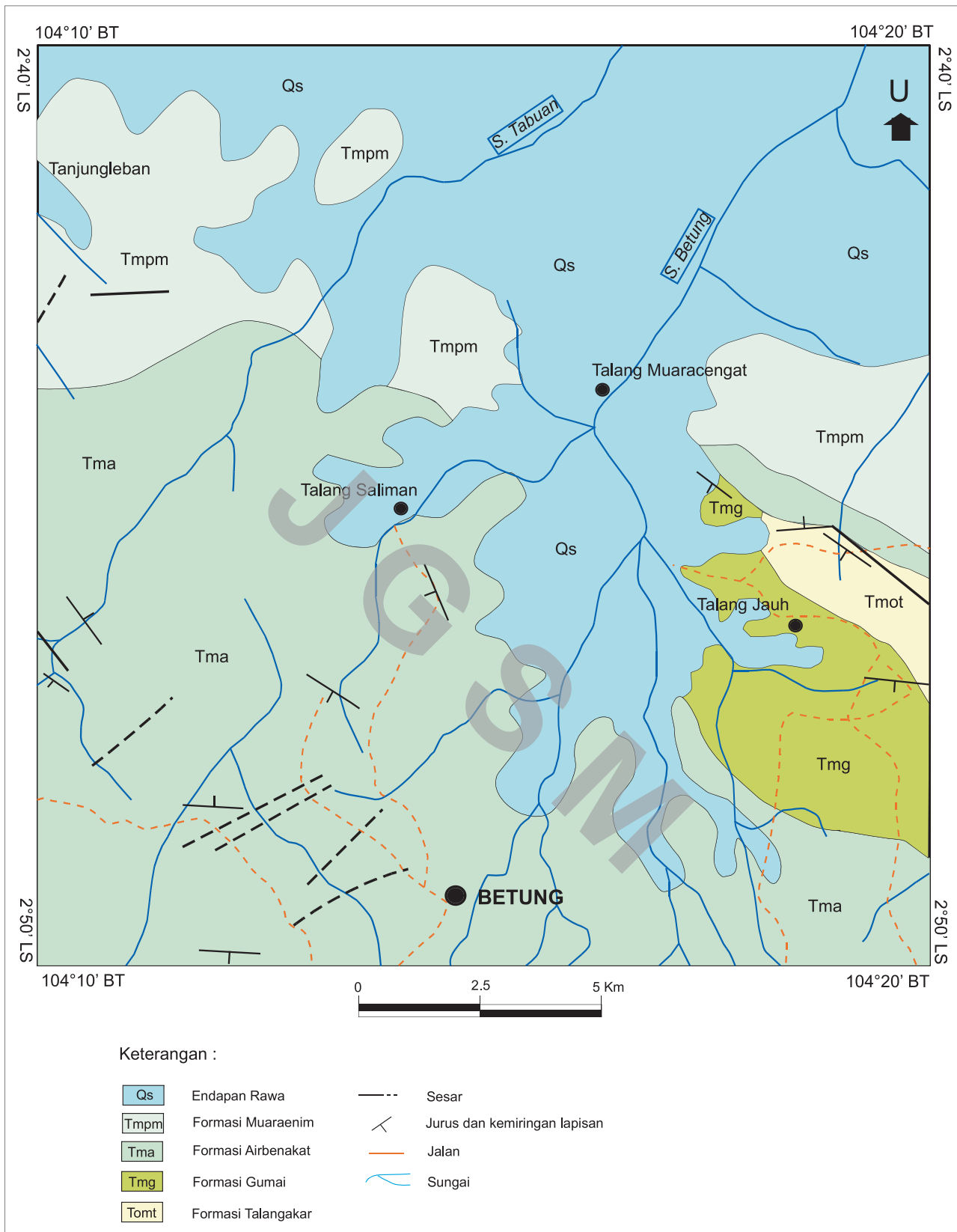
Terjadinya proses oksidasi pada sedimen Kuartar di daerah penelitian mungkin karena pengaruh iklim permukaan, dimana gejala tersebut umum terjadi di dataran rawa (Coleman, 1966). Kandungan organik yang tinggi pada fasies lempung, menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan dataran rawa yang banyak tumbuh-tumbuhannya, seperti yang dikemukakan oleh Friedman dan Sanders (1978). Oleh karena itu keanekaragaman fasies tersebut adalah akibat perubahan tingkat kelembaban, yang dapat memberi dampak pada berubahnya lingkungan serta kelangsungan proses pengendapan.

