

Evolusi Bentuklahan daerah Manado dan sekitarnya, Sulawesi Utara

S. POEDJOPRAJITNO

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro No. 57, Bandung

SARI

Evolusi bentuklahan (*landform*) di daerah Manado sangat dipengaruhi oleh kegiatan tektonik di samping pengaruh gunungapi dan marin. Berdasarkan data geologi permukaan dan bawah permukaan (pemboran dangkal), dapat diketahui bahwa evolusi bentuklahan daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi empat satuan utama lingkungan morfologi, yang terdiri atas sembilan satuan lingkungan morfologi, yaitu: (a). cekungan banjir, (b). pantai-pasang surut, (c). rawa, (d). alur sungai, (e). erupsi gunung api, (f). cekungan banjir dipengaruhi media air, (g). pantai, (h). laut dekat pantai, dan (i). lepas pantai.

Hasil analisis penampang tegak dari kesembilan data pemboran, menunjukkan bahwa sepanjang sejarah evolusi, bentuklahan di wilayah Kota Manado diindikasikan pernah mengalami lebih dari satu kali proses tektonik dan tiga kali erupsi, salah satunya dibuktikan oleh tidak runtunnya urutan satuan lingkungan morfologi secara tegak dan material penyusun satuan morfologi.

Kata kunci: evolusi, morfologi, bentuklahan, fasies, tektonik, gunung api, marin

ABSTRACT

Landform evolution in Manado region has been strongly influenced by tectonic activities beside marine and volcanic ones. Based on surface and subsurface (shallow drilling) geological data, landform evolution of the studied areas can be grouped into four morphological environment units consisting of nine environment sets of morphology, these are: (a). flood basin, (b). tidal beach, (c).swamp, (d). river channel, (e).volcanic eruption, (f). flood basin influenced by water, (g).coastal/shore, (h). near shore, and (i). offshore.

Columnar analyses on nine drilling data show that the landform evolution history in the Manado region has undergone more than one tectonic event and three eruptions, proved by the presence of discontinuities on morphological environment units and composition, vertically.

Keywords: evolution, morphology, landform, facies, tectonic, volcanism, marine

PENDAHULUAN

Beberapa kebijakan di negeri ini belum secara utuh dan rinci menyertakan fenomena alam sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan. Perlu dipertimbangkan bahwa daratan adalah tempat segala kegiatan komunitas masyarakat di dalam suatu negara. Interaksi antara daratan dan komunitas terjadi apabila daratan diperlukan. Hal ini mengakibatkan perubahan bentuklahan secara nonalami. Reklamasi pantai Manado adalah salah satu contoh perubahan bentuklahan nonalami. Majunya garis pantai lebih kurang 300 m ke arah laut disebabkan

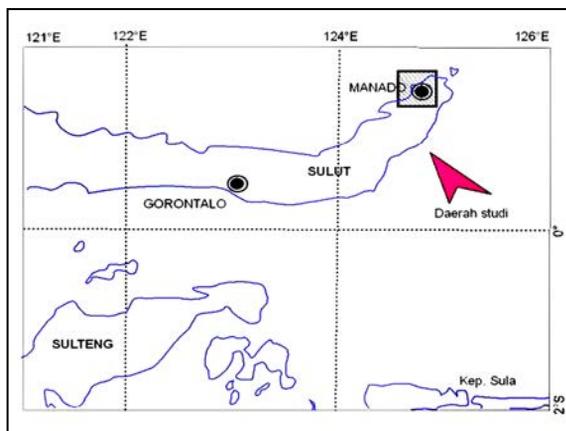
penimbunan sebagian pantai untuk memenuhi lahan pembangunan. Reklamasi tersebut mungkin dapat dianggap sebagai suatu keberhasilan saat ini, namun belum tentu demikian di masa mendatang, mungkin sebaliknya. Disisi lain, geologi wilayah Manado sangat rumit, interaksi sifat fisik kebumihan perlu dipelajari sehingga spekulasi prediksi kebumihan di masa mendatang dapat diatasi. Oleh sebab itu pemahaman tentang fenomena alam wilayah ini perlu diperhatikan, karena wilayah ini dapat dipakai sebagai bagian dari penentu kebijakan di wilayah bagian timur Indonesia.

Dilandasi pemikiran tersebut di atas, tulisan ini ingin memberi masukan dan solusi tentang

permasalahan kebumihan bagi penentu kebijakan berdasarkan hasil penelitian “*deformasi landform*”.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui genesis perubahan bentuklahan wilayah Manado terutama pada Kurun Kuartar. Tujuannya adalah memberikan gambaran deformasi bentuklahan purba hingga kini, yang bermanfaat bagi penentu kebijakan maupun ahli rancang-bangun yang notabene perlu melibatkan aspek kebumihan. Guna mencapai tujuan tersebut, maka dilakukan antara lain: pemahaman litologi fasies endapan bawah permukaan, interpretasi lingkungan fasies endapannya yang identik dengan satuan lingkungan bentuklahan, rekonstruksi perubahan bentuklahan sepanjang waktu secara spesifik, dan penelaahan susunan atau pengelompokkan bentangalam bawah permukaan, sehingga periode kejadiannya dapat dipahami.

