

SEDIMENTOLOGI DAN STRATIGRAFI HOLOSEN DATARAN PANTAI MEDAN - BELAWAN SEKITARNYA, SUMATERA UTARA

Oleh :

Herman Moechtar, Herman Mulyana, Indyo Pratomo

Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro No. 57 Bandung-40122

SARI

Studi sedimentologi dan stratigrafi endapan Kuartar di dataran pantai Medan – Belawan dibedakan menjadi enam lingkungan pengendapan. Yaitu endapan-endapan rawa, laut, pantai, rawa bakau, dataran banjir, dan alur sungai. Berdasarkan korelasi perubahan lingkungan pengendapan secara lateral dan vertikal, rangkaian sedimen Kuartar tersebut dapat dibedakan menjadi empat Interval Pengendapan (I – IV). Setiap interval dicirikan oleh berubahnya lingkungan yang dikontrol oleh perubahan iklim dan muka laut Holosen. Perkembangan dari endapan Kuartar dan pengisian cekungan cekungan di daerah dataran pantai Medan – Belawan dipengaruhi oleh peristiwa global. Perubahan dari sirkulasi iklim dan turun naiknya muka laut selama proses pengendapan berlangsung adalah berkaitan dengan peristiwa global tanpa dipengaruhi oleh efek tektonik.

Studi yang dilakukan mencakup analisis sedimentologi dan stratigrafi terhadap empat belas pemboran yang dilakukan di sepanjang lintasan yang berarah utara – selatan dari Medan hingga Belawan. Kedalaman pemboran berkisar antara 5,0 hingga 15,0 m.

Kata Kunci: Sedimentologi dan stratigrafi, Holosen, dataran pantai

ABSTRACT

Studies of sedimentology and Stratigrafi on Quaternary deposits in the coastal plain of Medan–Belawan surroundings, North Sumatera revealed six depositional environments. These are swamp, marine, beach, marsh, floodplain, and channel deposit environments. Based on the correlation of the lateral and vertical variation of the depositional environment, whereas the succession of the Quaternary sediments can be divided into four sedimentary intervals (I – IV). Each interval is typically for environment changes which is controlled by sea level and climatic especially during Holosen. The development of the Quaternary sediments and basin fill in the coastal plain of Medan to Belawan area was influenced by global events. Changes in climatological and relative sea level during during depositional processes were included global changes without influenced by tectonic.

The study was based on analyses of sedimentology and stratigraphy of fourteen borehole information obtained along the North to South traverse from Medan to Belawan. The penetration of the bore head varied from 5.0 to 15.0 m.

Keywords: Sedimentology and stratigraphy, Holosen, coastal plain

PENDAHULUAN

Daerah penelitian termasuk dalam kawasan Kotamadya Medan dan Kabupaten Deli Serdang, Propinsi Sumatera Utara (gambar 1), yang ditutupi oleh aluvium berumur Holosen (Qh) dan Formasi Medan (Qpme) berumur Plistosen

Akhir yang terdiri dari bongkah-bongkah, kerikil, pasir, lanau dan lempung (Cameron dkk., 1982). Wilayah penelitian dibatasi oleh koordinat geografi 3° 35' – 3° 50' LU dan 98° 33' – 98° 44' BT (gambar 1). Sedimen berumur Holosen tersebut, berdasarkan aspek lithostratigrafi

terletak tidak selaras di atas Formasi Medan yang berumur Plistosen Akhir. Endapan aluvium, secara lateral telah dipetakan dengan rinci oleh Wongsosentono (1984), dan dibedakan menjadi aluvium pantai, aluvium delta, aluvium rawa, dan aluvium sungai (gambar 1). Selama kurun waktu Kuartar telah berlangsung perubahan global khususnya turun-naiknya muka laut dan sirkulasi iklim secara cepat (Williams et.al., 1993). Untuk mengetahui perubahan yang dimaksud, salah satunya dibutuhkan rekonstruksi terhadap rangkaian pengendapan sedimen. Aspek stratigrafis Kuartar hubungannya dengan perubahan iklim sudah banyak diterapkan yang berkaitan dengan studi siklus stratigrafi, yaitu suatu runtunan rangkaian fasies sedimen yang berhubungan dengan perubahan kitaran bumi mengelilingi matahari mengikuti siklus Milankovitch (Berger, 1988). Didalam menerapkan konsep tersebut terbukti bahwa, studi ini memiliki perbedaan dengan aspek stratigrafi lainnya, sehingga memberikan dampak penelitian tersebut semakin berkembang pesat dan menarik perhatian, sehingga didekati oleh berbagai disiplin ilmu kebumihuan. Aspek stratigrafi yang dimaksud dapat dikategorikan sebagai studi astrostratigrafi atau *orbital stratigraphy*.

Dilatarbelakangi permasalahan tersebut di atas, maka dapat disebutkan bahwa turun-naiknya muka laut dan perubahan iklim adalah sangat terkait dengan runtunan stratigrafi Kuartar. Untuk itu, maksud dari penelitian ini, diantaranya adalah: (a) mempelajari susunan dan perkembangan endapan Kuartar, sehingga karakter dan perubahan lingkungan pengendapannya dari waktu ke waktu dapat diketahui, (b) memahami rangkaian stratigrafinya secara vertikal ataupun lateral, sehingga faktor yang mengendalikan pembentukannya dapat ditelusuri. Guna mencapai maksud tersebut, maka penelitian ini bertujuan, diantaranya adalah: (a) mendeskripsi litologi dan menginterpretasikan fasies pengendapannya, (b) mempelajari dan mengkorelasikan susunan fasies pengendapannya, dan (c) mengulas dan mengkaji rangkaian fasies endapannya serta kendali yang mempengaruhi pembentukannya, dan (d) mendiskusikan karakter sedimentologi dan stratigrafi dataran berumur Holosen