Metode

Endapan Kuartar di daerah penelitian telah diamati secara seksama dengan melakukan pemboran dangkal, demikian pula perkembangan pembentukan fasiesnya, baik secara lateral ataupun vertikal. Metode pemboran dangkal yang dilakukan tersebut menggunakan konsep dalam pemetaan Geologi Kuartar berdasarkan "Legenda tipe penampang" (*Profile Type Legend System*) dimana tipe legenda ini adalah unit-unit peta yang diwakili oleh tipe penampang (urut-urutan vertikal endapan sedimen sampai kedalaman tertentu). Sistem tipe penampang ini sangat cocok, khususnya diterapkan di area sedimen lepas, yang bisa ditembus dengan mudah oleh bor tangan. Konsep ini pertama kali dikembangkan oleh *Netherland Geological Survey* pada tahun 1960, dan dimodifikasi oleh *Geological Survey of Lower Saxony, West Germany* (1977). Pada awal 1980an, Puslitbang Geologi mengembangkan versi baru yang cocok untuk pemetaan daerah pantai utara Jawa dan Kalimantan hingga sekarang.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian daerah Betung dan sekitarnya, Kabupaten Banyuwasin, Sumatera Selatan.



Gambar 2. Peta geologi daerah Betung dan sekitarnya, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan (S. Gafoer, dkk, 1995).

Untuk penelitian ini dibuat lima titik pemboran dengan kedalaman ± 10 m berskala 1:100 (Gambar 1). Fasies endapan bawah permukaan tersebut selanjutnya dibedakan berdasarkan lingkungan pengendapannya sesuai dengan ciri dan karakter litologinya. Hasil pengamatan sedimen Kuartar tersebut dapat dibedakan menjadi fasies-fasies dataran banjir, rawa, alur sungai, dan piroklastika. Secara spesifik rangkaian endapan tersebut, kemudian dikorelasikan berdasarkan sebaran fasiesnya. Rekonstruksi rangkaian stratigrafi yang pada hakekatnya didasari pada perkembangan lingkungan pengendapannya dapat ditafsirkan, terutama faktor kontrol pembentukannya dari waktu ke waktu, sehingga karakter sedimen Kuartar tersebut dapat diketahui. Berbagai aspek penelitian perubahan iklim berdasarkan metode yang telah banyak dilakukan oleh berbagai pakar kebumihuman manca negara menunjukkan bahwa bukan saja berubahnya iklim dapat mengakibatkan berubahnya lingkungan, akan tetapi fasies sedimen dari waktu ke waktu mengalami perubahan pula. Perlmutter dan Matthews (1989) mengemukakan bahwa perubahan yang terjadi dalam proses sedimentasi mengikuti suatu sirkulasi iklim, antara lain: 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.

FASIES SEDIMEN KUARTER DAERAH PENELITIAN

Fasies Kuartar di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi lempung, pasir, dan lempung tufan (Gambar 3).