Daerah telitian merupakan bagian dari lengan utara Pulau Sulawesi (Gambar 1), yang secara administratif pemerintahan termasuk Kota Manado; dibatasi oleh koordinat $124^{\circ}47'30''$ - $124^{\circ}55'$ BT dan $1^{\circ}25'$ - $1^{\circ}32'30''$ LU, tercakup dalam peta topografi Lembar Manado skala 1: 250.000 yang dikeluarkan Bakosurtanal.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan yakni analisis geologi bawah permukaan, di antaranya adalah uji bawah permukaan berupa sembilan pemboran dangkal. Dari korelasi stratigrafi kesembilan data sumur bor uji air tanah, selanjutnya dibuat dan ditelaah lingkungan satuan morfologi dan rangkaian fasies endapannya saat itu, berdasarkan aspek sedimen-

tologi dan stratigrafi. Kemudian, berdasarkan interpretasi hasil analisis, dibuat rekonstruksi evolusi paleogeomorfologi dan perubahan fasies lingkungan daerah penelitian.

Geologi Umum

Geomorfologi

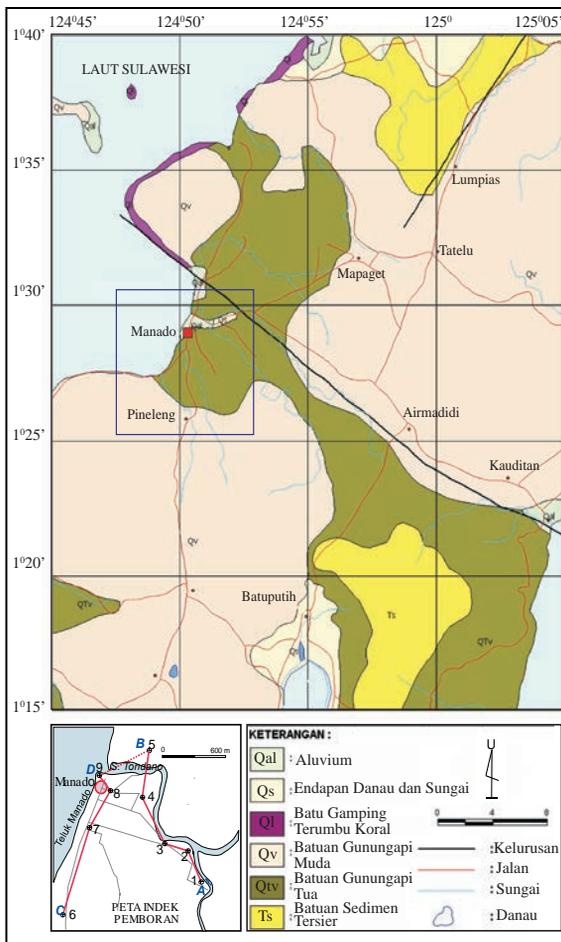
Poedjoprajitno dan Lumbanbatu (2004) memisahkan enam satuan utama geomorfologi Semenanjung Manado, sedangkan di daerah penelitian hanya melibatkan empat satuan utama yaitu: bentuk asal struktur (*structural origin*), gunung api (*volcanic origin*), dan laut (*marine origin*). Kelompok paling kecil sebarannya adalah bentuk asal sungai (*fluvial origin*) yang tidak dibahas karena di samping terbatas penyebarannya juga dianggap tidak tampak peran tektoniknya. Sebaran hasil kegiatan proses geomorfologi ini berdasarkan persentase luas wilayah penelitian adalah sebagai berikut: bentuk asal struktur menguasai 25 % daerah penelitian, bentuk asal gunungapi menguasai 50 %, bentuk asal laut menguasai 15 %, sedangkan bentuk asal fluvial 10 %.

Stratigrafi

Effendi dan Bawono (1977), sebagai penanggung jawab Peta Geologi Lembar Manado (Gambar 2) menyusun stratigrafi daerah ini mulai dari yang berusia Tersier sampai Kuartar. Batuan Tersier tersusun atas breksi, batupasir, batugamping, batuan gunung api dan batuan sedimen (Ts). Sementara itu, runtunan batuan Kuartar ditempati secara berturut-turut oleh Batuan Gunung Api Tua (Qtv), Batuan Gunung Api, Muda (Qv), Batugamping Terumbu Karang (Ql), Endapan Danau dan Sungai (Qs), dan terakhir adalah Aluvium (Qal) (Gambar 3).

ANALISIS FASIES-LINGKUNGAN PENGENDAPAN

Sembilan data sumur uji yang dilakukan oleh Suroto dan Satrio (1985) kemudian oleh penulis dibuat penampang tegak satuan batuanya. Salah satu hasil pemborannya mencapai kedalaman 186 m (Gambar 3). Selanjutnya Poedjoprajitno dan Lumbanbatu (2004) menganalisis rangkaian fasies lingkungan pengendapan yang diselaraskan dengan lingkungan satuan morfologi serta faktor kontrol pembentukannya. Kedua penulis tersebut



Gambar 2. Sebagian peta geologi Lembar Manado (Effendi dan Bawono, 1977).

menyatakan bahwa perkembangan bentuklahan Semenanjung Manado tidak statis, karena faktor proses permukaan (angin, arus gelombang, dan gravitasi) tidak mempengaruhi perubahan bentuklahan di semenanjung ini. Faktor yang menyebabkan perubahan adalah proses eksternal (kegiatan gunung api, turun naiknya muka laut, iklim, dan tektonik). Sehingga Semenanjung Manado dikategorikan daerah aktif dan tidak stabil.

Penampang A-B

Penampang A-B memperlihatkan perubahan secara lateral dan vertikal fasies endapan Sumur 1 hingga 5 (Gambar 4).