Metode Penelitian

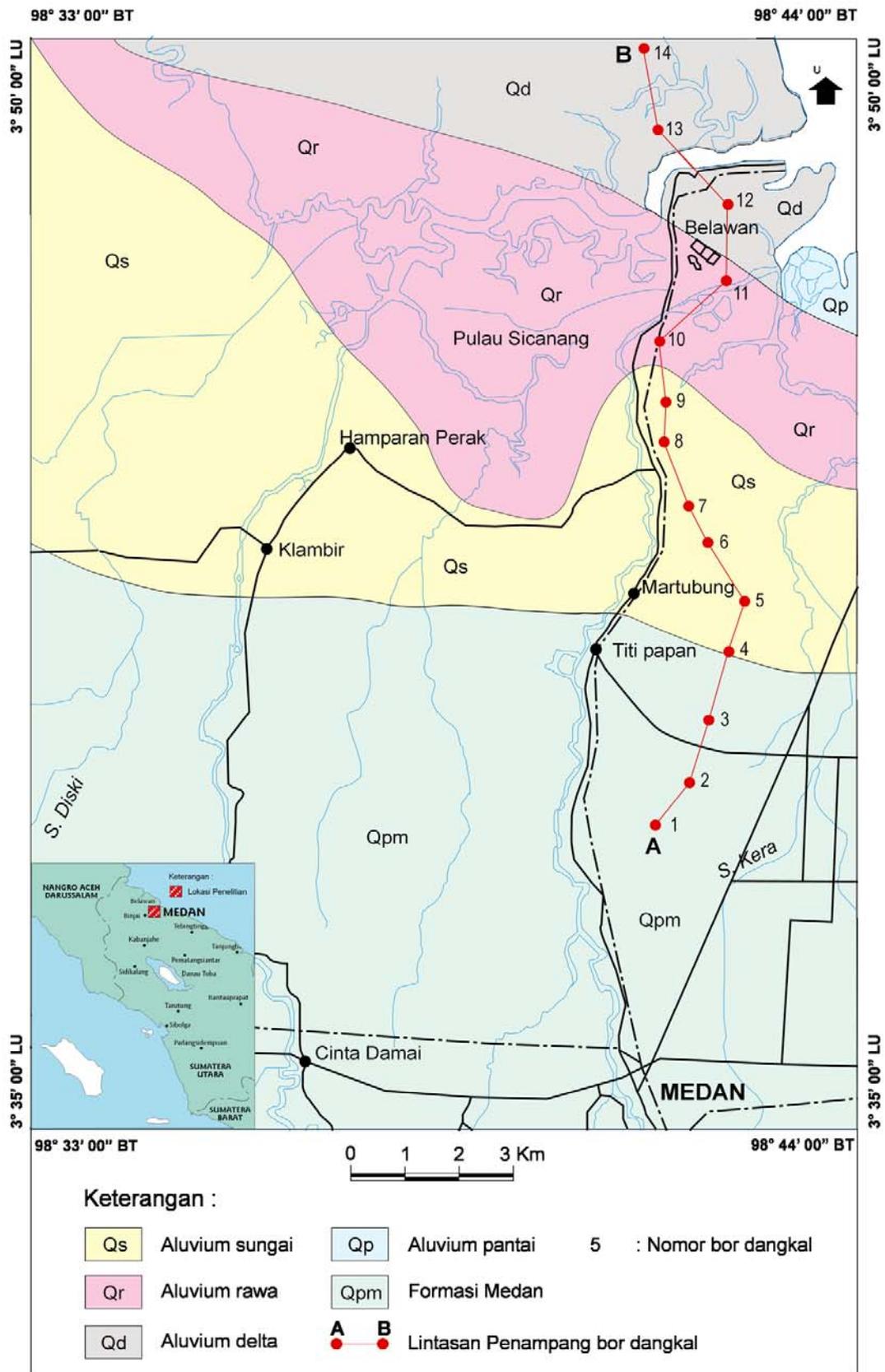
Metode yang dilakukan untuk penelitian ini adalah mengamati sedimen Kuartar bawah permukaan, dan telah dilakukan pemboran dangkal sebanyak 14 (empat belas) pemboran, yang mempunyai kisaran kedalaman antara 5 – 15 meter yang di-plot ke dalam penampang tegak (log bor) berskala 1 : 100 (Gambar 3). Dalam setiap penampang bor diamati secara rinci karakter sedimen Kuartar tersebut termasuk perubahan-perubahan batas fasies baik tegas ataupun berangsur, warna, pelapukan, komposisi, butiran dan ciri terkait lainnya. Rangkuman pengamatan ini berkaitan dengan faktor kendali perubahan yang sifatnya spesifik dan kompleks dari suatu proses sedimentasi. Data pemboran selanjutnya dikorelasi dan dirangkaikan menjadi susunan interval yang dapat dibedakan satu dengan lainnya.

Pengambilan contoh untuk pentarikan umur karbon (C^{14}) juga dilakukan, yaitu pada lapisan gambut dan lempung bergambut sebanyak 4 (empat) contoh lapisan yang berbeda dan terpilih yaitu pada lokasi Nomor bor 4,5, 7, dan 8 (gambar 2). Analisa contoh tersebut dilakukan pada laboratorium Kuartar, Pusat Survei Geologi (Badan Geologi) Diharapkan umur dari lapisan sedimen ini dapat memberikan informasi terhadap korelasi sedimen Kuartar berumur Holosen di tempat lain secara global.

Hasil korelasi dari susunan fasies sedimen Kuartar tersebut, selanjutnya dapat dibedakan menjadi 4 (empat) interval pengendapan yang secara detil dapat ditafsirkan mengenai perkembangan pembentukan fasies tersebut. Dari rangkaian susunan interval sedimen tersebut, maka sistem pengisian cekungan dan faktor kendali kendali pembentukannya dapat ditelusuri lebih lanjut.

Geologi

Wilayah Medan - Belawan dicirikan oleh bentangalamnya berupa pedataran, yang dapat dibedakan menjadi daerah dataran rendah hingga dataran pantai yang ditutupi oleh material lepas berukuran bongkah hingga lempung dan aluvium yang berasal dari aktifitas alur sungai, rawa, dan pantai. Daerah dataran rendah yang menutupi kota Medan hingga mendekati Martubung umumnya ditempati oleh material klastika lepas dari Formasi Medan yang telah mengalami pelapukan. Semakin ke arah pantai, bentangalam



Gambar 1. Peta geologi Medan dan sekitarnya (S. Wongsosentono, 1984) dan lokasi pemboran dangkal daerah penelitian.

yang dilalui alur - alur sungai sebagian berkembang menjadi daerah genangan hingga ke pantai, yang dipengaruhi oleh gelombang dan pasang-surut. Umumnya, gradien alur sungai adalah rendah dengan aliran yang tenang dan lebar. Pola alur sungai umumnya berkelok (*meandering*), dengan ketinggian beting atau tebing sungai berkisar antara 1 - 2 meter terletak pada elevasi atau ketinggian 0-2 meter di atas permukaan laut.

Geologi lembar Medan, Sumatra (Cameron dkk.,1982) mulai dari daerah Medan hingga Sabang dibedakan menjadi aluvium (Qh) berumur Holosen yang terletak tidak selaras di atas Formasi Medan (Qpme) berumur Plistosen Akhir. Wongsosentono (1984), lebih rinci lagi membedakan litologi aluvium menjadi aluvium pantai (Qp), aluvium delta (Qd), aluvium rawa (Qr), dan aluvium sungai (Qs) (gambar 1). Formasi Medan (Qpm) sebarannya memanjang dari barat ke timur terdiri dari lempung, lumpur, lanau, pasir, dan sedikit kerikil, berwarna abu-abu, sebagai hasil pengendapan kembali (*reworked*) dari batuan gunungapi yang telah terbentuk sebelumnya, terutama berasal dari tuf Toba (Qvt) yang kemudian diendapkan sebagai endapan banjir atau *fluvial*. Aluvium sungai (Qs) dikategorikan sebagai hasil endapan sungai tua terdiri dari campuran bongkah batuguling, kerikil, pasir, dan lempung, yang ke arah hilir butirannya semakin halus. Aluvium rawa (Qr) dan aluvium delta (Qd) berasal dari endapan sungai yang diendapkan dalam lingkungan yang berbeda, dimana aluvium rawa diendapkan pada lingkungan yang tertutup, sedangkan aluvium delta diendapkan di tepi muara yang lebih terbuka ke arah laut. Endapan Aluvium berwarna abu-abu gelap hingga hitam terdiri dari lumpur organik, lempung, dan sedikit pasir halus, mengandung material organik dan akar tumbuh-tumbuhan. Endapan ini bersifat lepas, lembek dan sangat lunak serta jenuh air. Di Belawan endapan alluvium ketebalannya diperkirakan mencapai lebih dari 20 meter dan semakin menebal ke daerah Labuhan Deli yang mencapai lebih dari 25 meter. Aluvium pantai (Qp) dijumpai di sepanjang pantai sebelah timur laut daerah penelitian, terdiri dari pasir yang umumnya di bawa oleh sungai-sungai yang bermuara ke tempat itu. Endapan pantai ini bersifat lepas dan lunak, dan diperkirakan mempunyai ketebalan lebih dari 10 meter.

