

PERUBAHAN LINGKUNGAN ENDAPAN KUARTER DI DAERAH MANADO DAN SEKITARNYA, SULAWESI UTARA

Santoso *)

SARI

Sembilan data bor di bawah permukaan, perkembangan dan karakter fasies sedimen Kuartar di daerah penelitian dapat dibagi menjadi fasies-fasies sebagai berikut: cekungan banjir (Fcb), pantai pasang-surut (Fpps), rawa (Fr), alur sungai (Fas), erupsi gunung api (Feg), erupsi gunung api yang dipengaruhi media air (Fegm), pantai (Fp), dan laut dekat pantai (Fldp).

Korelasi rangkaian fasies, memperlihatkan lingkungan pengendapan purba yang dapat dibedakan menjadi tiga periode yang dicirikan oleh pengaruh genang laut dan susut laut. Perkembangan lingkungan pengendapan tersebut memberikan gambaran bahwa posisi garis pantai dari waktu ke waktu mengalami perubahan. Kemungkinan, peristiwa ini merupakan hasil suatu perubahan sistem pengendapan yang berhubungan erat dengan kejadian tektonik.

Kata-kata kunci: fasies, lingkungan pengendapan purba, permukaan laut, tektonik

ABSTRACT

Based on nine data from subsurfaces, the development of specific Quaternary sediments in the studied area is controlled by facies of floodbasin (Fcb), beach to transitions/tidal (Fpps), swamp (Fr), channel river (Fas), volcanic eruption (Feg), volcanic eruption which is influenced by water (Fegm), beach (Fp), and nearshore (Fldp).

Correlation of successions of facies reflects the deposition of palaeoenvironment that is able to be divided into three periods, characterized by transgression and regression events. The development of the palaeoenvironment of deposition indicates that the position of shoreline changed from time to time. Perhaps, this is the result of changes in the depositional regime which is closely related to tectonic events.

Keywords: facies, deposition of paleoenvironment, sea surface, tectonic

PENDAHULUAN

Manado sebagai ibukota Propinsi Sulawesi Utara, merupakan wilayah pesisir atau bagian dari kawasan teluk Manado (Gambar 1). Akhir-akhir ini di tempat tersebut sedang giat-giatnya dilakukan pembangunan, bahkan proyek reklamasi secara besar-besaran dilakukan guna mengembangkan pusat kota/ sarana perbelanjaan dan perkantoran. Hal ini berarti, wilayah yang tadinya merupakan lingkungan pesisir sampai laut telah berubah fungsi. Oleh karena itu, informasi sumber daya lahan perlu diperhatikan, seperti: litologi, fasies, dan lingkungan pengendapannya, termasuk sejarah perkembangan dan pertumbuhan lahan terutama lingkungan purba. Aspek yang dimaksud berkaitan dengan konfigurasi bentang alam purbanya, yang merupakan tujuan utama dari pembahasan makalah ini. Setidaknya-perkembangan garis pantai purba di daerah ini perlu dipahami, supaya turun-naiknya permukaan laut di masa lalu dan mendatang dapat dipelajari,

sehingga hubungannya dengan perubahan global dapat diketahui.

Secara global, daerah pesisir pada umumnya ditandai oleh suatu aktifitas genang laut yang terjadi pada Plistosen akhir, dan berbagai literatur menyatakan bahwa selama kurun waktu tersebut naik-turunnya permukaan laut sangat terkait dengan perubahan iklim secara universal, masa glasiasi dan interglasiasi global. Oleh karena itu, perubahan garis pantai di daerah penelitian dapat dijadikan korelasi perubahan tersebut yang notabene identik dengan berubahnya morfologi di tempat tersebut. Peristiwa tersebut merupakan rekaman yang menerus berubahnya lingkungan sebagai penjelmaan periode dari efek eksternal selama proses sedimentasi. Proses eksternal yang dimaksud adalah perubahan iklim, tektonik, permukaan laut, dan evolusi biotik (Walker dan James, 1992). Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini antara lain adalah: (a) mendeskripsikan litologi dan fasies endapannya, (b) mengetahui

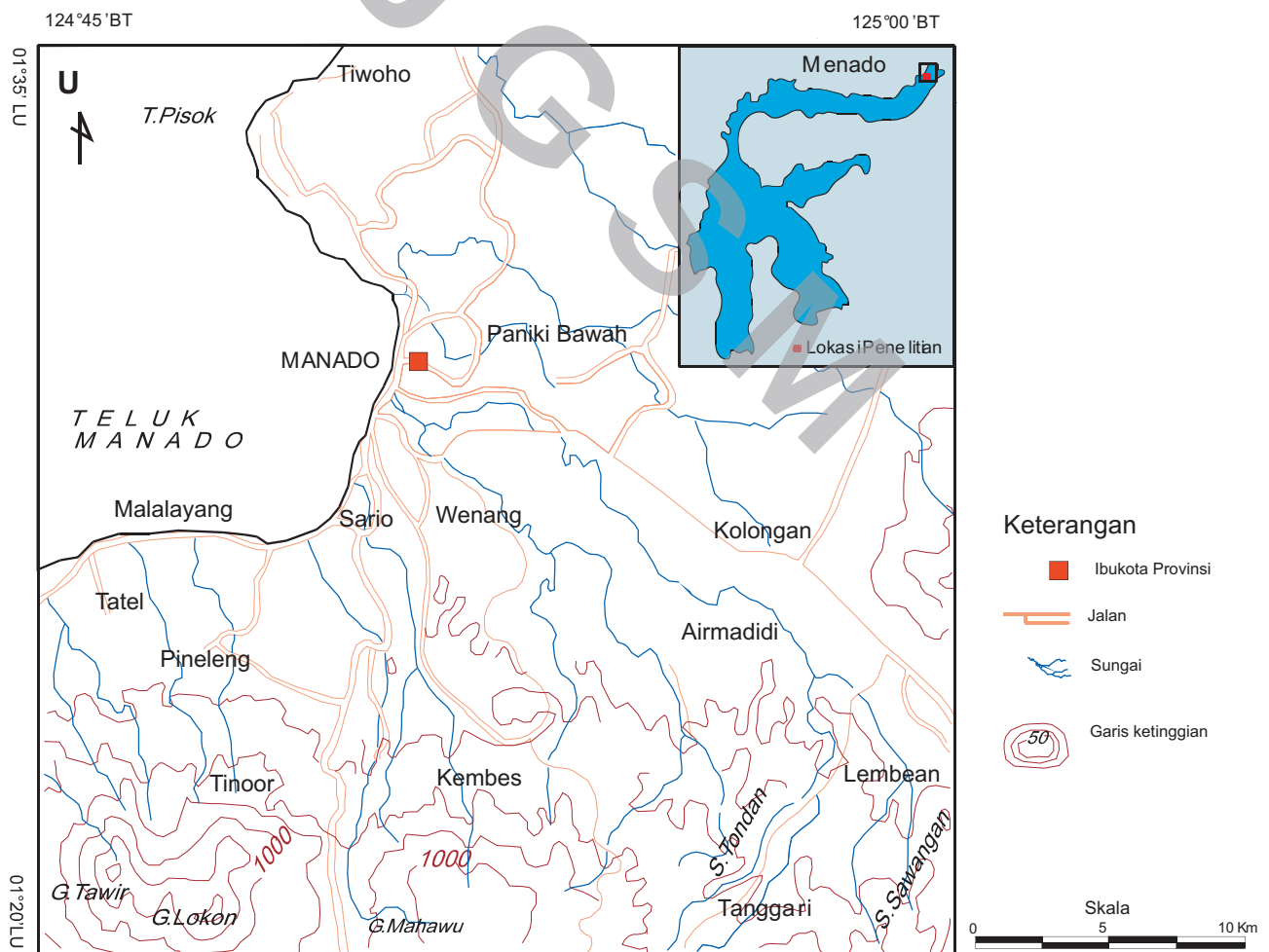
*) Pusat Survei Geologi

perubahan susunan lapisannya secara lateral dan vertikal, (c) menelaah faktor kontrol pembentukan fasies endapannya, dan (d) mendiskusikan perubahan lingkungan pengendapannya.