Pada kedalaman 180 m, di Sumur 1 berkembang lingkungan fasies piroklastika dipengaruhi oleh media air. Ke arah Sumur Kamaluar keadaan sudah

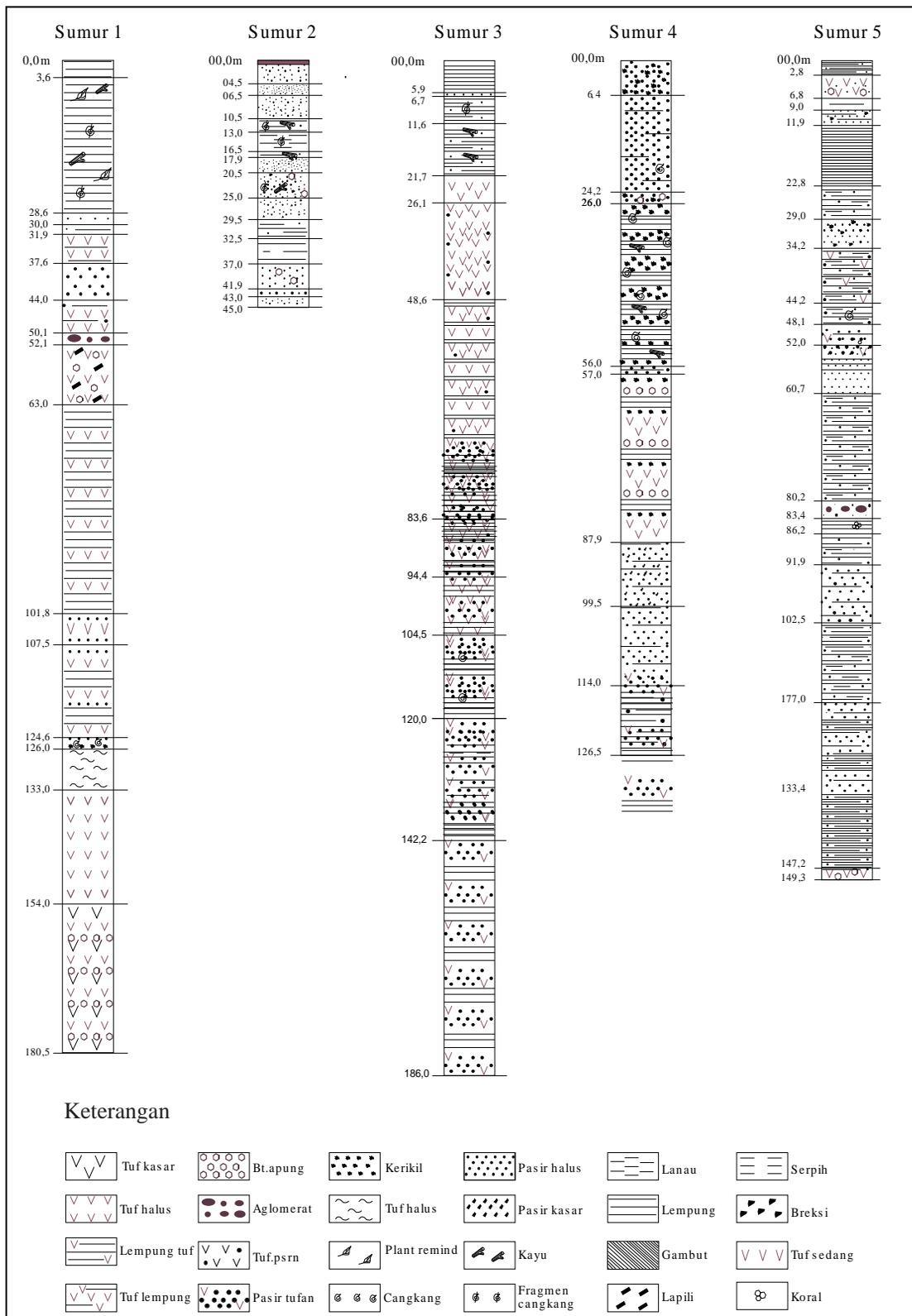
berubah, dan berkembang menjadi fasies erupsi gunung api. Kejadian di Sumur Kamaluar (Sumur 3) ini terjadi juga pada Sumur 5. Perubahan fasies lingkungan ini terjadi di antara Sumur 1 dan Sumur 3, namun diduga terjadi pula pada kedalaman yang sama pada Sumur 2. Demikian juga yang terjadi pada Sumur 4. Artinya sumber erupsi gunung api berada lebih dekat dengan Sumur 2, 3, 4, dan 5. Selanjutnya peristiwa ini ditandai sebagai periode A2.

Secara tegak lingkungan fasies di Sumur 1 pada kedalaman 142,2 m berubah menjadi lingkungan erupsi gunung api. Demikian juga yang terjadi di sumur lainnya pada level kedalaman yang sama, kecuali di Sumur 5, berkembang fasies pantai. Selanjutnya peristiwa ini ditandai sebagai periode A3.