SEDIMENTOLOGI DAN STRATIGRAFI

Litologi dan Penafsiran Lingkungan Pengendapan

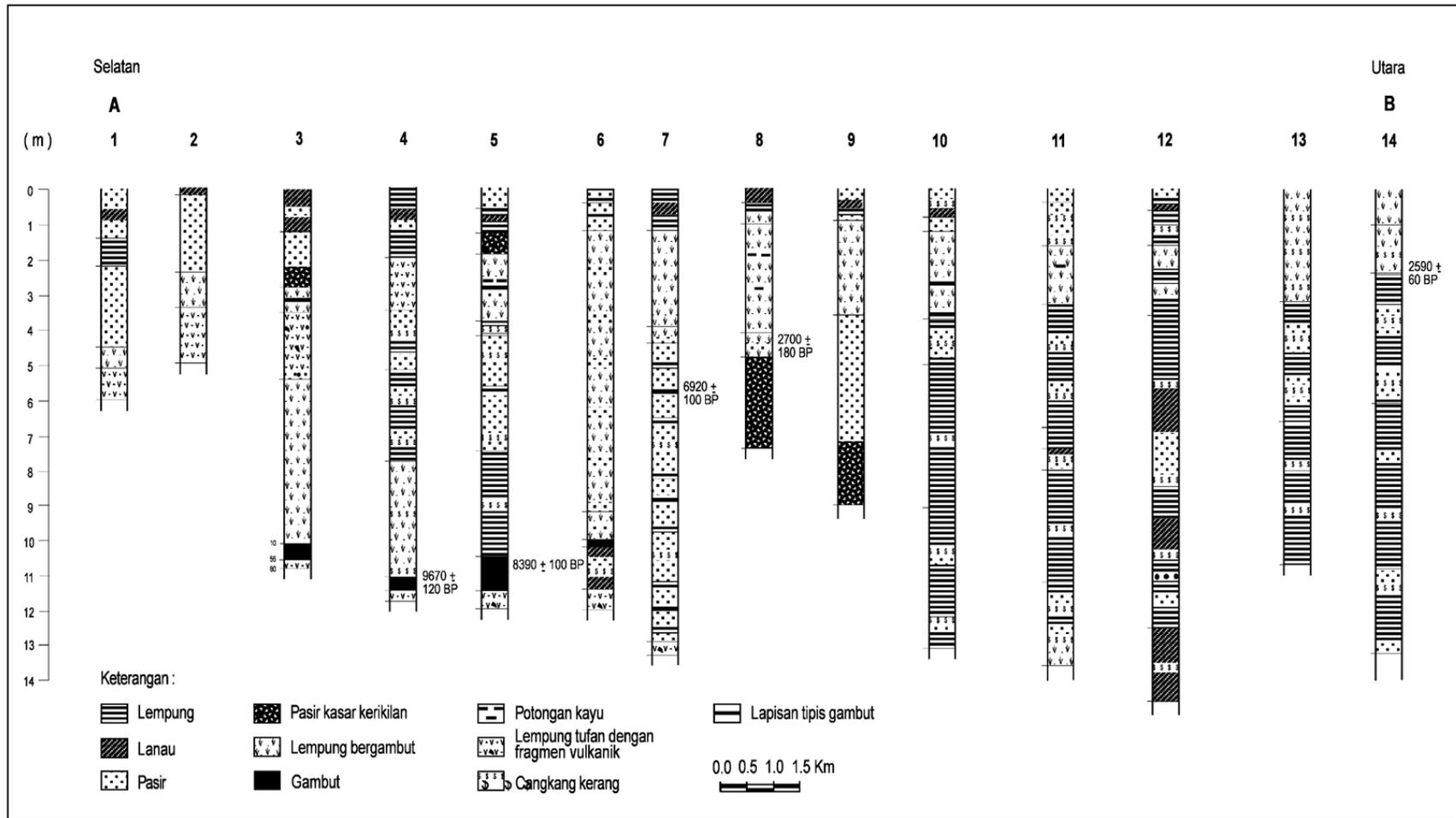
Litologi yang menyusun endapan Kuartar di daerah penelitian, dibedakan menjadi pasir kasar kerikilan, pasir, lanau, lempung, dan lempung bergambut dan gambut (gambar 2).

Pasir kasar kerikilan

Endapan ini berwarna coklat hingga abu-abu tua, bersifat lepas, terpilah sedang hingga buruk, membulat hingga menyudut tanggung dengan tebal antara 1,20 hingga mencapai lebih dari 3,5 meter, dan mempunyai batas yang sangat jelas baik dengan yang terletak di atas maupun yang di bawahnya. Bagian bawah dari endapan ini ditempati oleh pasir kasar yang kandungan kerakal dan kerikilnya semakin berkurang ke arah atas. Litologi tersebut sebagai endapan alur sungai (*fluvial channels*), dan tersingkap pada Nomor bor (Nb) 3,5, 8, dan 9) (gambar 2) dan termasuk endapan alur sungai interval II dan IV (gambar 3). Perbedaan kedua sistem alur sungai tersebut, ditunjukkan oleh endapan alur sungai interval IV cenderung memiliki warna yang lebih terang di banding alur sungai di bawahnya yaitu berwarna coklat sampai kelabu dengan komposisi butiran yang lebih beragam. Suatu interaksi dan kombinasi dari satu atau lebih fasies pengendapan yang mempunyai hubungan satu sama lain baik secara lateral maupun vertikal disebut interval. Interval antar satuan endapan dapat menjelaskan hubungan antara karakteristik litologi dari satuan endapan tersebut dengan urutan stratigrafi (dalam ruang dan waktu).

Pasir

Jenis litologi ini terdiri dari pasir, pasir lanauan, pasir lempungan, berwarna coklat kekuningan sampai abu - abu tua kehitaman, lepas, membulat baik hingga menyudut, terpilah sedang hingga buruk dengan tebal antara 0,5 - 2 meter serta memiliki batas tegas dengan fasies yang berada di atas dan di bawahnya. Endapan ini sebagai hasil endapan alur sungai, yang menempati interval II dan IV. Perbedaan pada kedua posisi interval endapan tersebut, diantaranya adalah: sistem alur sungai pada interval II (gambar 2/ Nb 6 dan 7) ditandai oleh ukuran butirannya berupa pasir menengah yang menghalus ke arah atas (*finning upwards*)



Gambar 2. Penampang bor dangkal A - B berarah Selatan - Utara daerah Medan dan sekitarnya, Sumatera Utara.

dengan butiran yang umumnya membulat dan bewarna lebih gelap yaitu abu-abu kehitaman, yang selanjutnya berkembang menjadi alur sungai yang butirannya mengasar ke arah atasnya (*coarsening upwards*) (gambar 3/Nb 7,8, dan 9). Posisi endapan alur sungai pada interval IV, cenderung berwarna lebih terang yaitu coklat kekuningan hingga kelabu, berukuran pasir menengah sampai kasar dengan sebaran butir dan derajat kebundaran yang beragam (gambar 2 dan 3/ Nb 1,2,3,4,5,6,9,10,11, dan 12). Fraksi klastika pasir lainnya dicirikan oleh komposisi pasir berukuran sangat halus sampai menengah, urai, abu-abu kehijauan, terpilah baik, membulat tanggung hingga membulat, banyak mengandung pecahan cangkang kerang (*moluska*). Ketebalannya berkisar antara 0,5 - 1,8 m dan diinterpretasikan sebagai endapan pantai (*beach deposits*). Endapan ini umumnya tersebar pada interval II, dan sebagian interval IV (gambar 2 dan 3).