Metode

Di kota Manado dan sekitarnya telah dilakukan pemboran sebanyak sembilan titik bor terpilih, yakni di daerah pasang surut, sedangkan korelasi titik lokasi pemboran ke titik lainnya terfokus di sekitar alur sungai utama. Diharapkan pada pengukuran di elevasi demikian, proses-proses pasang surut masa lalu dapat direkam. Metode penelitian adalah data lapangan yang diperoleh dari pemboran tangan. Data pemboran tangan tersebut diekspresikan dalam penampang tegak berskala 1:100. Litologi endapan Kuartar hasil pemboran dangkal telah diamati dan dipelajari secara kualitatif, sedangkan analisa laboratorium belum dimasukkan di dalam naskah ini. Secara kualitatif satuan litologi dikelompokkan

menjadi fasies. Setiap perubahan fasies baik secara tegas ataupun berangsur yaitu berdasarkan warna, pelapukan, komposisi mineral yang dikenali secara kasat mata, ukuran butiran dan ciri lainnya diplot pada penampang vertikal. Selanjutnya, masing-masing titik pemboran dikorelasikan dan dirangkaikan menjadi suatu susunan kesatuan litologi yang dapat dibedakan satu sama lainnya seperti layaknya sebuah bangunan tubuh endapan sedimen (*architectural sediment bodies*). Korelasi ditekankan pada perubahan fasies secara spesifik baik lateral maupun vertikal. Dari rangkaian susunan interval sedimen tersebut, maka sistem pengisian cekungan dapat ditelusuri lebih lanjut, khususnya yang berhubungan dengan aspek sedimentologi dan stratigrafi. Selanjutnya, mekanisme pembentukan endapan tersebut dapat diketahui, termasuk mekanisme proses internal dan eksternal di dalam sedimen. Pada akhirnya satuan fasies perubahan lingkungan masa lalu dapat direkonstruksi.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian daerah Manado dan sekitarnya, Sulawesi Utara.

Geologi

Daerah penelitian berada dalam kawasan Kota Manado, Sulawesi Utara, yang secara regional dibatasi oleh 2°20' dan 235' LS serta 12445' dan 125°00' BT (Gambar 1). Bentang alamnya merupakan wilayah pesisir yang berbatasan dengan daerah perbukitan, perbukitan bergelombang, dan pegunungan. Suharsono drr. (2003) menyebutkan bahwa sebagian besar daerah penelitian termasuk ke dalam morfologi dataran banjir (Gambar 2), yang dibatasi oleh morfologi dataran aluvial dan dataran antar gunung. Morfologi perbukitan, perbukitan bergelombang, dan pegunungan termasuk ke dalam kawasan perbukitan vulkanik yang telah dibagi secara rinci. Morfologi dataran banjir yang merupakan bagian daerah penelitian terletak pada ketinggian kurang dari 23 meter (dpl), meliputi dataran sungai, rawa, dan pasang surut.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara berskala 1:250.000 (Effendi dan Bawono, 1997), satuan batuan yang menyusun daerah Manado dan sekitarnya terdiri atas aluvium (Qal) berupa bongkah, kerakal, kerikil, pasir, dan lumpur (Gambar 3). Semakin tinggi wilayah ini semakin ditutupi oleh batuan gunung api dan endapan laut berumur Kuartar, berupa endapan danau dan sungai yang terdiri atas pasir, lanau, konglomerat, dan lempung napalan (Qs); batugamping terumbu koral (Ql); batuan gunung api muda yang terdiri atas lava, bom, lapili dan abu (Qv); dan batuan gunung api tua yang terdiri atas andesit (Qtv). Batuan gunung api tua tersebut dikenal sebagai tuf Tondano berumur Plio-Plistosen. Di bagian timur laut tersingkap batuan Tersier (Tps) yang terdiri atas breksi (berkomposisi andesit piroksen) dan batupasir terutama breksi-konglomerat kasar, berselingan dengan batupasir berbutir halus hingga kasar (grewak), batulanau dan batulempung berwarna kelabu-kecoklatan.

GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN

Litologi dan Fasies Pengendapan

Data pembaran yang berjumlah sembilan (ST 1- ST 9) (Gambar 4), diambil dari Peta Geomorfologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Skala 1 : 100.000 (Suharsono, drr., 2003). Hasil pemerian data litologi pembaran dangkal tersebut, sedimen Kuartar bawah permukaan di daerah penelitian dibedakan menjadi fasies-fasies lingkungan pengendapan, yaitu: cekungan banjir (Fcb), pantai-pasang surut (Fpps),

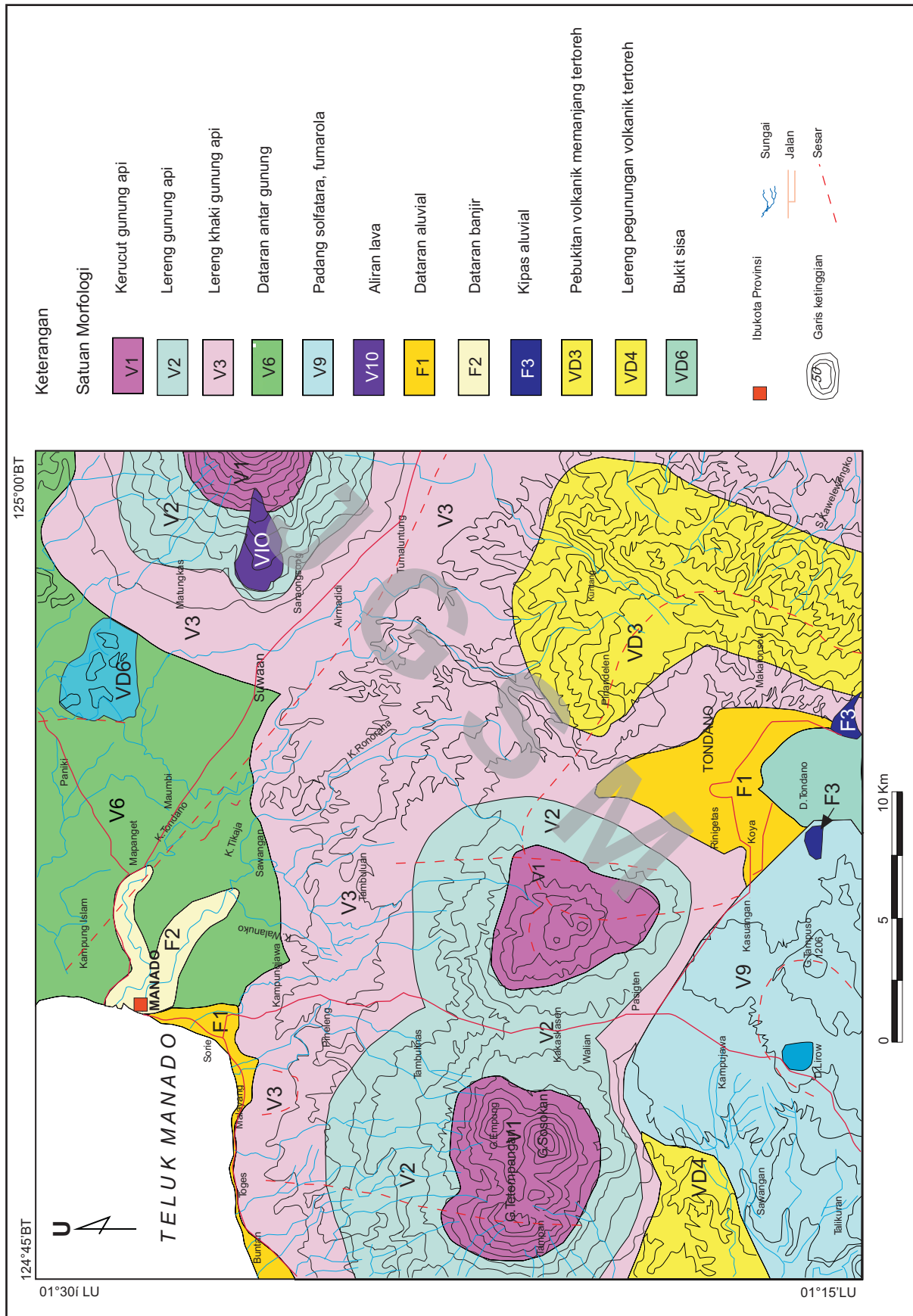
rawa (Fr), alur sungai (Fas), erupsi gunung api (Feg), erupsi gunung api yang pengendapannya dipengaruhi media air (Fegm), pantai (Fp), dan laut dekat pantai (Fldp). Pemerian semua ciri-ciri litologi setiap kelompok fasies tersebut ada pada Gambar 5.