Batuan Penyusun

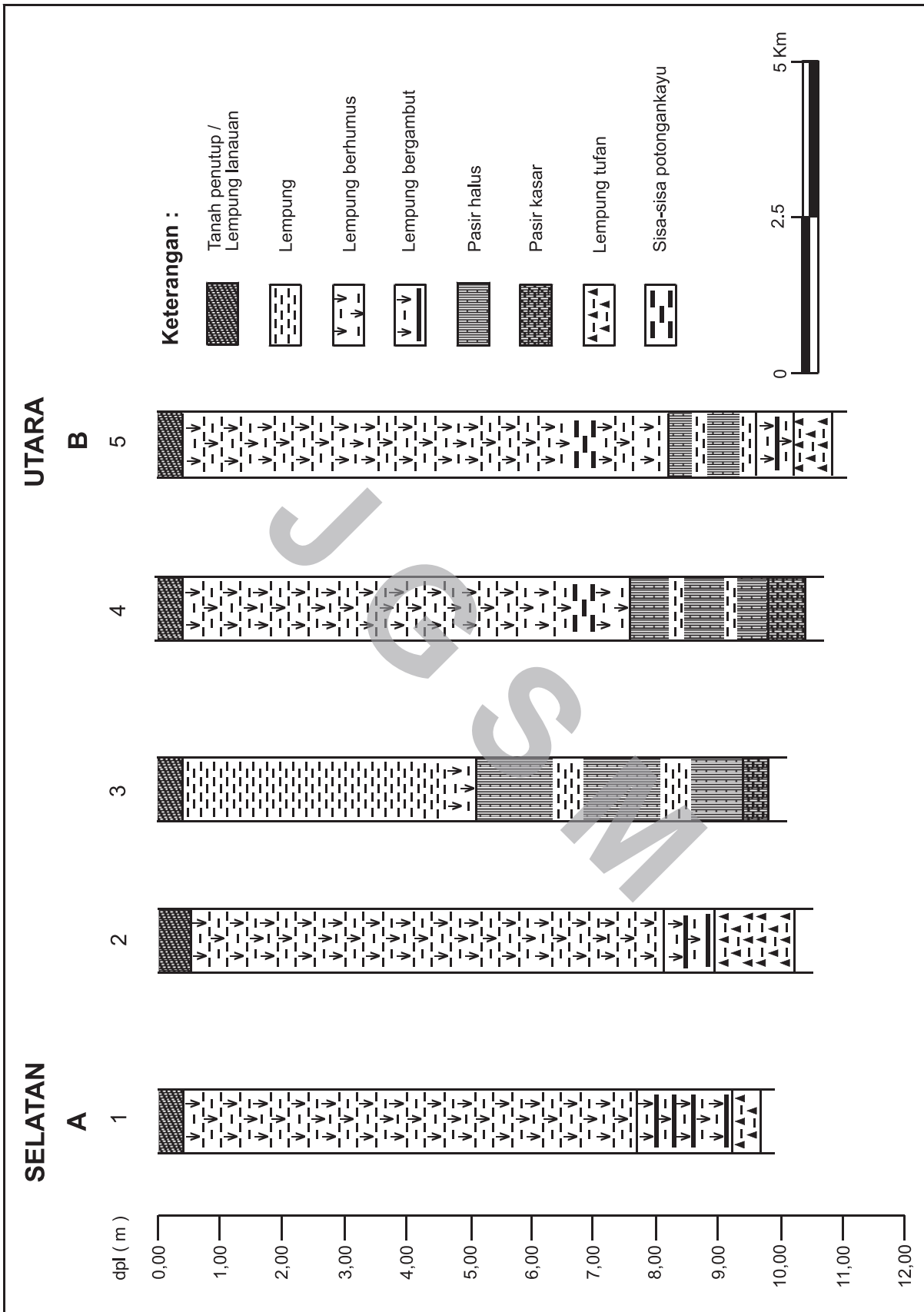
Lempung tufan

Fasies ini dicirikan oleh warna coklat, kuning sampai coklat abu-abu dan keruh. Massanya agak keras sampai keras, berkomposisikan felspar, kaca silika, kadang-kadang mengandung batuapung dan pasir, serta memiliki perbedaan dan batas yang tegas dengan sedimen Kuartar di atasnya. Fasies ini diinterpretasikan sebagai fasies piroklastika hasil erupsi gunung api.