Lanau

Terdiri dari lanau bersisipan tipis lempung dan pasir halus, berwarna abu-abu kecoklatan, coklat kekuningan hingga coklat kemerahan dengan ketebalan antara 0,5 hingga 1,5 meter, sangat padat, mengandung konkresi besi berwarna coklat. Bagian atasnya banyak mengandung humus dan sisa tumbuhan berupa akar dan daun-daunan yang semakin berkurang ke arah bawahnya. Bercak-bercak hasil oksidasi dijumpai dalam jumlah yang beragam, dan setempat bercak ini menjadi dominan dengan warna coklat kemerahan. Ciri litologi demikian ditafsirkan sebagai endapan dataran banjir (*floodplain deposits*), dan menempati interval IV (gambar 2 dan 3).

Lempung

Berwarna abu-abu gelap hingga hijau sampai hijau kebiruan, sangat lunak, basah dengan kandungan air yang tinggi (plastis), kadang-kadang memperlihatkan perlapisan sejajar tipis (*even lamination*), mengandung pecahan cangkang kerang dan sedikit lapisan tipis humus, ketebalan antara 0,2 - 3,5 meter. Ciri litologi demikian ditafsirkan sebagai endapan laut (*marine deposits*), yang tersebar pada interval II (gambar 2 dan 3). Selain itu, dijumpai lempung yang berkomposisi material gunungapi yaitu lempung tufan dengan sisipan pasir tufaan. Lempung berwarna abu-abu

kebiruan dengan bercak coklat kemerahan, mempunyai tingkat konsistensi keras, pejal dan liat (gambar 2/ Nb 1,2,3,4,5,6, dan 7). Pada kedalaman tertentu dijumpai fraksi kasar berupa pasir tufan dengan fragmen-fragmen vulkanik (gunung api), berbutir sedang sampai kasar, menyudut - membulat tanggung, terpilah buruk, di beberapa tempat mengandung material tufaan, mineral hitam dan gelas vulkanik. Litologi tersebut ditafsirkan sebagai endapan dataran banjir yang menempati interval I dan III.

Lempung Bergambut dan Gambut

Lempung bergambut, berwarna abu-abu kekuning-kuningan sampai abu - abu tua kehitaman, lunak/ lembek, banyak mengandung air, humus dan sisa tumbuhan berupa daun-daunan, akar dan potongan kayu busuk berwarna coklat kehitaman. Pada kedalaman tertentu kadang-kadang dijumpai lanau organik bersifat lempungan yang bercampur dengan lapisan tipis pasir halus dengan tebal antara 5 - 10 cm berwarna coklat tua kehitaman. Fasies ini ditafsirkan sebagai endapan rawa bakau (*marsh deposits*), tersebar pada interval III dan IV dengan ketebalan lapisan antara 0,8 hingga 4,8 meter (Gambar 3 dan 4). Juga dijumpai lapisan gambut dengan tebal antara 0,5 sampai 1,2 meter (gambar 2/ Nb 3,4,5, dan 6), berwarna coklat tua kemerahan hingga coklat tua kehitaman, banyak mengandung humus, sisa-sisa tumbuhan, organik, dan potongan-potongan kayu busuk berwarna coklat kemerahan dengan tebal antara 0,20 - 1 meter. Lapisan gambut ini berbeda menyolok dengan litologi lainnya, terutama terhadap konsistensi dan kandungan organiknya. Ciri litologi tersebut ditafsirkan sebagai endapan rawa (*swamp deposits*) yang menempati interval bawah II.

Secara lateral, ragam litologi tersebut di atas memiliki interaksi sebagai kombinasi dari satu atau lebih fasies pengendapan, diantaranya: (1) terbentuknya endapan dataran banjir (interval I) dengan litologinya yang relatif keras bersusunan material gunungapi, (2) berkembangnya endapan rawa yang membentuk lapisan gambut yang berkontaminasi dengan endapan alur sungai, laut dan pantai (interval II), (3) perulangan endapan pantai dan laut yang berjari jemari dengan endapan alur sungai (interval II), (4) perulangan endapan laut dan

pantai yang berjari jemari dengan endapan rawa bakau (interval II), (5) Interaksi antara endapan rawa bakau dengan endapan dataran banjir yang ditutupi oleh endapan rawa bakau (interval III), dan (6) berkembangnya sistem *fluvial* yang membentuk endapan alur sungai dan dataran banjir yang diselingi oleh endapan pantai (interval IV).

Selain ragam litologi secara lateral di atas, maka aspek litologinya secara vertikal, juga memiliki ciri yang spesifik, yaitu: (1) ditandai oleh tidak berpindahannya tubuh alur sungai pada interval II, akan tetapi alur sungai bagian bawah memperlihatkan butirannya yang menghalus ke arah atas dengan warna yang lebih gelap di banding dengan alur sungai yang posisinya terletak di atasnya yang butirannya mengasar ke arah atas, (2) berpindahannya alur sungai selama pembentukan interval III, yang diikuti kembali oleh meluasnya sebaran alur sungai pada interval IV, (3) dominannya pengaruh turun - naiknya muka laut pada interval II, (4) berbedanya kandungan antara endapan dataran banjir pada interval I dan III terhadap fasies yang sama pada interval IV, dimana material gunungapi terbentuk pada interval I dan III, sedangkan pada material IV komposisi litologinya adalah lanau, (5) terbentuknya lapisan gambut pada interval II yang relatif tebal dengan warna yang terang, sedangkan lapisan gambut pada lempung yang terdapat pada interval III bewarna lebih gelap, (6) tidak munculnya material linier klastika pada interval III, sedangkan pada interval IV fasies tersebut terbentuk, yaitu berupa endapan pantai, dan (7) interaksi fasies darat dan linier klastika pada interval II yang konstan yang memperlihatkan susunan lapisannya berjari-jemari.