Fasies cekungan banjir (Fcb)

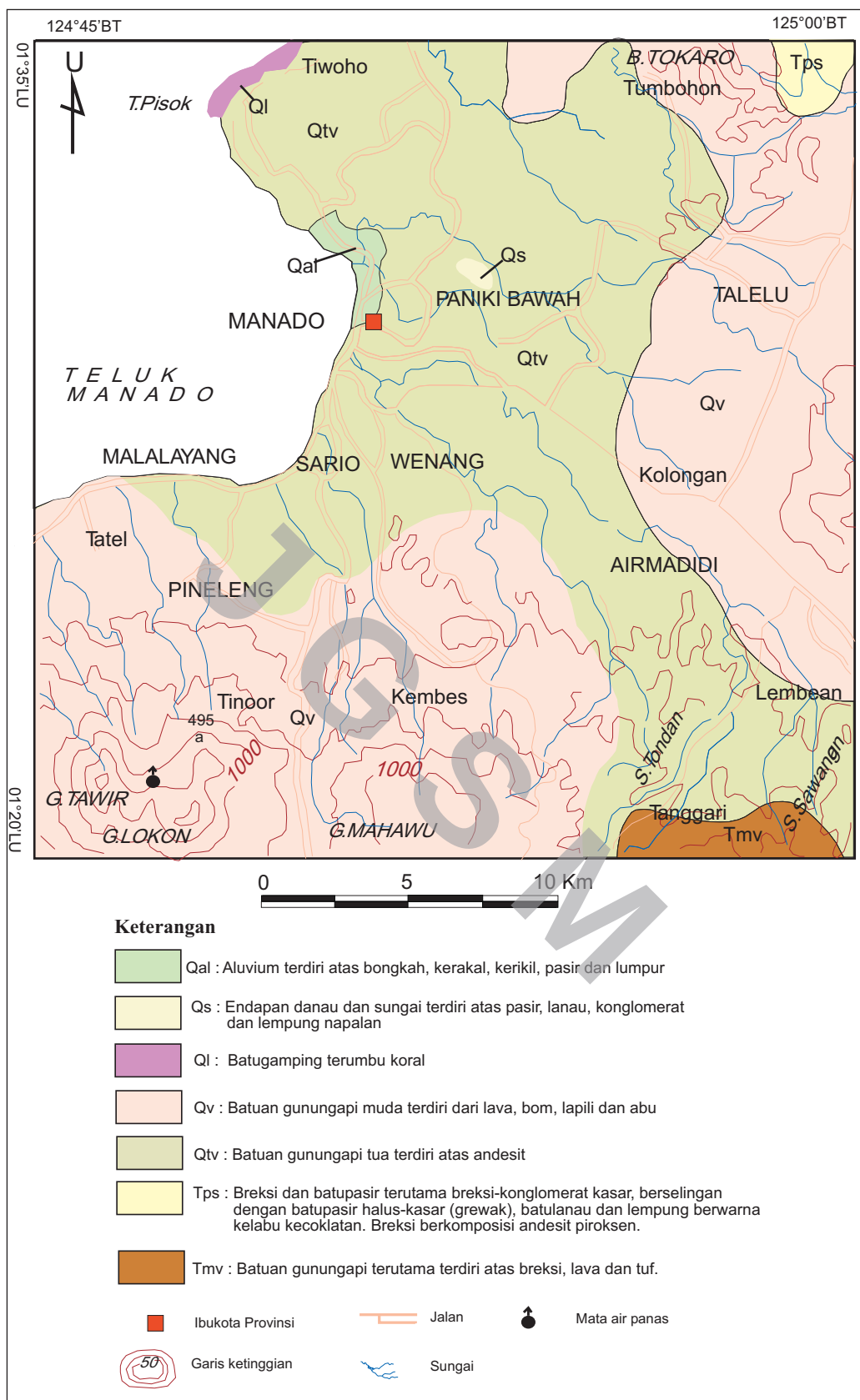
Fasies ini tersusun oleh pasir lanauan sampai lempungan, lanau pasiran, lempung, kadang-kadang mengandung lempung tufan. Ciri utama fasies ini adalah berwarna coklat kehitaman sampai coklat kelabu, berstruktur bola lempung (*clay ball*) dan kadang-kadang mengandung kepingan cangkang kerang (*bivalve*), agak lunak mengandung sedikit sisa tumbuhan. Interval-interval tertentu memperlihatkan laminasi, namun tidak jelas. Tebal keseluruhan berkisar antara 3-35 m. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai endapan cekungan banjir (*floodbasin deposits*). Berdasarkan ciri dan jenis litologi, fasies Fcb dapat dibagi menjadi lapisan atas dan bawah. Lapisan bawah memperlihatkan warna yang lebih gelap dibanding lapisan bagian atas. Selain itu, lapisan bawah tersebut dikuasai oleh batuan berbutir halus seperti lempung dan lanau, berwarna coklat tua, lunak, kaya sisa tumbuhan dengan kadar air rendah (<5%), dan mengandung cangkang kerang (*bivalve*). Sedangkan lapisan atasnya memperlihatkan warna yang lebih terang serta berbutir lebih kasar, berwarna coklat tua, agak lunak, sisa tumbuhan berupa potongan kayu dan akar yang jumlahnya banyak dan semakin berkurang ke arah atas serta berwarna coklat kemerahan. Fasies ini merupakan gabungan dari endapan-endapan dataran banjir yang berasal dari pelimpahan sungai, rawa, dan mungkin rawa bakau yang dipengaruhi oleh arus pasang-surut.