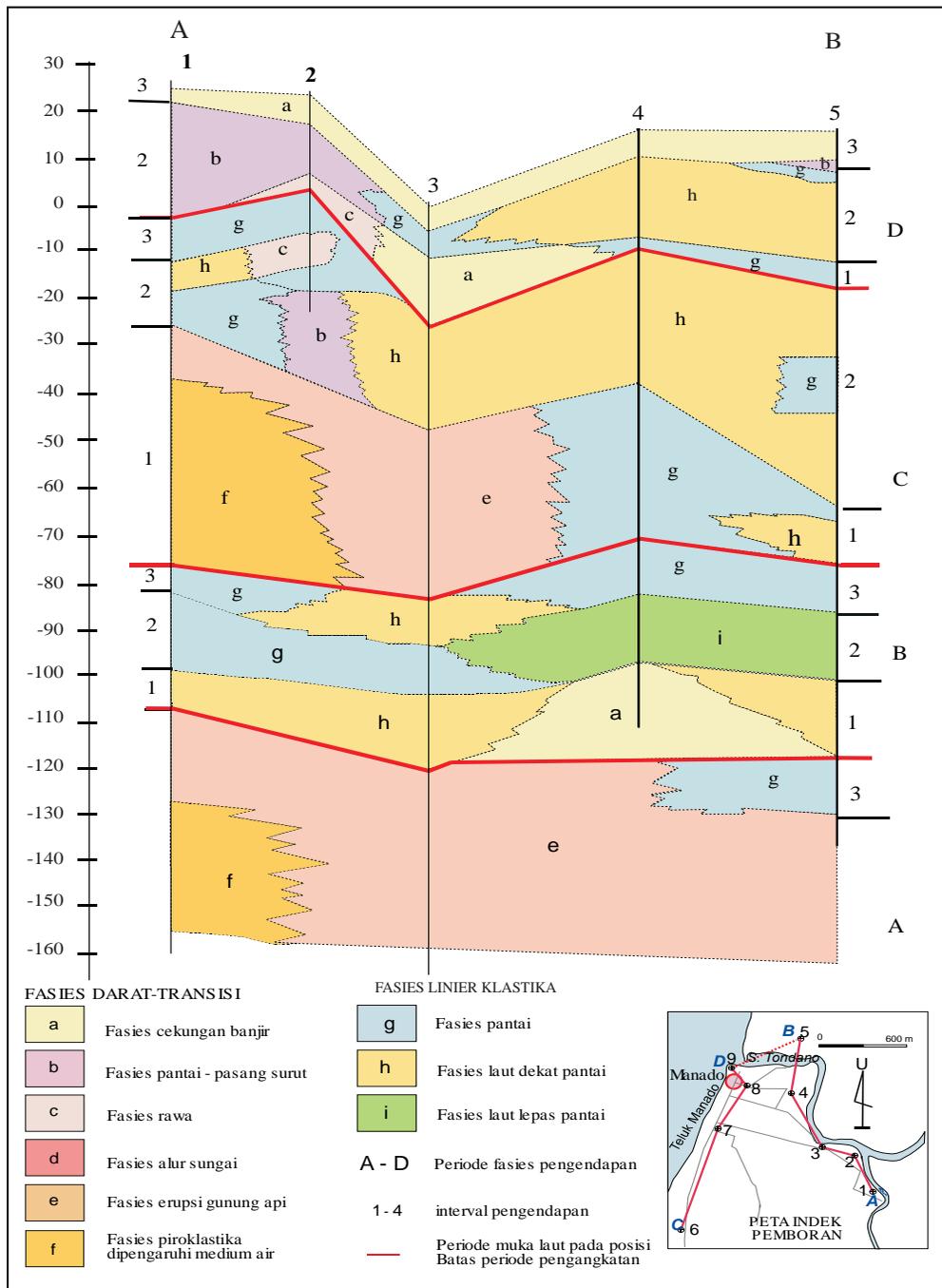
Pada Sumur 1, erupsi gunung api masih berlangsung hingga kedalaman 133 m, lain halnya yang terjadi di Sumur 3 dan 5. Di sini secara lateral kondisi sudah berubah lingkungan menjadi fasies laut dekat pantai (*beach facies*). Namun secara fisik kondisi di Sumur 5 agak sedikit berbeda, biarpun masih mencirikan fasies laut dekat pantai. Di Sumur 1 secara tegak baru berubah menjadi fasies pantai pada kedalaman 124,6 m hingga 107,5 m. Sementara itu, di Sumur 3, fasies tersebut sudah berkembang pada kedalaman 104,5 m hingga 94,4 m. Pada level kedalaman yang sama, kondisi sekitar Sumur 4 sangat berbeda. Di sini berkembang fasies cekungan banjir hingga kedalaman 144 m. Artinya pada periode ini, Sumur 4 dan sekitarnya merupakan daratan yang dikelilingi laut dangkal. Selanjutnya peristiwa ini ditandai sebagai periode B1.

Perubahan secara tegak di Sumur 3 ditemukan pada awal kedalaman 104,5 m hingga akhir kedalaman 94,4 m, dan disini mulai berkembang fasies pantai. Secara lateral kondisi ini berubah menjadi fasies laut lepas, terutama terjadi di sekitar Sumur 4 dan 5. Di Sumur 1, pada level kedalaman ini, merupakan fasies pantai, yang selanjutnya ditandai sebagai periode B2.

Secara tegak tidak terjadi perubahan fasies di Sumur 1, hingga kedalaman 101,8 m. Namun, pada Sumur 3 berkembang fasies laut dekat pantai, hingga kedalaman 83,6 m. Keadaan menjadi lebih dangkal di Sumur 4 dan 5, dan berkembang fasies pantai, seperti di Sumur 1. Dengan demikian pada periode ini kondisi paleogeografi di Sumur 3 merupakan daerah depresi. Selanjutnya fasies ini ditandai dengan periode B3.