PEMBAHASAN

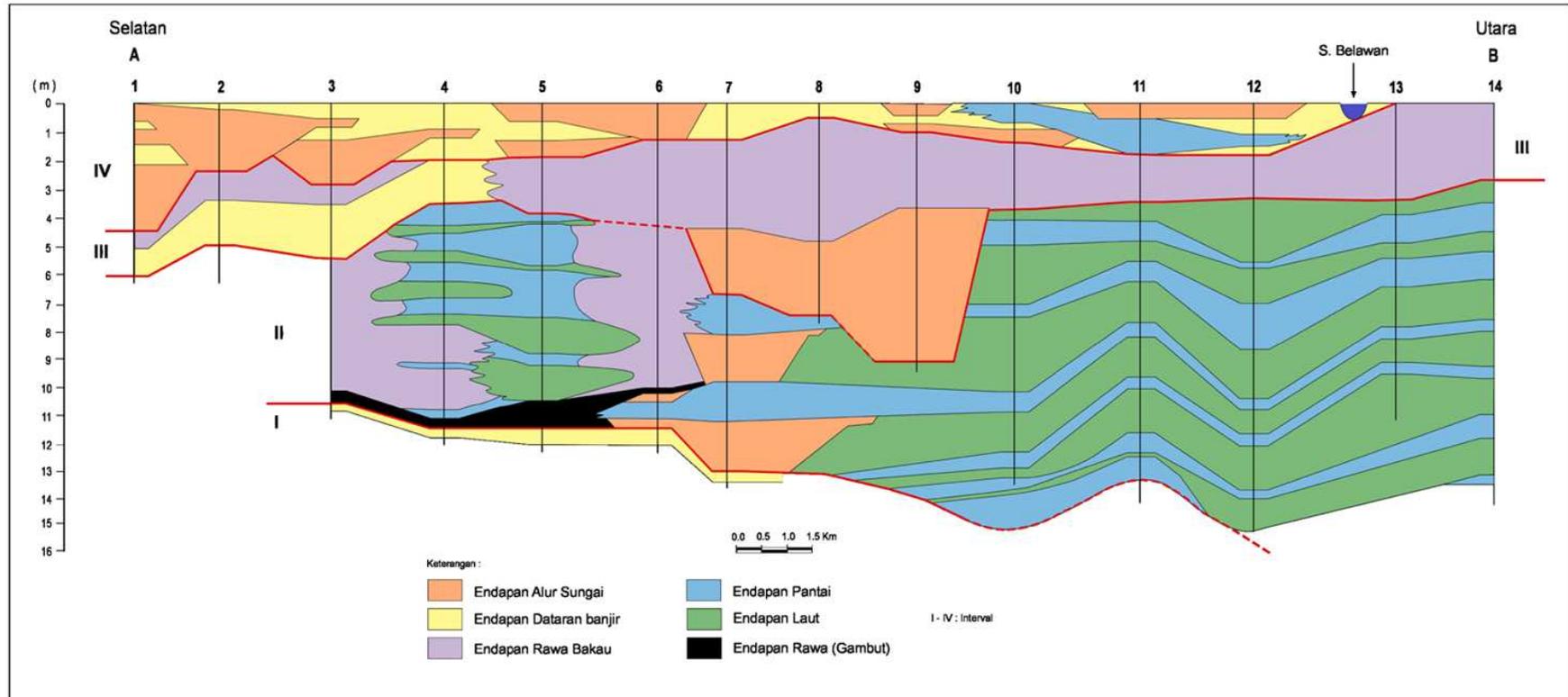
Interval fasies pengendapan dan perubahan lingkungan Sedimen Kuartar

Rangkaian interval fasies pengendapan yang mencerminkan perubahan lingkungan sedimen Kuartar, seperti yang telah disinggung sebelumnya dapat dibedakan menjadi 4 (empat) interval (gambar 4). Interval I ditandai oleh dominannya endapan dataran banjir yang keras, pejal dan liat yang sulit ditembus, sehingga pemboran terhenti pada saat mencapai litologi tersebut. Dari karakter sebaran endapan dan

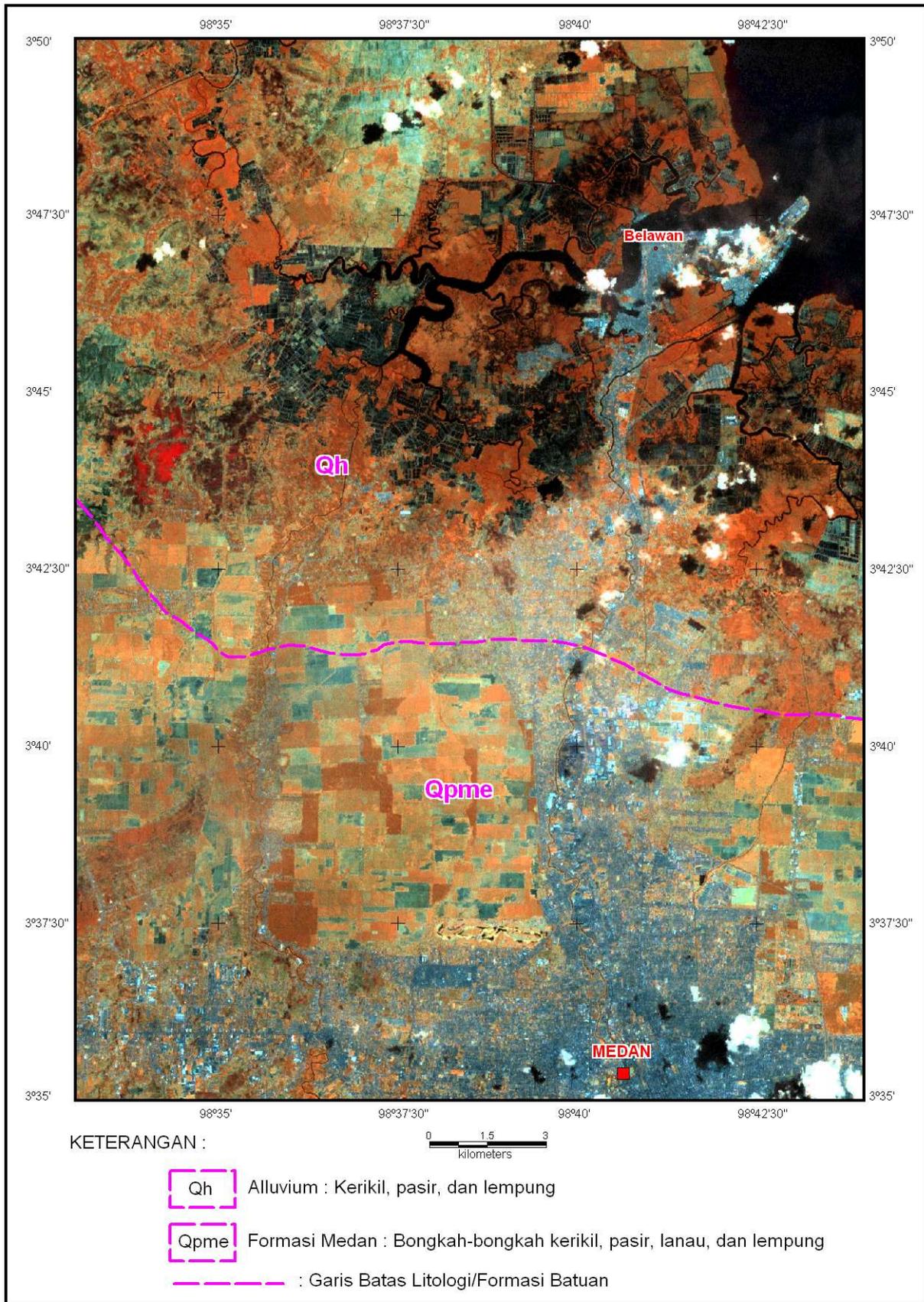
komposisi litologi demikian maka diperkirakan aktifitas alur sungai ketika itu sangat aktif, dimana kondisi muka laut masih rendah dengan volume air yang relatif cukup besar terbukti dari warna abu-abu kebiruan dengan bercak coklat kemerahan yang berindikasikan bahwa ketika itu relatif tingkat kelembaban (*humidity*) adalah cukup tinggi atau besar.