Fasies pantai- pasang surut (Fpps)

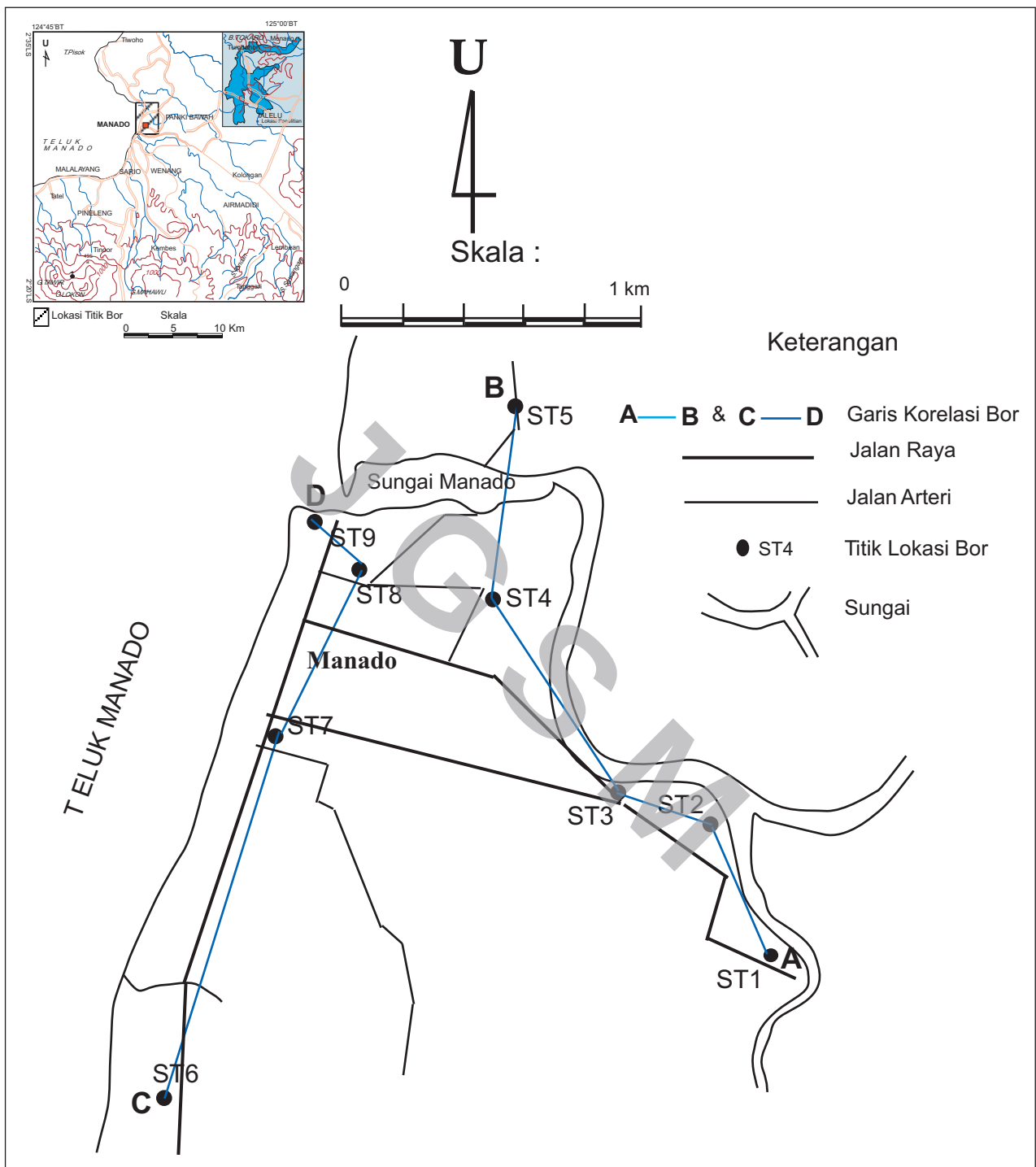
Litologi fasies ini terdiri atas lempung pasiran dengan sisipan pasir. Ciri fisik fasies ini adalah berwarna coklat tua dan lunak, mengandung cangkang kerang (*bivalve*) yang berkurang ke arah atas dan digantikan oleh sisa-sisa kayu dengan lapisan tipis pasir berwarna coklat kehitaman. Kemungkinan litologi demikian dipengaruhi oleh arus pasang surut dan termasuk ke dalam endapan pasang-surut/transisi (*transition deposits*). Bagian tengah ditempati oleh lempung bergambut yang berselang-seling dengan lapisan tipis pasir setebal 2-3 cm, berwarna coklat tua hingga kelabu, sangat lunak dengan kandungan



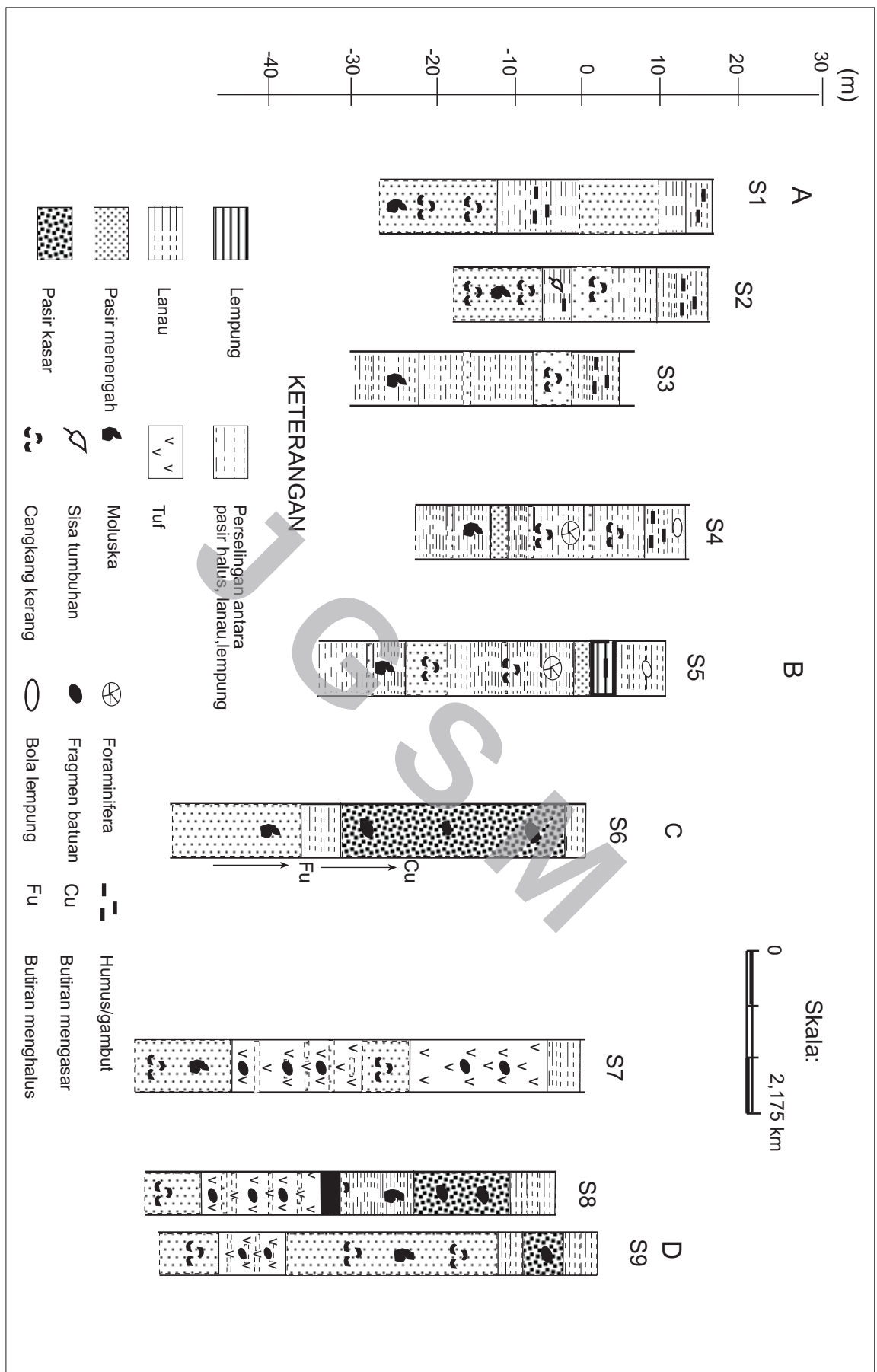
Gambar 2. Peta geomorfologi daerah Manado dan sekitarnya, Sulawesi Utara (Suharsono, drr., 2003).