Gambar 3. Penampang hasil pemboran Kota Manado (Poedjoprajitno; sumber: Suroto dan Satrio, 1985).



Gambar 4. Korelasi fasies pengendapan Sumur 1 - 5 (penampang A-B) Kota Manado. a) Perselingan lempung dengan lanau dan pasir, kadang lempung lanauan dan lempung pasiran, humus, sisa akar, daun, dan potongan kayu; b) Lempung tufan, lempung, dan pasir halus, fragmen batuan gunung api; c) Lanau organik, lempungan, lempung organik, jarang pasir; sisa akar, daun, dan potongan kayu yang telah membusuk, humus; d) Kerakal, kerikil hingga pasir lempungan, membundar tanggung sampai menyudut; fragmen kuarsa, felspar, dan pecahan batu apung bentuk tidak teratur; setempat menghalus kearah atas, tidak berlapis; unsur organik; e) Tuf, sebagai batuan dasar; f) Tuf, berbatu apung, dan pasir tuf; g) Perselingan pasir halus dan lempung abu-abu, fragmen koral, butiran pasir relatif seragam; h) Lempung - lempung lanauan, sisipan tipis lanau pasiran; pecahan cangkang moluska; i) Lempung, abu-abu kehijauan, sisipan tipis lanau-pasir sangat halus; pecahan cangkang moluska, makin dalam makin hijau (modifikasi dari Poedjoprajitno dan Lumbanbatu, 2004).

Secara tegak kondisi cepat berubah, yang semula merupakan fasies pantai, pada kedalaman 101,8 m hingga 63,0 m berkembang menjadi fasies piroklastika yang dipengaruhi air, lebih ke atas lagi hingga kedalaman 44 m didominasi fasies erupsi gunung api. Secara lateral, fasies erupsi gunung api ini berkembang baik pada Sumur 3, hingga kedalaman 48,6 m. Tetapi tidak demikian yang terjadi pada Sumur 4 dan 5; kondisi fasies pantai hingga fasies laut dekat pantai berkembang baik di Sumur 5. Dengan demikian pada periode ini, ke arah Sumur 5 merupakan zona depresi. Fasies ini ditandai sebagai periode C1.

Di bawah kedalaman 44 m, kondisi lingkungan berubah sangat menyolok; semula merupakan fasies erupsi gunung api yang berubah menjadi fasies pantai, hingga kedalaman 44 m. Penurunan ini masih berlanjut hingga mencapai fasies laut dekat pantai (*near shore*). Kondisi ini mencapai kedalaman 37 m – 31,9 m. Secara lateral, pada level kedalaman yang sama, di Sumur 2 berkembang fasies pasang - surut (*tidal*). Berangsur lebih dalam ke arah Sumur 3, 4, dan 5, menjadi fasies laut dekat pantai. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode C2.

Pada kedalaman 31 m hingga 28,6 m, kondisi lingkungan Sumur 1 kembali berubah menjadi fasies pantai. Pelamparan ke arah lateral berubah menjadi fasies rawa dan tidak berkembang ke arah Sumur berikutnya. Selanjutnya fasies ini dikelompokkan sebagai periode C3.

Pada Sumur 5, fasies pantai hadir pada kedalaman 34,2 m – 29 m, yang secara lateral masih dijumpai pada Sumur 4 pada kedalaman 26 m – 24,2 m. Namun di Sumur 3, berubah menjadi fasies cekungan banjir. Secara lateral ke arah Sumur 2 fasies banjir secara berangsur berubah, menjadi fasies rawa. Fasies ini sangat tipis dan menghilang ke arah Sumur 1. Paleogeografi setempat menunjukkan bahwa pada periode ini posisi Sumur 3 merupakan sebuah daratan yang miring ke arah Sumur 5. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode D1.

Fasies pantai pasang - surut kembali hadir di sekitar Sumur 1, diawali pada kedalaman 28,6 m hingga kedalaman 3,6 m. Secara lateral, fasies tidak berubah di Sumur 2, hanya menipis ketebalannya dan secara berangsur berubah menjadi fasies pantai di Sumur 3. Kearah Sumur 4 dan 5, fasies berangsur berubah menjadi fasies laut dekat pantai. Secara fasies, ukuran butiran berangsur semakin halus ke

arah Sumur 5, ditafsirkan bahwa pada periode ini depresi berlangsung di semua wilayah Sumur 1 hingga Sumur 5, dan *depocentre*-nya terletak sekitar Sumur 4 dan 5. Di Sumur 5 fasies secara tegak lebih dahulu berubah menjadi fasies pantai dan berlanjut ke fasies pantai pasang surut dibandingkan di Sumur 4. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode D2.

Terakhir berkembang fasies cekungan banjir (*flood basin*) di semua sumur, Sumur 3 saat ini mengalami depresi, sedangkan Sumur 1, 2, 4, dan 5 mengalami pembubungan. Diduga kejadian ini sebagai akibat pengaruh tektonik regional. Selanjutnya fasies ini ditandai periode D3.