Pada awal pembentukan interval II dicirikan oleh terbentuknya gambut pada lingkungan rawa yang berasosiasi dengan endapan pantai dan alur sungai, berumur antara 9670 ± 120 BP hingga 8390 ± 100 BP (gambar 2). Proses pengendapan yang berlangsung ketika itu, adalah pada awal Holosen. Terbentuknya endapan gambut dan menghalusnya butiran alur sungai pada interval ini menandakan bahwa volume air relatif besar dibanding interval sebelumnya, sebaliknya muka air laut semakin tinggi. Kemudian, bagian atas interval ini ditandai oleh berkembangnya lingkungan rawa bakau di selatan dengan endapan laut dan pantai, proses masih berlangsung secara dominan. Sistem alur sungai yang butirannya mengasar ke arah atas adalah sebagai pertanda bahwa energi alirannya cenderung menurun, dan kondisi pembentukan tersebut berada pada kisaran umur 6920 ± 100 BP (gambar 2). Di utara, perulangan dari lingkungan laut dan pantai semakin susut terbukti makin berkembangnya alur sungai ke arah utara. Bagian tengah dan atas interval II ini, masih ditandai oleh posisi muka laut tinggi akan tetapi tingkat kelembaban menurun. Terbentuknya lingkungan laut dan pantai di selatan, kemungkinan adalah disebabkan oleh berpindah atau meluasnya lingkungan laut yang menutupi daerah genangan (rawa) sebelumnya. Secara umum, proses pengendapan yang terjadi pada interval II tersebut, adalah di bawah kendali muka air laut ketika itu tinggi. Sistem alur sungai yang berkembang itu sangat dipengaruhi oleh pasang-surut air laut, sehingga pencampuran material alur sungai terjadi yang umum berlangsung dalam sistem alur sungai *estuary*.

Interval III dicirikan antara lain oleh perubahan lingkungan yang sifatnya semakin sederhana, dan terhentinya aktifitas alur sungai dan fasies linier klastika, yang selanjutnya digantikan oleh berkembangnya lingkungan rawa bakau dan dataran banjir. Tidak berkembangnya alur sungai ketika itu bukan



Gambar 3. Ilustrasi Perubahan Rangkaian Sedimen Kuartar daerah Medan dan sekitarnya, Sumatera Utara



Gambar 4. Peta citra landsat ETM-7 komposit RGB-457+8 (PSG 2007) dan Peta Geologi daerah Medan Belawan dan sekitarnya menurut Cameron dkk. (1982)

berarti aktifitasnya terhenti, terbukti dengan dominannya fasies dataran banjir terbentuk. Gejala pertumbuhan lingkungan pada sistem *fluvial* secara lateral dan vertikal, seperti pergeseran alur sungai dan terbentuknya lingkungan dataran banjir khususnya di daerah dataran rendah rawa adalah bersifat umum (Allen, 1965; Reineck dan Singh, 1980). Semakin ke arah atas, kandungan organik dalam rawa bakau semakin berkurang dengan warna yang semakin terang pula.

Kondisi lingkungan pada interval IV, cenderung berada pada muka laut yang semakin turun dengan tingkat kelembaban yang semakin kecil. Gejala ini ditandai oleh bentuk butiran yang kasar dan berwarna terang, dimana menurut Perlmutter and Matthews, 1989, kondisi fasies alur sungai yang demikian adalah di bawah kendali iklim yang kelembaban yang semakin menurun. Oleh karena itu, suplai material ke arah dataran banjir akan mengasar pula yaitu dominannya lanau sebagai endapan dataran banjir. Secara umum, wilayah tersebut adalah merupakan wilayah dataran rendah dimana umumnya berkembang sistem lingkungan *fluvial*, yang juga ditandai oleh muka laut ketika itu semakin susut. Terbentuknya endapan pantai pada interval IV di utara, diduga adalah merupakan perkembangan dari garis pantai yang umum terjadi di daerah dataran rendah pantai.

Proses Pengendapan dan Faktor Kendali Pembentukannya

Terbentuknya endapan dataran banjir pada Interval I dengan komposisi lempung tufaan berfragmen vulkanik, menunjukkan bahwa sumber materialnya adalah berasal dari batuan vulkanik tererosi, dibawa dan diendapkan oleh aktifitas alur sungai. Material vulkanik tersebut di dalam fasies dataran banjir adalah sebagai komposisi utama dan bukan sebagai sisipan. Kisaran kondisi lingkungan ketika itu, adalah sebagai wilayah dataran rendah aluvial (*alluvial lowland*). Diduga, energi alur sungai adalah relatif tinggi, sehingga kemampuan membawa muatannya besar, terbukti dari dominannya alur sungai memasok materialnya ke wilayah dataran banjir. Kondisi demikian umumnya terjadi, disebabkan oleh tingginya volume air yang berkaitan dengan tingkat kelembaban. Selanjutnya, wilayah tersebut menjadi

lingkungan rawa, sebagai daerah genangan (bagian bawah interval II), yang diikuti oleh bermigrasinya garis pantai ke wilayah tersebut, dan beralih menjadi daerah dataran pantai (*coastal plain*). Ciri lingkungan ketika itu adalah, alur-alur sungai berada diantara lingkungan rawa bakau dan laut hingga pantai. Sumber material adalah berasal dari laut terbuka yaitu hasil dari aktifitas gelombang dan pasang-surut. Hal ini terbukti dari komposisi alur sungai yang minim memiliki material vulkanik, yang hanya terdapat pada sistem alur sungai bagian bawah, sedangkan alur sungai bagian atas butirannya membulat baik yang diduga berasal pasokan pasang-surut laut, atau sebagai alur sungai yang dipengaruhi oleh pasang-surut yaitu alur *estuary*. Meluasnya dimensi alur sungai, adalah identik dengan semakin meluasnya mulut atau muara suatu alur sungai di bawah kendali pengaruh pasang-surut. Interval III dicirikan oleh turunnya muka laut yang menjadikan daerah ini menjadi lingkungan rawa bakau, yang dipotong oleh alur sungai tanpa dipengaruhi oleh naik – turunnya muka laut. Hal tersebut terbukti dari pasokan material yang membentuk endapan dataran banjir yang berkomposisi material gunungapi. Ini berarti bahwa lingkungan ketika itu, berada diantara dataran rendah aluvial hingga rawa bakau, selanjutnya dataran rendah aluvial tersebut menjadi daerah genangan rawa bakau. Gejala tersebut adalah umum terjadi di daerah pasang – surut, akibat bermigrasinya garis pantai. Interval IV, ditandai oleh, aktifitas alur sungai yang dipengaruhi oleh pasang-surut kembali berlangsung. Hal ini terbukti dari komposisi alur sungai yang bercampur dengan material pasang-surut, dan hilangnya kandungan material vulkanik dalam endapan dataran banjir, serta terdapatnya endapan pantai. Kondisi lingkungan ketika itu berkisar antara dataran rendah aluvial hingga dataran pantai, yang selanjutnya semakin menyusut, dan bagian atas Interval ini adalah seumur dengan endapan Resen yang prosesnya masih berlangsung hingga sekarang. Komposisi litologi yang beragam pada sistem alur sungai, diantaranya adalah disebabkan oleh pasokan material yang di bawa oleh alur sungai tersebut umumnya berasal dari pengendapan ulang dari sedimen yang sebelumnya terbentuk, serta pengaruh dari pasang – surut.