Gambar 3. Peta geologi daerah Manado dan sekitarnya, Sulawesi Utara (Effendi dr, 1997).



Gambar 4. Peta lokasi titik bor daerah Manado.



Gambar 5. Data pemboran lintasan A-B dan C-D daerah Manado dan sekitarnya.

cangkang kerang (*bivalve*) yang tidak begitu banyak termasuk endapan pasang surut/transisi dimana pengaruh arus pasang surut semakin dominan. Semakin ke arah atas lebih didominasi oleh lempung gambutan dengan ketebalan antara 2-4 m yang bagian bawahnya mengandung sisa-sisa tumbuhan. Fasies ini berwarna coklat kehitaman hingga coklat kelabu, berhumus mengandung cangkang kerang (*bivalve*) yang berkurang ke arah atasnya berganti menjadi sisipan lapisan pasir setebal 2-10 cm. Arus pasang surut sangat mempengaruhi pembentukan fasies tersebut. Semakin atas semakin ditutupi oleh lempung berhumus setebal 1,5 m, berwarna abu-abu gelap bersisipan pasir dengan tingkat kebasahan tinggi (>50%), dan mengandung cangkang kerang (*bivalve*). Pengaruh arus pasang surut terhadap pembentukan fasies ini terlihat semakin dominan. Tebal seluruh fasies Fpps adalah 8-35 m.

Fasies rawa (Fr)

Fasies ini penyebarannya setempat, yaitu pada lokasi ST2, dengan ketebalan 4,7 m. Litologinya terdiri atas lempung sedikit bergambut, berwarna coklat tua kehitaman, sangat lunak dengan nilai kebasahan tinggi, mengandung sisa-sisa tumbuhan dan potongan kayu. Di bagian bawah, litologi ini menindih pasir bercangkang kerang (*bivalve*) yang ke arah atas secara berangsur hilang, diganti oleh lapisan lempung abu-abu kehijauan dengan laminasi tipis setebal 10 cm. Fasies ini diinterpretasikan sebagai endapan rawa.

Fasies alur sungai (Fas)

Sebaran fasies ini adalah di dekat daerah sepanjang pantai kini, yaitu pada lokasi-lokasi ST6, ST8, dan ST9 yang terdiri atas kerakal dan kerikil sampai pasir sangat halus yang umumnya didominasi oleh pasir berukuran butir menengah. Secara kasat mata, fasies ini berwarna abu-abu hingga abu-abu kuning kecoklatan, dan coklat-kuning; bentuk butiran membulat tanggung-menyudut; tersusun oleh kepingan kuarsa, kepingan batuan dan material vulkanik serta sedikit felspar. Umumnya pemisahan butiran sempurna serta mengandung sisa tumbuhan pada pasir berbutir sangat halus. Pasir ini menunjukkan butiran yang menghalus ke arah tengah dan kembali mengasar ke bagian atasnya. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai fasies alur sungai (Fas). Ketebalan interval Fas ini berkisar antara 5-30 m yang pada umumnya bagian

bawahnya berhubungan erat dengan fasies dataran banjir, laut dekat pantai, dan pantai. Sedangkan pada bagian atasnya secara berangsur beralih menjadi fasies cekungan banjir.

Fasies erupsi gunung api (Feg)

Fasies ini dijumpai pada lokasi ST7 dengan ketebalan ± 20 m. Litologinya dicirikan oleh lempung tufan, pasir tufan, dan tuf, berselang-seling dengan lapisan pasir yang tebalnya tersusun secara teratur, tingkat konsistensi keras sampai sangat keras, abu-abu muda hingga abu-abu kekuningan, mengandung material dan pecahan batuan serta gelas vulkanik. Jenis litologi ini merupakan endapan yang berasal dari batuan gunung api muda berumur Plistosen Atas hingga Holosen.

Fasies erupsi gunung api yang dipengaruhi medium air (Fegm)

Fasies ini terdiri atas lempung tufan, pasir tufan dan tuf berwarna abu-abu terang sampai gelap, kadang kala kekuningan, mempunyai tingkat konsistensi keras. Lapisan ini banyak mengandung pecahan batuan vulkanik, gelas vulkanik, dan setempat terdapat lapisan tipis tuf berwarna coklat kekuningan yang diyakini sebagai fasies piroklastika. Ketebalan fasies ini berkisar antara 10-20 m yang diketemukan pada lokasi ST7, ST8, dan ST9. Batas interval bagian bawah dan atas ditandai oleh perubahan yang berangsur menjadi pasir pantai, meskipun kadang kala dijumpai lapisan tipis lempung pasiran berwarna hijau kelabu. Fasies ini merupakan hasil erupsi gunung api muda dan kemudian melalui media air diendapkan di daerah pesisir dan dipengaruhi oleh turun-naiknya permukaan laut.

Fasies pantai (Fp)

Fasies ini terdiri atas pasir berbutir halus sampai menengah, berwarna abu-abu muda, urai dengan tingkat kebasahan relatif sedang, membundar baik dengan sedikit kandungan sisa tumbuhan. Ketebalan fasies ini > 20 m, dan diduga termasuk endapan pantai (Fp). Interval bawah litologi Fp ini terdiri atas pasir sangat kasar, berwarna abu-abu muda, urai, kandungan air relatif sedang sampai tinggi, terpilah buruk, mengandung kuarsa dan fragmen batuan gunung api, membulat tanggung-menyudut tanggung. Sedangkan pada bagian interval atasnya dicirikan oleh pasir berwarna kelabu tua, berbutir halus sampai menengah, mengandung sisa

tumbuhan serta pecahan cangkang kerang *bivalve* dan moluska, urai, kadar air rendah dengan butiran membulat tanggung - menyudut tanggung. Fasies pantai ini umumnya berubah secara lateral menjadi fasies laut dekat pantai.

Fasies laut dekat pantai (Fldp)

Bagian bawah fasies ini terdiri atas lanau, lanau pasir dan pasir lanauan berlempung; lengket dan lunak - sangat lunak; berwarna abu-abu kehijauan hingga hijau; mengandung foraminifera dan cangkang kerang. Litologi ini diinterpretasikan sebagai endapan laut dekat pantai dengan ketebalan antara 10-28 m, sedangkan bagian atas fasies relatif tidak jauh berbeda, yaitu terdiri atas lempung, lanau, lempung lanauan yang berwarna abu-abu kebiruan sampai abu-abu gelap, mengandung cangkang moluska dan fosil foram kecil, bentos, kadang-kadang mengandung sisa-sisa tumbuhan dan unsur organik lainnya. Makin ke arah bawah dijumpai sisipan pasir halus yang mengandung fosil moluska.