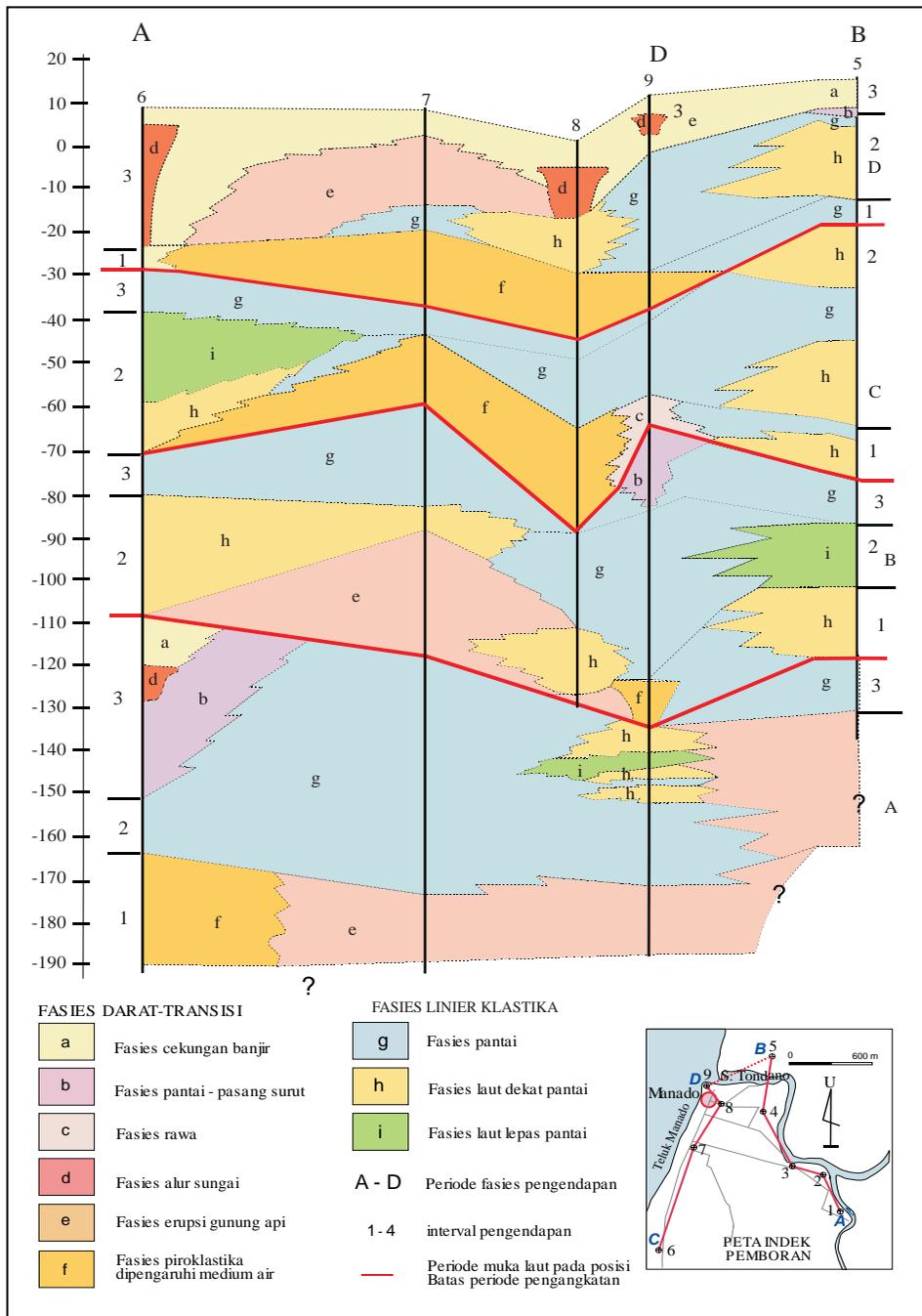
Penampang C-D

Di zona penampang ini terdapat Sumur 6 sampai 9. Sumur-sumur tersebut secara geografis berada sepanjang garis pantai (Gambar 5). Selanjutnya periode perubahan lingkungan yang dimulai dari data pemboran terdalam dapat diuraikan sebagai berikut.

Pada kedalaman 181,1 m bawah permukaan, di Sumur 6 berkembang fasies piroklastik dengan pengaruh air. Secara tegak, fasies ini dijumpai hingga kedalaman 173,7 m, dan ke arah lateral fasies berubah secara berangsur menjadi fasies erupsi gunung api di Sumur 7. Keadaan ini mengarahkan interpretasi kita bahwa kondisi paleogeografi saat itu merupakan daratan dengan kegiatan erupsi gunung api. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode A1.

Mulai kedalaman 173,7 m, secara tegak ke arah atas fasies di Sumur 6 berubah menjadi fasies pantai, hingga kedalaman 161,7 m dan sedikit lebih ke atas sudah ada endapan tuf berbatuapung dengan tebal 2 m, hingga kedalaman 159,7 m. Secara lateral endapan fasies ini berkembang baik di Sumur 7, hingga kedalaman 125,5 m. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode A2.

Segera setelah itu secara tegak di Sumur 6 berkembang fasies pantai pasang surut hingga kedalaman 137 m. Perubahan secara tegak di Sumur 6 berlangsung terus, dengan dijumpainya kerikil yang mencirikan endapan alur sungai. Semakin tidak stabilnya kondisi daerah penampang C-D, ditunjukkan oleh endapan cekungan banjir di Sumur 6 dan tidak ada peristiwa pengendapan serupa di



Gambar 5. Korelasi fasies pengendapan Sumur 6 - 9 (penampang C-D) Kota Manado (modifikasi Poedjoprajitno dan Lumbanbatu, 2004). Penjelasan keterangan fasies lihat Gambar 4.