Faktor kendali pembentukan rangkaian stratigrafi di daerah penelitian di atas, diantaranya dicirikan oleh:

1. Proses pengendapan yang terjadi adalah berkisar antara dataran rendah aluvial hingga dataran pantai, di bawah kendali turun-naiknya muka laut.
2. Sumber material sepanjang proses pengendapan adalah berasal dari daratan yang di bawa oleh sistem alur sungai, aktifitas gelombang dan arus pasang-surut, serta pengendapan ulang sedimen berumur Holosen (re-sedimented)
3. Interval I, adalah merupakan proses sedimentasi yang terjadi kurun waktu Plistosen Akhir yang diikuti secara berkesinambungan oleh terbentuknya interval II. Kondisi tersebut adalah identik dengan muka laut naik pada Holosen yaitu pada 9670 ± 120 tahun yang lalu (gambar 2 dan 3)). Muka laut turun kurang lebih pada 2700 ± 180 tahun yang lalu dikala terbentuknya interval III (gambar 2 dan 3), yang selanjutnya semakin turun pada posisi sekarang membentuk interval IV.
4. Turun-naiknya muka laut adalah sebagai faktor kendali utama pengisian cekungan, sedangkan perubahan iklim adalah mempengaruhi proses pada alur sungai dan lingkungan rawa di wilayah dataran rendah aluvial.

Sejak permulaan Holosen, yaitu kurang lebih 10.000 tahun yang lalu hingga sekarang, wilayah Medan-Belawan sekitarnya adalah dicirikan oleh bentuk bentangalamnya sebagai dataran rendah aluvial hingga laut dekat pantai. Secara lateral, menyusut dan berkembangnya berbagai sistem lingkungan, sangat dipengaruhi oleh perubahan muka laut global yang terjadi selama Holosen. Lingkungan yang berkembang, diantaranya adalah sistem lingkungan-lingkungan sungai dan dataran banjir, rawa, rawa bakau, pantai, dan laut. Karakter bentangalam antara Medan hingga Belawan dahulunya, adalah tidak berbeda dengan bentuk bentangalam Belawan sekitarnya sekarang (gambar 3). Meluas dan menyusutnya berbagai sistem lingkungan tersebut, adalah berkaitan dengan perubahan global dari muka laut dan sirkulasi iklim Holosen sebagai mana yang terlihat pada gambar 3.

DISKUSI

Baldwin et al. (2006) menyatakan bahwa alur purba terbentuk selama lowstand glasial yang menoreh dataran pantai dan dataran aluvial, dan ketika itu banyak di jumpai alur purba yang memotong punggung pulau pasir (sand-rich barrier islands). Bagian atas dari kondisi tersebut mungkin setara dengan pembentukan interval I yaitu pre-Holosen atau bagian dari Plistosen Akhir. Kadosh et al. (2004) mempelajari lingkungan purba Kuartir Akhir di dataran pantai Carmel (Israel) dengan menggunakan pemboran sedalam 10,5 meter, mereka melakukan studi kronostratigrafi menggunakan x-ray radiographs, luminescence dan dating radiokarbon yang berumur 26.000 tahun yang lalu. Disebutkan bahwa dijumpai 3 unit lempung yang ditutupi batupasir gampingan setebal 6,3 m pada 12.000 tahun yang lalu, dan permulaan Holosen (10.300 dan 9.550 tahun yang lalu) pembentukan rawa bakau baru dengan ciri lempung berwarna gelap dengan beberapa fluktuasi kelembaban. Rawa bakau semakin lebih kering pada 9.400 – 8.550 tahun yang lalu (Kadosh et al., 2004).

Di daerah penelitian, terbentuknya endapan rawa bergambut pada awal pembentukan interval II identik dengan kurun waktu awal Holosen yang berumur 9670 ± 120 hingga 8390 ± 110 tahun yang lalu pada kondisi iklim lembab yang kaya akan sisa tumbuh-tumbuhan/tanaman yang ke arah atasnya cenderung mengarah kering terbukti dari lapisannya berwarna lebih terang (gambar 2 dan 3). Selanjutnya, Kadosh et al. (2004) menyatakan pula bahwa pada 5000 tahun yang lalu pemanasan meningkat, dan pasir mulai diendapkan sebagai konsekuensi muka laut naik. Martin et al. (1996) mengemukakan bahwa dari data relatif muka laut di Brasil selama Kuartir telah diketahui naik sebanyak 3 kali, diantaranya dua yang terakhir maksimum + 8 m atau - 2 m (123.000 tahun yang lalu) dan + 4,8 m atau - 0,5 m (5.100 tahun yang lalu). Ini berarti bahwa bagian atas dari interval II adalah merupakan puncak dari naiknya muka laut terakhir selama Kuartir.

Perubahan muka laut yang terjadi selama interval II sulit ditafsirkan perkembangannya, seperti yang diungkapkan oleh Jordan (1999) yang melakukan determinasi turun-naiknya muka laut di selatan paparan Beringia pada Plistosen Akhir. Ia menyatakan bahwa secara

regional di daerah pasang surut, muka-laut berubah secara samar-samar dan tidak tegas, yang memperlihatkan muncul dan tenggelam selama 35 tahun terakhir. Awal terbentuknya interval III ditandai oleh terbentuknya lingkungan rawa bakau sebagai konsekuensi muka air laut turun dengan tingkat kelembaban yang semakin kecil, yang diikuti oleh terbentuknya interval IV dimana muka laut semakin turun dengan kondisi iklim menuju kering. Di daerah tropis bagian utara belahan bumi, turun-naiknya muka danau dan perubahan kelembaban pada akhir Plistosen dan Holosen umumnya diketahui adalah dipengaruhi oleh aktifitas monsoon purba, dan akhirnya berhubungan dengan gaya siklus Milankovitch (Kutzbach and Street-Perrot, 1985; Overpeck et al., 1996). Gejala ini adalah berkaitan dengan tingkat kelembaban yang menyebabkan volume air bertambah secara universal, sehingga mempengaruhi volume air di samudera. Kemungkinan, rangkaian urutan fasies pada interval I-IV dapat dikaitkan dengan pernyataan tersebut.