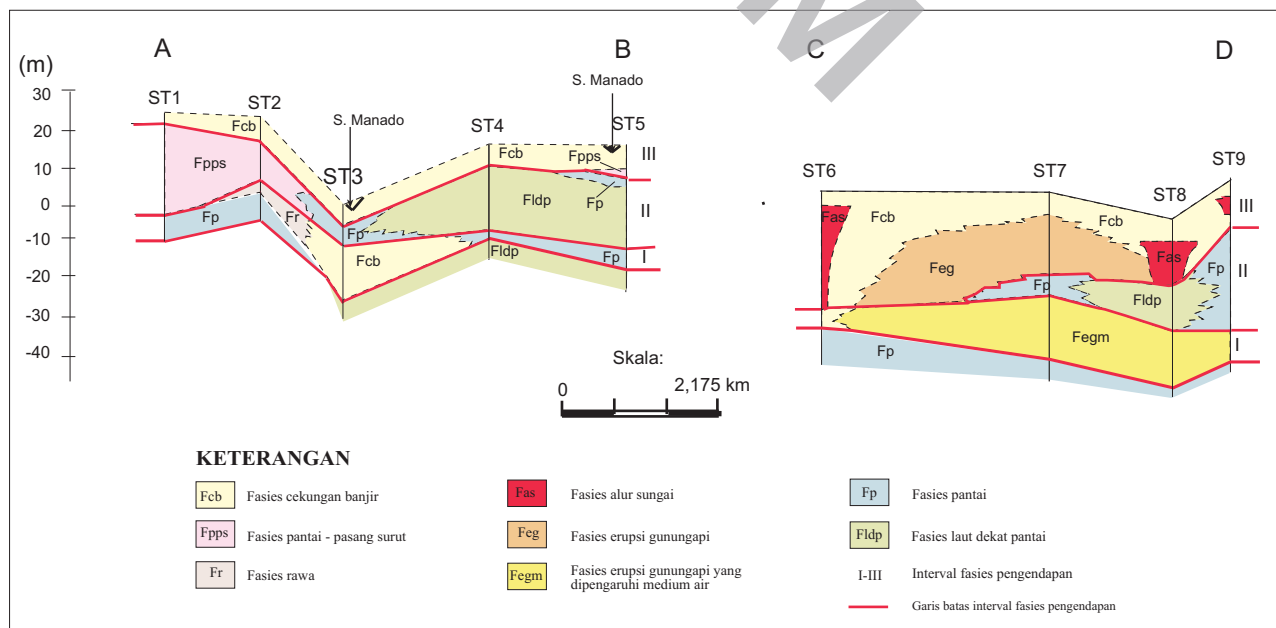
PERUBAHAN SIKLUS LINGKUNGAN PENGENDAPAN

Perubahan lateral dan vertikal siklus fasies sedimen

Dilihat dari susunan rangkaian fasies di daerah penelitian (Gambar 6), bagian bawah proses pengendapan cekungan ini diawali oleh suatu pembentukan endapan laut dekat pantai (Gambar 6/

penampang A-B). Ke arah atasnya di sekitar pantai kini (Gambar 6/penampang A-B) dicirikan oleh suatu pengendapan dan pembentukan endapan rawa setempat (ST2) yang secara lateral menjemari dengan endapan cekungan banjir. Namun, ke arah darat (Gambar 6/penampang C-D) ditandai oleh pembentukan fasies erupsi gunung api yang diendapkan dengan media air, dan menjemari sedikit dengan cekungan banjir. Data penampang ke arah atas berubah menjadi endapan pantai dan laut dekat pantai (Gambar 6/penampang C-D), sedangkan ke arah laut fasies tersebut berhubungan erat dengan fasies pantai hingga pasang surut sebagaimana terlihat di penampang A-B, Gambar 6, namun tidak demikian di penampang C-D, Gambar 6. Proses pengendapan selanjutnya dicirikan oleh naiknya permukaan laut yang menghasilkan endapan cekungan banjir yang berlangsung di dekat pantai sekarang, namun semakin ke arah darat yang sekarang di samping berkembang lingkungan cekungan banjir, juga terbentuk proses alur-alur sungai (Fas) yang dipengaruhi oleh hasil kegiatan erupsi gunung api (Feg).

Secara umum, pengisian cekungan di atas ditandai oleh suatu perubahan dari kondisi permukaan air laut tinggi, menjadi permukaan air laut rendah, dimana posisi garis pantai saat itu berkisar pada lokasi ST1, ST2, ST3, ST4 dan ST5. Dari perulangan perubahan secara lateral dan vertikal tersebut, maka suatu siklus turun-naiknya permukaan laut dapat



Gambar 6. Garis penampang A-B & C-D menunjukkan korelasi litofasies endapan Kuartar di daerah Manado dan sekitarnya.

ditafsirkan sebagai berikut : (a) interval fasies pengendapan I, dimana kondisi permukaan laut ketika itu tinggi, (b) interval fasies pengendapan II, ditandai oleh kondisi permukaan laut rendah, dan (c) interval fasies pengendapan III, yaitu kondisi dimana permukaan air laut tinggi.

Dari rangkaian urutan sedimentasi di atas, maka karakter cekungan tersebut memberikan indikasi, sebagai berikut:

1. Memperlihatkan suatu perulangan siklus pengendapan pada perkembangan lingkungan dari waktu ke waktu, terutama ketika peristiwa turun-naiknya permukaan laut.
2. Menunjukkan suatu perubahan perkembangan lingkungan pengendapan baik secara lateral maupun vertikal, terutama perkembangan perubahan posisi garis pantai purba.
3. Adanya suatu perulangan pengisian material erupsi gunung api.

Dinamika Perubahan Siklus Lingkungan Purba

Dari hasil rekonstruksi endapan sedimen Kuartar di daerah ini, dapat dibuat blok diagram paleogeografi yang menggambarkan siklus akumulasi pengendapan purba. Dari diagram blok tersebut selanjutnya dapat terlihat pola sebaran fasies dari lingkungan

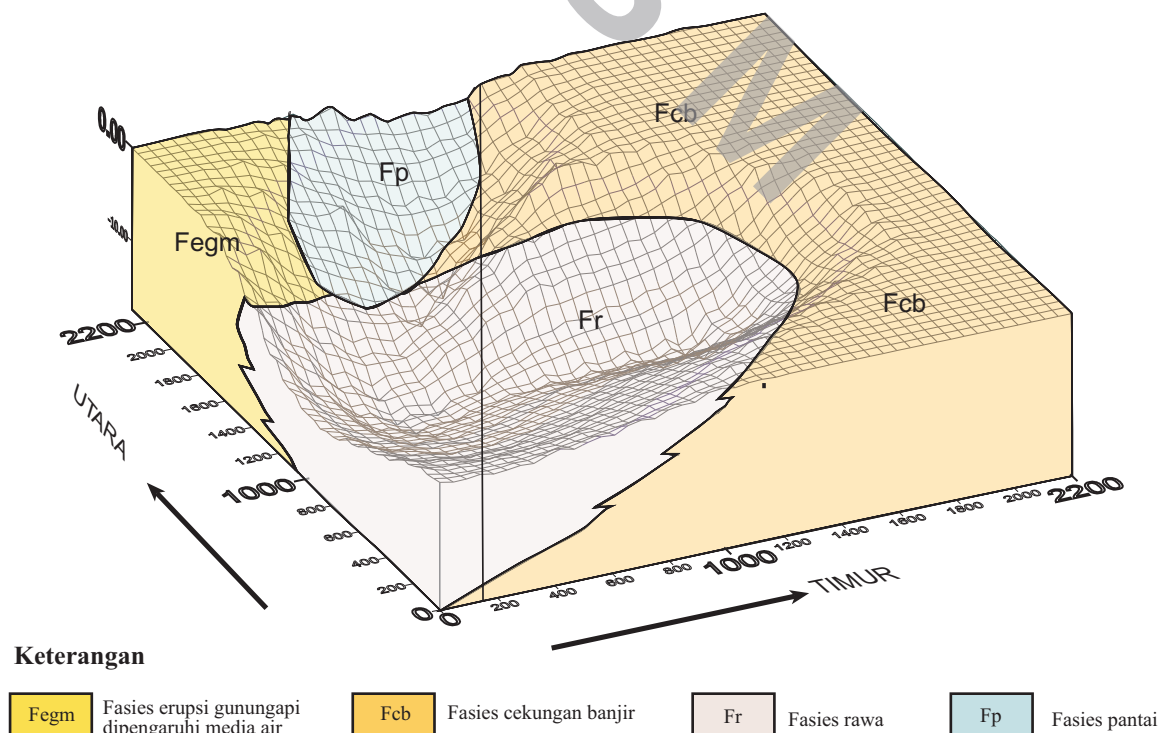
serta dimensi perubahannya berdasarkan periode pengendapannya (Gambar 7, 8, dan 9).