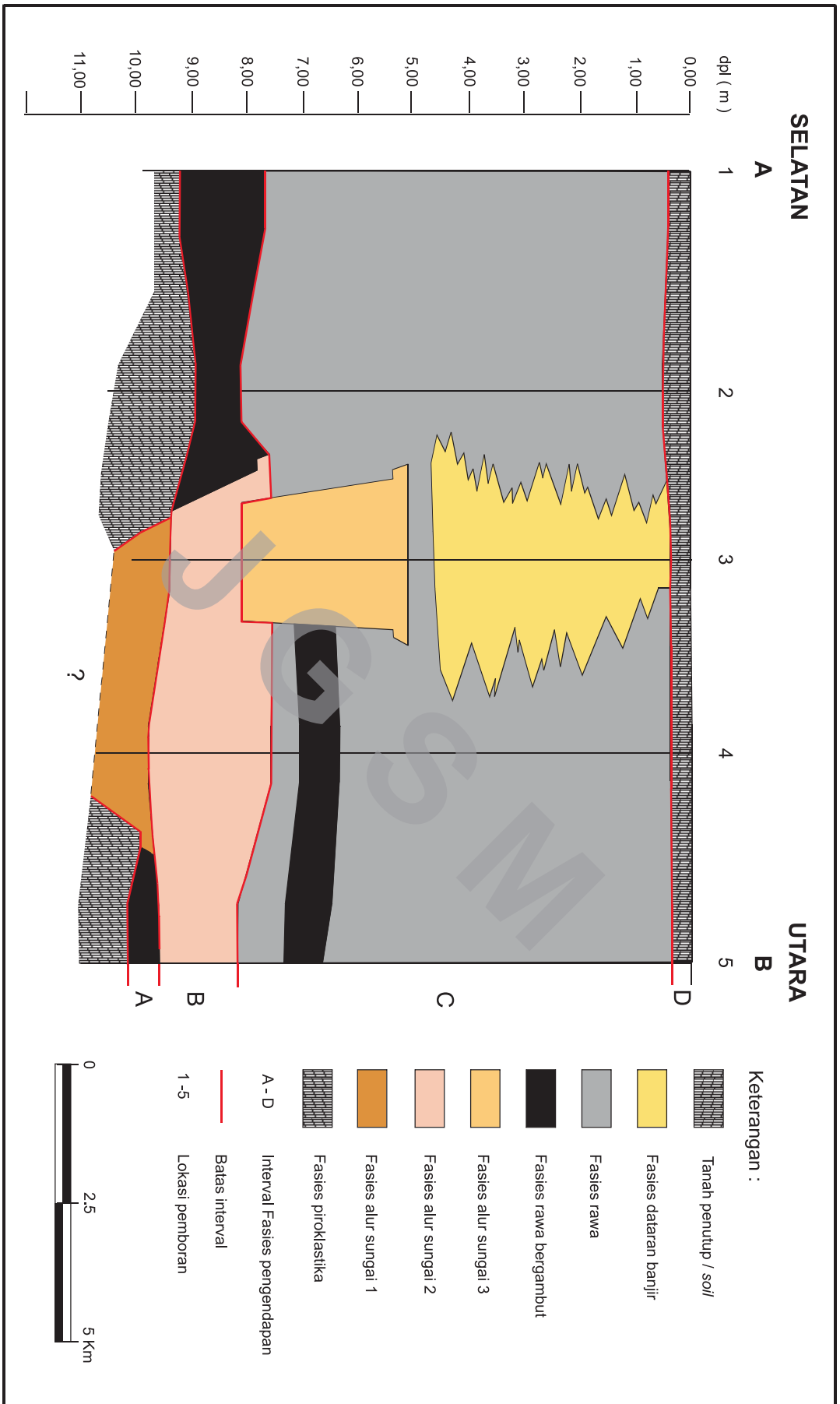
Pasir

Fasies ini berwarna kuning kecoklatan, coklat hingga abu-abu kecoklatan; berukuran mulai dari pasir lempungan hingga kerakal-kerikil; membulat tanggung sampai menyudut. Berkomposisikan kuarsa, felspar, pecahan batuan, dan batuapung. Terpilah buruk sampai sedang, tak berlapis, terkadang dijumpai unsur organik/humus dan sisa-sisa potongan kayu/daun-daunan di dalam selang pengendapannya. Fasies ini dapat dibedakan menjadi pasir kasar dan halus. Pasir kasar ber-susunan sangat kasar sampai menengah, masif dan keras, teroksidasikan, tidak mengandung humus atau material organik lainnya. Ukuran kerikil-kerakal antara 2-10 mm tersebar secara tidak teratur di bagian bawahnya. Fasies pasir halus dicirikan oleh pasir berukuran menengah hingga pasir sangat halus (*menghalus/finning upwards*). Pada lokasi 3 (Gambar 3) pasir halus ini kembali mengasar ke arah atasnya menjadi pasir halus sampai berukuran menengah (*coarsening upwards*). Pada selang fasies ini sering dijumpai perlapisan tipis pasir lanauan atau pasir lempungan antara 2-5 cm. Pada umumnya bersifat lepas dan padat apabila teroksidasikan, serta memiliki kandungan unsur organik yang semakin tinggi ke arah atasnya. Sedimen klastika ini diinterpretasikan sebagai endapan alur sungai (*channel deposits*), dan ada tiga alur sungai yang dapat dibedakan yaitu dengan nama endapan alur sungai 1, 2, dan 3 (Gambar 4).

Alur sungai 1 dicirikan oleh ukuran butir yang kasar, terpilah buruk tanpa perubahan susunan butir secara tegak, serta tidak memperlihatkan adanya jejak-jejak erosional. Sistem alur sungai ini kemungkinan termasuk sungai yang tidak berkelok dan relatif lurus (*low-sinosity channels*). Ketebalan pasir sungai 1 ini sulit ditafsirkan, karena pemboran terhenti akibat tidak dapat ditembus. Alur sungai 2 ditandai oleh sebarannya yang luas dengan susunan butir yang menghalus ke arah atas, terpilah sedang dengan rekaman gejala jejak-jejak erosional yang relatif tegas. Kemungkinan termasuk alur sungai yang agak berkelok (*high-sinosity channels*) dengan ketebalan antara 1,5-2,2 m. Alur sungai 3 memiliki butiran yang mengasar ke arah atas tanpa memperlihatkan adanya gejala erosional, diduga termasuk sistem sungai yang tidak berkelok dengan ketebalan ± 3 m.