Sumur 7, 8, dan 9. Dengan demikian pada periode ini terjadi peristiwa pembubungan. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode A3

Agaknya peristiwa pembubungan pada periode A3 belum mencapai puncaknya. Periode berikutnya

ditandai tidak adanya pengendapan pada Sumur 6, sedangkan secara lateral di Sumur 7 terjadi kegiatan erupsi gunung api, yang diikuti dengan penurunan di sekitar Sumur 8 dan 9. Fasies berubah secara lateral menjadi fasies laut dekat pantai dan fasies transisi,

dan saat ini fasies piroklastika berperan. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode B1.

Data pemboran menunjukkan bahwa pada Sumur 6 yang dimulai pada kedalaman 117 m, penurunan mulai berlangsung dengan indikasi pengendapan fasies laut dekat pantai. Kondisi ini berlangsung terus hingga mencapai ketebalan 28,1 m. Secara lateral fasies ini masih dijumpai di Sumur 7. Akan tetapi tidak demikian yang terjadi di Sumur 8 dan 9, karena disini fasies pantai berkembang cukup baik dan mencapai ketebalan 24 m di Sumur 8 dan 44,2 m di Sumur 9. Dapat dikatakan bahwa proses depresi berpusat ke arah Sumur 9. Selanjutnya, fasies ini ditandai sebagai periode B2.

Secara keseluruhan, kondisi daerah pemboran berubah secara perlahan berangsur menjadi dangkal. Diperkirakan terjadi peristiwa pembubungan, dan fasies Sumur 6 dan 7 masih di bawah muka laut, dalam lingkungan pengendapan fasies pantai. Sementara itu di Sumur 8 terjadi peristiwa pengangkatan sehingga muncul di atas permukaan laut, dan pengendapan tidak berlangsung. Di Sumur 9, pengaruh pengangkatan tidak sekuat di Sumur 8, sehingga fasies pantai pasang surut masih berlangsung. Selanjutnya fasies ini dinamakan sebagai periode B3.

Peristiwa pembubungan ini masih berlangsung di sekitar Sumur 6, hingga daerah sekitarnya berada di atas muka laut, dan praktis tidak ada pengendapan. Secara lateral, Sumur 7 maupun sumur 8 berada pada lingkungan fasies piroklastika yang dipengaruhi media air, sedangkan kondisi Sumur 9, sangat dipengaruhi fasies rawa. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode C1.

Peristiwa selanjutnya, pada Sumur 6 secara perlahan mengalami penurunan, terbukti dengan diendapkannya secara berturut-turut fasies laut dekat pantai hingga fasies laut lepas pantai hingga kedalaman 47,5 m. Sementara itu, di Sumur 7 tidak terjadi pengendapan, artinya pengaruh pembubungan masih berlangsung. Secara lateral justru berbeda yang terjadi di sekitar Sumur 8, karena disini proses pengendapan masih berlangsung dengan diendapkannya fasies pantai. Peristiwa yang sama terjadi di Sumur 9. Dalam peristiwa ini, proses depresi terjadi sekeliling Sumur 6 dan 8, sedangkan posisi Sumur 7 saat itu berada di atas muka laut.

Peristiwa selanjutnya adalah terjadinya genang laut (lingkungan fasies pantai) di semua Sumur, hanya berbeda pada intensitas pengendapannya, yakni

masing-masing ada di Sumur 6 hingga Sumur 9, hanya intensitas penurunan di Sumur 8 relatif kecil. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode C3.

Kejadian selanjutnya merupakan kebalikan dari keadaan sebelumnya, bahwa seluruh daerah sekitar sumur mengalami pengangkatan. Fasies cekungan banjir yang berkembang di Sumur 6 dan di sumur lainnya secara lateral berubah menjadi fasies piroklastika yang dipengaruhi medium air. Kejadian ini dibuktikan dengan hadirnya batulempung yang berubah secara lateral menjadi tuf pasir halus, dan baik untuk akifer di sumur lainnya. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode D1.

Kuatnya ketidak stabilan kawasan sekitar Sumur 6, dicirikan oleh tidak terjadinya pengendapan dan secara tegak fasies piroklastika berubah menjadi fasies pantai di Sumur 7. Kemudian secara tegak pula perubahan menyolok dari fasies piroklastika menjadi fasies laut dekat pantai, membuktikan bahwa daerah bersangkutan sangat labil. Di satu pihak ada daerah yang mengalami pembubungan dan tidak jauh di sekitarnya mengalami penurunan. Diperkirakan pusat depresi lokal terletak sekitar Sumur 8, karena secara lateral di Sumur 9 kondisi lingkungan pengendapannya lebih dangkal. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode D2.

Akhirnya yang terjadi hingga saat ini adalah berkembangnya fasies cekungan banjir di seluruh permukaan. Meskipun fasiesnya beragam, senantiasa masih di lingkungan fasies darat. Hal tersebut dapat diinterpretasi dari sejumlah fasies alur sungai di beberapa sumur dan fasies erupsi gunungapi di Sumur 7. Selanjutnya fasies ini ditandai sebagai periode D3.