a. Siklus Lingkungan purba periode I

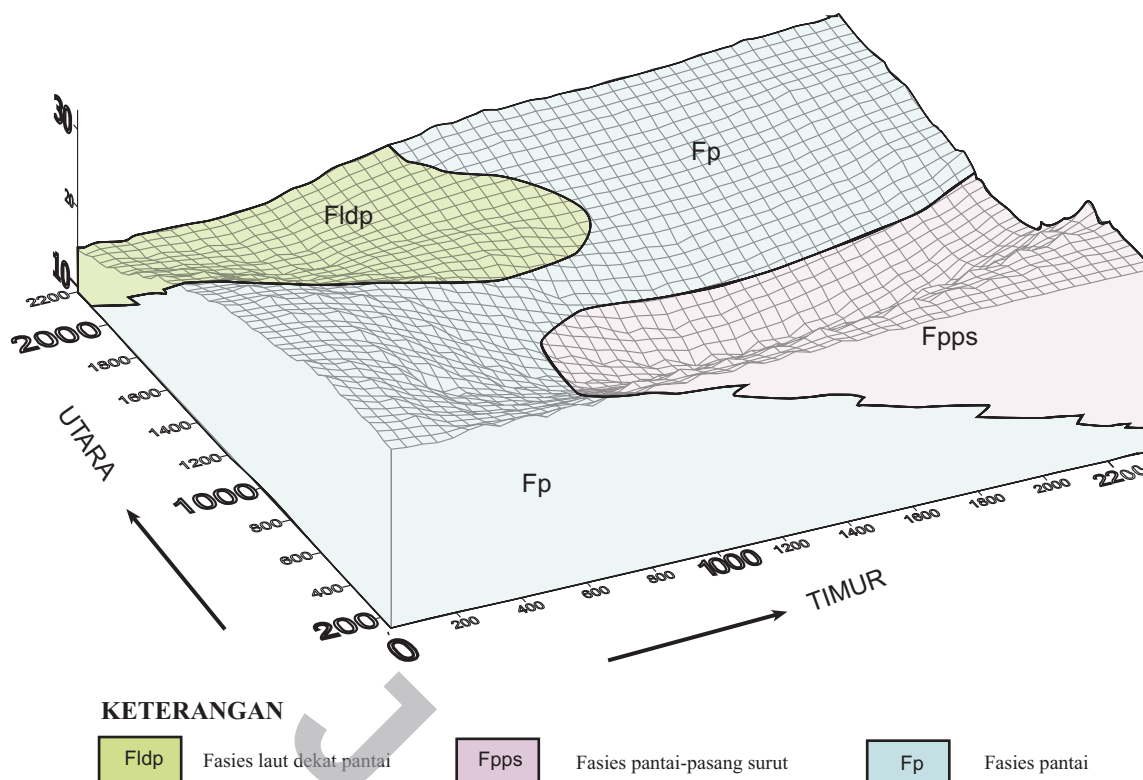
Periode ini ditandai oleh posisi laut lepas yang berada di utara, sedangkan ke arah selatannya berkembang cekungan darat yang arah sumbu cekungannya kurang lebih hampir barat-timur (Gambar 7). Lingkungan cekungan banjir ketika itu kemungkinan diisi oleh bahan yang berasal dari pasokan material hasil erupsi gunung api, arus pasang-surut, dan rawa.

b. Siklus Lingkungan purba periode II

Tidak ada tanda-tanda yang berarti terhadap pergeseran pusat sumbu cekungan sebelumnya. Arah sumbu utama cekungan di daratan yang sebelumnya barat-timur, selanjutnya diisi oleh endapan hasil aktifitas gelombang dan arus pasang surut yang menghasilkan endapan pantai dan pantai pasang-surut dimana ketika itu permukaan air laut naik (Gambar 8). Sedangkan perubahan bentuk garis pantai di kala maksimum permukaan laut kelihatannya mengalami sedikit pergeseran dari posisi sebelumnya, yaitu sumbu cekungan yang semula berarah hampir timur laut-barat daya (Gambar 7) berubah arah menjadi barat laut-tenggara (Gambar 8).



Gambar 7. Diagram blok paleogeografi siklus lingkungan purba periode I daerah Manado dan sekitarnya.



Gambar 8. Diagram blok paleogeografi siklus lingkungan purba periode II daerah Manado dan sekitarnya.

c. Siklus Lingkungan Purba Periode III

Pada periode perubahan lingkungan III ini terlihat secara jelas setelah pasokan material erupsi gunung api, maka pada sistem lingkungan cekungan banjir membentuk 2 (dua) lembah dimana pada tempat tersebut berkembang sistem lingkungan alur sungai (Gambar 9). Arah sumbu-sumbu lembah tersebut adalah barat-timur. Lembah pertama yang terletak lebih ke selatan kurang lebih telah terbentuk sebelumnya meskipun ada pergeseran yang relatif kecil, sedangkan lembah yang terletak di utara kemungkinan terbentuk kemudian.

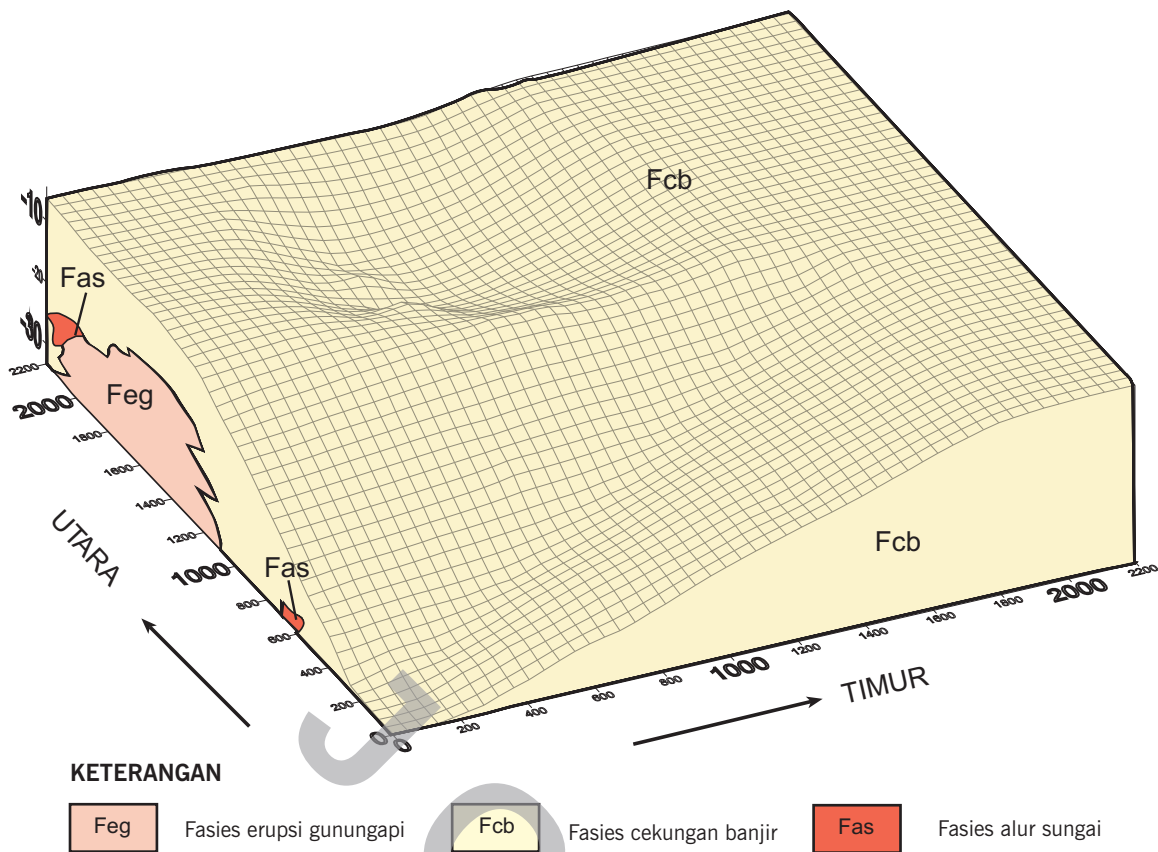
Puncak perkembangan lingkungan ini didahului oleh pasokan material yang bersumber dari gunung api di sekitar daerah pantai. Pengaruh energi pada proses sedimentasi saat itu relatif tenang, terbukti dengan tidak didapatkannya endapan pasang surut. Berpindahnya garis pantai dari kedudukan semula sebagai akibat terdapatnya produk letusan gunung api yang relatif dominan di bagian barat. Setidaknya-tidaknya gambaran ini memberi petunjuk bahwa tempat tersebut elevasinya adalah terendah, sehingga akumulasi pengendapan dapat berlangsung.