Gambar 3. Data pemboran tangan lintasan AB daerah Betung, Kabupaten Banyuwasin, Sumatera Selatan.



Gambar 4. Rangkaian stratigrafi sedimen Kuartar daerah penelitian.

Lempung

Fasies ini dapat dibedakan menjadi lempung bergambut, lempung berhumus, dan lempung (Gambar 3). Lempung bergambut berwarna gelap mulai dari abu-abu kehitaman sampai hitam yang mengandung banyak sisa tumbuhan berupa akar dan daun-daunan. Lunak sampai sangat lunak, mengandung sisa-sisa potongan kayu busuk, humus, dan gambut. Tersebar dan berasosiasi dengan fasies alur sungai dengan ketebalan antara 0,6-1,4 m. Lapisan lempung bergambut yang terletak pada bagian bawah interval berwarna lebih terang dengan kandungan humus yang relatif lebih sedikit dibanding lapisan gambut pada bagian atasnya. Diinterpretasikan sebagai endapan rawa (*swamp deposits*) yang mungkin termasuk endapan rawa yang berada di sekitar alur sungai (*back-swamp deposits*).

Fasies lempung berhumus dengan ketebalan lebih dari 7 meter, pada beberapa tempat diselingi oleh lapisan lempung bergambut (Gambar 3), yang terdiri atas lanau organik bersifat lempungan sampai lempung organik berwarna terang sampai gelap, dengan persentase lanau sangat bervariasi mulai dari sedikit hingga sedang dan, diinterpretasikan sebagai endapan rawa. Secara spesifik, endapan ini memperlihatkan persentase kandungan humus yang warnanya berubah secara berangsur dan teratur. Bagian bawah selang ini berwarna terang mulai dari coklat abu-abu kehitaman hingga abu-abu kehitaman sampai hitam ke bagian tengahnya dengan kandungan humus meningkat. Selanjutnya ke arah atas, warna kembali menjadi agak terang yaitu coklat, abu-abu kehitaman dengan kandungan humus yang menurun.

Fasies lempung lainnya yaitu lempung yang memiliki variasi dan perubahan ukuran butir dan warna secara teratur, dan terdiri atas lempung, lanau, pasir lempungan, lempung pasiran; berwarna hitam abu-abu kecoklatan, coklat sampai kuning kecoklatan, kuning kecoklatan sampai coklat kemerahan; agak lunak dengan plastisitas tinggi; perlapisan tidak jelas dan umumnya tak berlapis; kadang-kadang mengandung sisa-sisa tumbuhan dan daun-daunan hasil transportasi. Ketebalan selang fasies ini mencapai lebih dari 4 m. Pada bagian bawah fasies ini umumnya berhumus yang semakin berkurang ke

arah atas, dengan jejak-jejak oksidasi ditemukan dalam jumlah yang beragam. Fasies ini diinterpretasikan sebagai endapan limbah/dataran banjir (*floodplain deposits*).

Bagian teratas endapan Kuartar di daerah penelitian ditempati oleh lempung lanauan. Fasies ini memiliki ketebalan rata-rata 0,5 m, yaitu berupa lempung lanauan berpasir, berwarna coklat abu-abu sampai kehitaman, akar tanaman dan teroksidasi. Merupakan tanah penutup yang berasal dari proses pelapukan endapan rawa yang berada di bawahnya.

Tataan Stratigrafi

Rangkaian endapan Kuartar di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi empat interval, yaitu interval A-D yang dialasi oleh fasies piroklastika (Gambar 4). Interval A terbentuk di kala proses alur sungai 1 dan endapan rawa bergambut berlangsung, dan tersebar di bagian utara sekitar Sungai Betung yang mengalir sekarang (Gambar 1 dan 4). Sungai semakin meluas dan membentuk alur sungai 2 dengan fasies rawa bergambut semakin menebal. Proses sedimentasi tersebut termasuk dalam interval B. Proses pembentukan interval C dicirikan oleh berkembangnya fasies rawa yang diselingi oleh pembentukan lempung bergambut, dimana dimensi alur sungai ketika itu mengalami penyusutan (Gambar 4). Situasi fasies lempung rawa berhumus pada interval C tersebut memperlihatkan warna endapannya menjadi terang dengan kandungan humus makin berkurang ke arah atasnya. Selanjutnya aktivitas alur sungai terhenti, dengan warna endapan rawa yang semakin terang serta kandungan humus yang semakin langka. Kondisi ini diikuti oleh pembentukan fasies dataran banjir. Pembentukan fasies dataran banjir ini terkait dengan pergeseran alur sungai sebelumnya, yaitu sebagai bagian dari sistem suatu pertumbuhan fasies secara lateral dari waktu ke waktu. Hal tersebut adalah umum terjadi pada wilayah dataran rawa (lihat: Allen, 1965; Reineck dan Singh, 1980).