Perkembangan lingkungan selama Plistosen Akhir hingga Holosen di daerah penelitian, seperti lingkungan-lingkungan rawa, laut, pantai, rawa bakau, dataran banjir, dan endapan alur sungai termasuk sistem alur sungai estuary yang terbentuk di saat muka air laut tinggi (interval II), secara umum adalah merupakan wilayah dataran rendah aluvial hingga laut dataran pantai. Di daerah tersebut, endapan yang terbentuk adalah berhubungan dengan sistem dan proses laut dekat pantai (nearshore) seperti yang dikemukakan oleh Gullentops et al. (2001, p. 153) dalam Baeteman (2001). Sumber material pada interval I adalah berasal dari daratan yang di bawa oleh sistem fluvial. Pada interval II, sumber materialnya adalah umumnya berasal dari laut, sedangkan pada interval III khususnya pada dataran banjir adalah berasal dari daratan. Sebaliknya, pada interval IV meski muka air laut turun, akan tetapi sumber material dalam sistem fluvial adalah percampuran antara material daratan dengan endapan Holosen yang sebelumnya diendapkan. Oleh karena itu, dalam setiap interval, komposisi litologi dari endapan Kuartar di daerah penelitian adalah beragam. Marchesini et al. (2000), mempelajari urutan sedimen Plistosen – Holosen berdasarkan kombinasi

petrografi dan studi stratigrafi di dataran pantai delta Po, Italia Utara. Berdasarkan analisa mineral berat dolostone dan fragmen batuan gunungapi, ternyata urutan intervalnya memiliki petrofases yang berbeda, yang mereka kelompokkan menjadi 3 petrofases yaitu mengikuti pertambahan daratan dan garis pantai (landward dan sea ward) berkaitan dengan pergeseran garis pantai. Martin et al. (1985) melakukan penelitian sepanjang pusat pantai Brasilia sehubungan dengan sejarah muka laut Kuartar dan dinamika variasinya. Mereka menyatakan bahwa dataran pantai terbentuk pada 120.000 tahun yang lalu, dan Holosen (kurang dari 5.100 tahun yang lalu). Mereka juga menyebutkan bahwa karakter dari morfologi mulut sungai atau muara dipengaruhi oleh perulangan dari punggungan pasir dan rawa, pasir dan erosi pantai, dan ketidak selarasan dari punggungan pasir pantai yang berhubungan dengan periode pembentukan pasir. Dengan demikian tingkat derajat kebundaran sangat bervariasi di tempat tersebut. Gejala-gejala yang mereka kemukakan, umumnya terekam dalam sistem alur sungai di daerah penelitian.

KESIMPULAN

- Sedimentologi dan stratigrafi Plistosen Akhir– Holosen sepanjang Medan hingga Belawan adalah merupakan perkembangan dari dataran rendah aluvial hingga dataran rendah pantai. Bentang alam wilayah tersebut selama pembentukan Interval II mempunyai kemiripan dengan kondisi daerah Belawan sekarang. Oleh karena itu, rangkaian sedimentologi seperti: pasokan material, menyusut dan meluasnya lingkungan rawa dan rawa bakau, dan sebaran dari fasies linier klastika menjadi penting untuk direkonstruksi. Sebaliknya, runtunan stratigrafinya cenderung dipengaruhi oleh berubahnya sirkulasi iklim dan naik-turunnya muka laut mengikuti perubahan global.
- Komposisi litologi di daerah dataran pantai khususnya pada Holosen adalah sangat terkait dengan perubahan dari muka laut, pertama pasokan material umumnya berasal dari daratan dikala muka laut rendah. Proses tersebut diikuti oleh dominanya pasokan material yang berasal dari laut, yang pada akhirnya ciri pasokan materialnya adalah

percampuran dari daratan dan fasies endapan yang terbentuk sebelumnya.

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan pemboran yang dilakukan adalah berhubungan dengan Proyek Pusat Survei Geologi. Atas izinnya menggunakan data tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi, Badan Geologi

PUSTAKA

- Allen, J.R.L., 1965. A review of the origin and character of recent sediments. *Sedimentology*, 5, 89-191.
- Baeteman, C., 2004. A Discussion of Gullentops, F. & De Moor, G. (2001): Quaternary lithostratigraphic units (Belgium). 2.2 Remaining marine-estuary deposits. *Gweologica Belgica*, 2001, 4/1-2:153-164. *Geologica Belgica*, 7/1-2:77-78. http://www.geosum3d.de/cms/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=2
- Baldwin, W.E., Morton, R.A., Putney, T.R., Katuna, M.P., Harris, M.S., Gayes, P.T., Driscoll, N.W., Denny, J.F. and Schwab, W.C., 2006. Migration of the Pee Dee River System inferred from ancestral paleochannels underlying the South Carolina Grand Strand and Long Bay inner shelf. *Geological Society of America*, Vol. 118, no. 5-6, p. 533-549.
- Berger, A., 1988. Milankovitch theory and climate. *Rev. Geophys.*, 26, 624-657.
- Cameron, N.R., Aspden, J.A., Bridge, D., McC., Djunuddin, A., Ghazali, S.A., Harahap, H., Hariwidjaja, S., Johari, Kartawa, W., Keats, W., Ngabito, H., Rock, N.M.S dan Whandoyo, H., 1982. *Peta Geologi Lembar Medan, Sumatra*, Skala 1 : 250.000, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Jordan, J.W., 1999. Late quaternary sea-level change in southern Beringia: coastal paleogeography of the western Alaska Peninsula. <http://es.epa.gov/ncer/fellow/progress/96/jordanja99.html>, Progress Report, EPA Grant Number: U915030, *University of Wisconsin-Madison*, 2p.
- Kadosh, D., Sivan, D., Kutiel, H., Weinstein-Evron, M., 2004. A Late Quaternary Paleoenvironment from Dor, Carmel Coastal Plain, Israel, 2004. *Palynology*, v. 28;1, p. 143-157. <http://palynology.geoscienceworld.org/cgi/content/abstract/28/1/143>.
- Kutzbach, J.E., dan Street-Perrot, F.A., 1985. Milankovitch forcing of fluctuations in the level of tropical lakes from 18 to 0 kyr BP. *Nature*, Vol. 317, 130-134.
- Martin, Louis, Suguio, K., Flexor, J.M., Dominguez, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P., 1996. Quaternary Sea-Level History and Variation in Dynamics along the Central Brazilian coast: Consequences on Coastal Plain Construction. *Avano*, a marine and aquatic sciences OAI harvester, <http://www.ifremer.fr/avano/notices/00044/981.htm>.
- Marchesini, L., Amorosi, A., Cibin, U., Zulfa, G.G., Spado, E. And Preti, D., 2000. Sand Composition and Sedimentary Evolution of a Late Quaternary Depositional Sequence, Northwestern Adriatic Coast, Italy. *Journal of Sedimentary Research*, July 2000, v. 70, no. 4, p.829-838. Research Articles, <http://www.jsedres.sepmonline.org/cgi/content/abstract/70/4/829>.
- Martin, L., Suguio, K., Jean-Marie Flexor, Tessler, M, and Eichler, B., 1985. Roundness in Holocene Sands of the Paraíba do Sul Coastal Plain, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*, Vol. 1, No.4, 343-351.
- Overpeck, J.T., Anderson, D., Trumbore, S., dan Prell, W., 1996. The south-west Indian Monsoon over the last 18.000 years. *Clim. Dyn.*, Vol. 12, 213-225.
- Perlmutter, M.A. dan Matthews, M.A., 1989. Global Cyclostratigraphy. In: T.A. Cross (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, 233-260.
- Reineck, H.E. dan Singh, I.B., 1980. *Depositional Sedimentary Environments*, Springer – Verlag, Berlin, 549 p.
- Williams, M.A.J., Dunkerley, D.L., De Decker, P., Kershaw, A.P., Stokes, T.J., 1993. *Quaternary Environments*. Edward Arnold, A division of Hodder & Stoughton, London New York Melbourne Auckland, 329 p.
- Wongsosentono, S., 1984. *Peta Geologi Medan sekitarnya*, skala 1: 100.000, Direktorat Tata Lingkungan, Bandung, Tidak Dipublikasikan.