DISKUSI

Fasies dan Perubahan Siklus Lingkungan Pengendapan

Umumnya terbentuknya sedimen klastika di daerah pesisir banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti fisika, pasokan material, iklim, tektonik, dan permukaan laut (Elliot, 1986). Dinamika arus pasang-surut dan gelombang sebagai proses fisika sangat mempengaruhi perkembangan lingkungan di daerah penelitian, sedangkan efek pasokan material hasil kegiatan erupsi gunung api berlangsung pada pembentukan periode lingkungan I dan III. Sebaliknya kegiatan proses lingkungan darat seperti lingkungan rawa dan sistem sungai tidaklah berpengaruh besar. Secara umum bentuk dasar cekungan di daerah penelitian tidak jauh berbeda dengan kondisi sekarang (Gambar 4), dimana alur-alur sungai kini mengalir dari timur ke arah barat menuju pantai. Akan tetapi perubahan siklus fasies memberikan beberapa indikasi, bahwa:

1. Adanya perbedaan garis pantai pada bentuk garis pantai di kala periode I dan II, seharusnya sebagian besar lingkungan cekungan banjir pada periode I (Gambar 7) ditutupi oleh fasies laut di



Gambar 9. Diagram blok paleogeografi siklus lingkungan purba periode III daerah Manado dan sekitarnya.

kala permukaan air tinggi karena daerah tersebut berelevasi lebih rendah (Gambar 8). Oleh karena itu, tempat tersebut yang semula merupakan daerah cekungan, secara berangsur bergerak naik menjadi berelevasi relatif lebih tinggi akibat tektonik pengangkatan.

- Adanya perbedaan garis pantai antara lingkungan purba periode I dan II (Gambar 7 dan 8), pada hakekatnya berawal dari pengaruh pasokan material erupsi gunung api, akan tetapi arah-arah batas lingkungan laut dekat pantai (Gambar 8) berbeda dengan pola garis pantai semula (Gambar 7). Gejala ini memberikan indikasi bahwa perubahan lingkungan tersebut dipengaruhi oleh tektonik.
- Terbentuknya 2 (dua) lembah utama yang tidak terlihat sebelumnya (Gambar 9), memberikan gambaran bahwa posisi lingkungan pengendapan tersebut tidak sesuai dengan perkembangan sebelumnya. Gejala ini kemungkinan dipengaruhi oleh gaya-gaya endogen yaitu tektonika.

Ketidakteraturan pola sebaran lingkungan laut, pantai, pasang-surut, dan darat di atas, menandakan bahwa posisi sumbu cekungan dari waktu ke waktu mengalami perubahan. Faktor pengaruh pasokan material hasil kegiatan erupsi juga berpengaruh besar, akan tetapi cerminan perubahan aspek energi (fisika) yaitu aspek gelombang dan arus pasang-surut terlihat nyata. Cram (1979) menyatakan bahwa wilayah dataran pesisir pantai yang luas umumnya dipengaruhi oleh arus pasang-surut, sedangkan daerah sempit akan dipengaruhi oleh gelombang. Kedua energi tersebut sangat berpengaruh terhadap pembentukan bentang alam purba di daerah penelitian, maka kemungkinan proses tersebut menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai yang merupakan bagian dari sebuah teluk.

Tektonik dan Permukaan Laut

Pada hakekatnya, efek tektonik di daerah dekat pantai akan dicirikan oleh suatu dimensi bentuk dan ukuran cekungan serta kedalaman air laut (*bathimetry*). Perubahan sebaran fasies pantai (*shoreline deposits*) cenderung disebabkan oleh

bergeraknya dasar cekungan di wilayah pesisir tersebut. Salah satunya berkaitan dengan proses pembentukan tanjung atau teluk, yang umumnya mengakibatkan terputusnya perkembangan lingkungan pantai serta akibat gerak-gerak lateral atau vertikal dari bawah permukaan. Gejala ini kemungkinan berkaitan dengan perpindahan atau bergesernya garis batas lingkungan pantai dari waktu ke waktu (Gambar 6, 7, dan 8). Peristiwa tersebut kemungkinan akibat timbulnya proses tektonik di daerah ini, dimana peran pergerakan suatu sesar menjadi penting untuk ditelaah di kemudian hari.

KESIMPULAN

Studi geomorfologi terhadap perubahan lingkungan purba yang dicirikan oleh perubahan fasies pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi satu kesatuan periode perkembangan lingkungan pengendapan yang mengikuti waktu. Perkembangan lingkungan pengendapan purba di daerah penelitian

kemungkinan merupakan bagian dari peristiwa yang terjadi pada waktu Plistosen akhir, dimana pada periode I dan III dijumpai hasil erupsi gunung api muda yang aktifitasnya sudah dimulai sejak awal Plistosen hingga Holosen. Keterdapatan fasies gunung api ini merupakan salah satu kegiatan erupsi bagian atas, yaitu Plistosen Akhir. Selama kurun waktu tersebut, kemungkinan daerah tersebut dipengaruhi oleh gerakan-gerakan tektonik, sehingga memberikan efek perubahan garis pantai dari waktu ke waktu.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Herman Moechtar atas kritik dan sarannya selama penyusunan makalah ini. Juga kepada rekan-rekan lainnya seperti saudara Herman Mulyana dan Ungkap M. Lumbanbatu, M.Sc., penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kerjasa banyak.

ACUAN

- Cram, J.M., 1979; The Influence of continental shelf on tidal range: palaeoceanographic implications. *Journal of Geology*, v. 87, p. 441-447.
- Effendi, A.C. & Bawono, S.S., 1997; Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara Skala 1:250.000; *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Elliot, T., 1986; Siliciclastic Shorelines. In: *Sedimentary Environments and Facies* (Ed. Reading, H.G.), *Blackwell Scientific Publications, Second Edition*, p. 155-188.
- Suharsono, H. Mulyana, S. Hidayat dan M. Firdaus, 2003; Pemetaan Geomorfologi Lembar Manado, Sulawesi Utara. Publikasi Khusus : Peran Puslitbang Geologi dalam Pemberdayaan Potensi Daerah, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, hal. 37-41.
- Walker, R.G. and James. N.P., 1992; Preface. In: A.D. Miall and N.P. Jones (eds.), *Facies models response to sea level change*. Geological Association of Canada, p. 78-121.