Interval D adalah tanah penutup. Fenomena ini terjadi proses pembentukan *soil*, karena sebagian besar proses sedimentasi di tempat tersebut terhenti. Proses pembentukan *soil* umum terjadi di daerah dataran aluvium. Berbagai pakar dalam kajian geologi Kuartar menyatakan bahwa faktor perubahan iklim menjadi sangat penting dalam mengontrol pembentukannya.

Mekanisme Sedimentasi

Williams dkk. (1993) menyatakan bahwa proses yang berpengaruh dalam sistem sungai selama kurun waktu Kuartar antara lain adalah: (a) berubahnya *base-level* dan efek tektonik, (b) keseimbangan wilayah tadah hujan (*catchment-water balance*) dan proses erosi, dan (c) proses alur sungai. Tidak ada tanda-tanda perubahan alas cekungan Kuartar di daerah penelitian yang terbukti dari tidak berpindahannya sistem alur sungai secara vertikal. Seperti yang terlihat dari rekaman sistem alur sungai tersebut yang tidak mengalami pergeseran (*shifting*) ataupun saling mengerosi (*stacking*) yang umum terjadi di daerah yang dipengaruhi oleh tektonik. Namun demikian, keseimbangan wilayah tadah hujan dan proses erosi, serta proses alur sungai merupakan bagian dari mekanisme pembentukan sedimen Kuartar di daerah penelitian.

Berbagai ahli geologi yang mendalami sedimentologi fluvial diawali oleh filosofi ungkapan yang sederhana, yaitu sedimen aluvium umumnya klastika dengan kisaran butir antara lumpur-*boulder* konglomerat serta mandul akan fosil. Minor sedimen kimia dibentuk pada lingkungan dataran banjir yang termasuk nodul karbonat sebagai fosil *soil*, lapisan batubara, dan sedikit endapan penguapan (*evaporate*) (Miall, 1992). Dalam skala kecil tipe variasi lapisan dan bentuknya (*bedforms*) dapat direkonstruksi dalam endapan aluvium; akan tetapi untuk skala besar unit pengendapannya adalah sebagai kombinasi dari berbagai alur, seperti endapan beting sungai (*point bars*), dataran banjir (*floodplain*), pertumbuhan lapisan (*lateral accretion element*), leher sungai berkelok (*meander neck*), dan sebagainya.

Pemahaman studi fluvial di atas sangatlah sulit diterapkan pada endapan Kuartar. Hal ini karena sedimen Kuartar tersebut selain umumnya terletak di bawah permukaan, juga belum terkonsolidasikan karena waktu pembentukannya yang relatif pendek dan masih baru. Umumnya endapan sungai yang ditafsirkan dari bawah permukaan tersebut disebut sebagai endapan alur sungai (*channel deposits*).

Perubahan Fasies dan kaitannya dengan sirkulasi iklim

Gafoer drr. (1995) memasukkan sedimen Kuartar di daerah penelitian sebagai endapan rawa yang terdiri atas lumpur, lanau, dan pasir. Komposisi litologi

tersebut kiranya menerus ke bawah permukaan, dimana fraksi pasir yang dimaksud termasuk kedalam fasies alur sungai. Sedangkan material lumpur dan lanau adalah bagian dari fasies rawa bergambut, rawa, dan dataran banjir.

Secara umum, susunan fasies di daerah penelitian termasuk fasies rawa di bawah pengaruh alur sungai. Sebagian dari material alur sungai tersebut dilimpahkan ke daerah genangan, dan membentuk interval perulangan dari endapan dataran banjir. Wolman dan Leopold (1957) menyatakan bahwa proses perulangan pelimpahan alur sungai ke suatu wilayah dataran banjir dapat terjadi antara 1-2 tahun, sedangkan lempung bergambut, terbentuk pada kawasan genangan yang pasif yang terletak di sekitar alur sungai.

Interval fasies pengendapan A (Gambar 4) ditandai oleh alur sungai 1 pasir kasar dan lempung bergambut berwarna terang, diperkirakan ketika itu tingkat kelembabannya relatif rendah. Selanjutnya, interval B dicirikan oleh dimensi alur sungai 2 yang lebih besar dari sebelumnya dengan kandungan lempung bergambut berwarna gelap, serta lapisan lempung berhumus yang kaya akan sisa-sisa tumbuhan. Kecenderungan kondisi tersebut mengindikasikan bahwa ketika itu volume air semakin meningkat, yang notabene berkaitan dengan tingkat kelembaban. Interval C yang ditandai oleh meluasnya lingkungan rawa berhumus dengan semakin berkurangnya material organik ke arah atasnya, serta pembentukan lapisan bergambut yang semakin menipis dengan warna yang lebih terang, memberi kesan bahwa kondisi volume air pada saat itu kembali menurun. Gejala ini berkaitan dengan berkurangnya tingkat kelembaban. Fase ini diikuti oleh menyusutnya alur sungai 3 yang mendekati posisi Sungai Betung sekarang. Aktivitas sungai tersebut menghasilkan fasies dataran banjir (bagian atas interval C) yang terbentuk karena menyusutnya dimensi alur sungai.

Munculnya keragaman fasies sedimen Kuartar di daerah penelitian sebagian besar adalah hasil proses sedimentasi yang sifatnya pasif dimana faktor perubahan iklim sangat berpengaruh. Dengan kata lain, di daerah tersebut menyusut dan meluasnya lingkungan rawa semata-mata karena perubahan iklim. Demikian pula halnya dengan bertambah dan berkurangnya dimensi alur sungai, berhubungan dengan sirkulasi iklim tersebut.

Rangkaian peristiwa tersebut di atas kemungkinan merupakan bagian dari peristiwa Kuarter pada kurun waktu Plistosen akhir. Menurut penulis permulaan glasial ditandai oleh iklim yang kering, yang berarti kelembaban ketika itu mengarah ke tingkat minimum. Oleh karena itu, proses perombakan dan pasokan material kasar di tempat tersebut menjadi dominan pada saat itu. Puncak interglasiasi dicirikan oleh pencairan es yang identik dengan kondisi iklim maksimum atau puncak kelembaban (± 9000 tahun BP). Pada saat itulah, sedimen yang terakumulasi pada sistem sungai menganyam ditranspor ke arah hilir menuju sistem sungai berkelok. Artinya, perubahan iklim secara global tersebut dapat dikaitkan dengan peristiwa di Sungai Mississippi seperti yang dikatakan sebelumnya. Apabila dikaitkan dengan endapan Kuarter di daerah penelitian, maka penulis beranggapan bahwa: interval B adalah sebagai puncak berkembangnya alur sungai pada kurun waktu Plistosen akhir. Umur puncak pembentukan interval B ini kemungkinan berkisar kurang lebih 9000 tahun yang lalu.

Kesimpulan ini dapat dikorelasikan dengan kondisi endapan Kuarter di daerah penelitian yang berumur Holosen ini, dimana undak yang terbentuk dan berumur 600-800 tahun yang lalu di Wyoming kemungkinan sama dengan bagian atas interval C. Posisi tersebut kurang lebih sama dengan bergesernya alur sungai yang mendekati posisi Sungai Betung sekarang.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Meluas dan menyusutnya dimensi alur sungai dalam setiap interval fasies pengendapan berkaitan dengan perubahan suatu tingkat kelembaban. Demikian pula berubahnya warna pada fasies rawa dan persentase kandungan gambut di dalamnya juga berhubungan dengan

sirkulasi perubahan iklim. Oleh karena penelitian ini adalah sebagai studi awal terhadap perubahan iklim, maka disarankan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang didukung oleh studi telaahan umur (penarikan karbon) dan analisis pollen.

2. Hubungan antara sirkulasi iklim dan proses sedimen Kuarter yang berumur Holosen di daerah penelitian, kemungkinan dapat dihubungkan dengan siklus Milankovitch (siklus 20.000 tahun?). Untuk itu, suatu studi siklus stratigrafi pada endapan Kuarter secara detail dan akurat perlu dilakukan, sehingga korelasinya dengan perubahan global pada kurun waktu Kuarter dapat ditelusuri lebih lanjut.
3. Untuk mempertajam penelitian Kuarter di kemudian hari sehubungan dengan perubahan global, maka disarankan selain penerapan penelitian sedimentologi yang lebih rinci, maka analisis laboratorium harus dilakukan secara seksama dan akurat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas koreksi, kritik, dan saran, terutama masukan dari Bapak Prof. Dr. S. Martodjojo, sehingga makalah ini dapat diwujudkan. Juga terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu dan memberikan saran kepada penulis hingga tulisan ini dapat diselesaikan, terutama pada rekan-rekan: Ungkap Lumbanbatu M.Sc, Herman Mulyana M.Sc., dan Suyatman Hidayat M.Sc. Kepada Bapak Kapus Survei Geologi, penulis mengucapkan terima kasih atas ijinnya sehingga makalah ini dapat diterbitkan. Terakhir kepada Bapak Dr. Ir. Edy Sunardi M.Sc. yang telah banyak memberi arahan dan masukan dalam menyempurnakan makalah ini, untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih.

ACUAN

- Allen, J.R.L., 1965. A review of the origin and character of recent sediments. *Sedimentology*, 5, 89-191.
- Allen, P.A. and J.R. Allen, 1990. *Basin Analysis : Principles and Application*. Black Well Scientific Publication, 451 p.
- Bryson, R.A., Kutcbah, J.E., 1974. On the analysis of pollen-climate canonical transfer functions. *Quat. Res.*, 4, 162-174.
- Church, M., 1980. Records of recent geomorphological events. In: *Timescales in Geomorphology* (Ed. By R.A. Cullingford, D.A. Davidson and J. Lewin. Wiley, Chichester, 13-29.

- Coleman, J.M., 1966. Ecological changes in a massive freshwater clay sequence. *Trans. Gulf-Cst Ass. Geol. Soc.*, 16, 159-174.
- Collinson, J.D. and Lewin, J., 1983. Modern and ancient fluvial systems: an introduction. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.* (1983) 6, 1-2.
- Dury, G.H., 1977. Underfit streams: retrospect, and prospect. In: *River channel changes* (Ed. By K.J. Gregory), Wiley, Chichester, 281-293.
- Fisk, H.N., 1952. Mississippi River Valley geology relation to river regime. *Trans. Am. Soc. Civ. Engrs.*, 117, 667-689.
- Friedman, G.M. and Sanders, J.E., 1978. *Principle of Sedimentology*. John Wiley and Sons, Inc, New York-Chichester-Brisbane-Toronto, 792 p.
- Fritts, H.C., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic press., London, 567 pp.
- Gafoer, S., G. Burhan dan J. Purnomo, 1995. *Peta Geologi Lembar Palembang, Sumatera Selatan, skala 250.000*. Puslitbang Geologi, Dit. Jend. Geologi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Hickin, E.J., 1983. River channel changes: transport and prospect. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.* (1983) 6, 61-83.
- Howard, A.D., 1980. Thresholds in river regime. In: *Thresholds in Geomorphology* (Ed. By D.R. Coates and J.D. Vitek), Allen & Unwin, Boston, 227-258.
- Leopold, L.B. and Miller, J.P., 1954. A postglacial chronology for some alluvial valleys in Wyoming. *Prof. Pap. U.S. geol. Surv.*, 1261.
- Miall, A.D., 1992., Alluvial Deposits. In: *Facies Models response to sea level changes* (Ed. By R.G. Walker and N.P. James, Geological Association of Canada, 119-142.
- Parker, G., 1976. Cause and characteristic scales of meandering and braiding in rivers. *J. Fluid Mech.*, 76, 457-480.
- Perlmutter, M.A. and Matthews, M.A. (1989) Global Cyclostratigraphy. In: T.A. Cross (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, 233-260.
- Reineck, H.E. & Singh, I.B., 1980. *Depositional Sedimentary Environments*, Springer Verlag, Berlin, 549 p.
- Schumm, S.A., 1968. River adjustment to altered hydrologic regimen-Murrumbidgee River and paleochannels, *Australia. Prof. Pap. U.S. geol. Surv.*, 598.
- Schumm, S.A., 1973. Geomorphic thresholds and the complex response of drainage systems. In: *Fluvial Geomorphology* (Ed. By Marie Morisawa), Publications in Geomorphology, State University of New York, Binghamton, 299-310.
- Schumm, S.A., 1976. Episodic erosion, a modification of the Davis scale. In: *Theories of Landform Development* (Ed. By W.N. Melhorn and R.C. Flemal). Publications in Geomorphology, State University of New York, Binghamton, 69-85.
- Shroder, J.F., 1980. Dendrogeomorphology; review and new techniques of tree-ring dating. *Prog. Phys. Geogr.*, 4 (2), 161-188.
- Walker, R.G. and N.P. James, 1992. Preface. In : *Facies Models response to sea level change* (Ed. By R.G. Walker and N. P. James), Geological Association Of Canada.
- Williams, M.A.J., D.L. Dunkerley, P.De Decker, A.P. Kershaw, T.J. Stokes, 1993. *Quaternary Environments*. Edward Arnold, A division of hodder & Stoughton, London New York Melbourne Auckland, 329 p.
- Wolman, M.G and Leopold, L.B., 1957. River flood plains; some observations on their formation. *Prof. Pap. U.S. geol. Surv.*, 282-C, 87107.