Erupsi Gunung Api

Tidak semua interval mengalami peristiwa erupsi gunung api, dan peristiwa tersebut terjadi pada interval kesatu periode A1. Kegiatan merata hampir di semua sumur dan puncaknya pada periode A2 sekitar Sumur 1. Pada awal periode C1 semula kegiatan erupsi di Sumur 3 dan puncaknya dijumpai pada periode C1, di Sumur 1. Sebelumnya terjadi juga pada periode B1 di Sumur 7, sedangkan pada periode akhir, terekam pada Sumur 7. Kegiatan erupsi gunung api tidak muncul di setiap periode, dan kegiatan semakin menurun pada periode muda, bahkan di penampang A-B periode akhir tidak ada kegiatan erupsi. Dengan demikian, erupsi gunung api terjadi tiga kali selama

perubahan bentuklahan kurun Kuartar membentuk lingkungan morfologi erupsi gunung api.

Turun Naik Permukaan Laut

Analisis data bawah permukaan menunjukkan bahwa turun-naiknya permukaan laut ditandai oleh komposisi bagian tengah dalam setiap periode rangkaian fasies pengendapan. Akan tetapi juga dijumpai beberapa peristiwa turun-naiknya muka laut dalam skala kecil. Oleh karena itu, ditafsirkan peristiwa naiknya muka laut yang berlangsung dalam setiap periode merupakan perubahan muka laut yang bersifat global dan ditandai oleh: tidak homogenya proses genang dan susut laut, turun-naiknya permukaan laut tidak teratur dengan intensitas kecepatan dan penurunannya, serta posisi pantai berubah selama ini.

Indikasi di atas, memperlihatkan bahwa turun-naiknya muka laut yang terjadi secara global tersebut tidak berlangsung sebagaimana mestinya. Hal ini kemungkinan karena efek tektonik regional, sedangkan turun-naiknya muka laut yang skalanya lebih kecil lagi, diperkirakan akibat pengaruh tektonik lokal. Maka, perubahan bentuklahan, seperti terjadinya daerah genangan, longoran, dan berubahnya (turun-naiknya) garis pantai secara lokal yang membentuk lingkungan morfologi tektonik, perlu mendapat perhatian serius.

Sirkulasi Iklim

Efek sirkulasi iklim dapat dipantau atas dasar proses pengendapan yang terjadi di daratan, seperti pada sistem endapan fluviatil, danau/rawa, dan cekungan banjir. Rekaman perubahan iklim pada lingkungan darat ini secara rinci telah dijabarkan oleh Perlmutter dan Matthews (1989).

Perkembangan fasies darat di daerah telitian muncul pada interval-interval tertentu, yaitu diawali pada interval A1 penampang C-D dengan berkembangnya fasies darat yang membentuk lingkungan morfologi gunung api dan cekungan banjir, puncaknya terjadi di sebelah timur. Di penampang A-B, fasies darat ini berkembang pada interval A2, sedangkan di penampang C-D menyusut, bahkan pada tempat tertentu sudah di bawah permukaan laut.

Secara lokal pada, periode A3 di sekitar Sumur 6 terjadi pengangkatan daratan ke atas permukaan laut, dan diikuti dengan kenaikan setempat di Sumur 4, penampang A-B pada periode B1. Kejadian ini

berlangsung juga secara setempat pada periode yang sama di Sumur 7, penampang C-D.

Pada periode B2 dan B3 terjadi genang laut, kecuali pada Sumur 9, D1 sudah berada pada garis pantai. Pada periode C1 fasies darat muncul di Sumur 1 dan 3 dan mendekati permukaan di Sumur 7, 8 dan 9. Selanjutnya pada periode C2 sedikit berkembang ke fasies pasang surut.

Pada periode D1 telah berkembang fasies darat secara setempat di Sumur 2 dan 3, begitu juga di Sumur 6, 7, 8, dan 9. Pada periode D2 kondisi darat hanya terdapat di Sumur 1 dan 2, sedangkan di sumur lainnya berkembang genang laut. Pada akhir periode D3 semua sumur menjadi kondisi darat.

Efek perubahan iklim dari rangkaian tersebut di atas sangat sulit direkonstruksi. Hal ini disebabkan oleh pembentukan rangkaian-rangkaian fasies terdapat di daerah pesisir.

Intensitas Tektonik

Batas setiap periode pengendapan mulai dari periode A - B (*periodic of sedimentary facies succession boundaries*) adalah berubah-ubah secara lateral dan vertikal, sedangkan komposisi rangkaian fasies ditandai oleh:

- Pengisian cekungan yang terjadi secara tidak normal, seperti fasies laut dekat pantai menjadi laut lepas pantai secara cepat, yang berarti telah terjadi perpindahan posisi paleogeografi. Kejadian ini membuktikan bahwa daerah ini telah mengalami penurunan. Demikian pula sebaliknya di daerah yang seharusnya berkembang lingkungan morfologi laut dekat pantai terbentuk lingkungan transisi, menunjukkan proses pengangkatan berlangsung di tempat tersebut.
- Perbedaan volume fasies endapan linier klastika secara mendatar yang terjadi di zona penurunan, sedangkan pada zona pengangkatan material erupsi gunungapi terendapkan karena tidak ada pengaruh dari suatu proses turun-naiknya muka laut.
- Adanya perbedaan penebalan dan penipisan fasies endapan yang menyolok secara tegak, merupakan indikasi telah terjadi suatu gerakan pada batuan dasar (*basement*). Perubahan lateral dan vertikal rangkaian fasies tersebut, dapat ditelusuri perbedaannya dari satu periode ke periode lainnya, maka diperkirakan alas cekungan pernah bergerak naik-turun akibat tektonik.

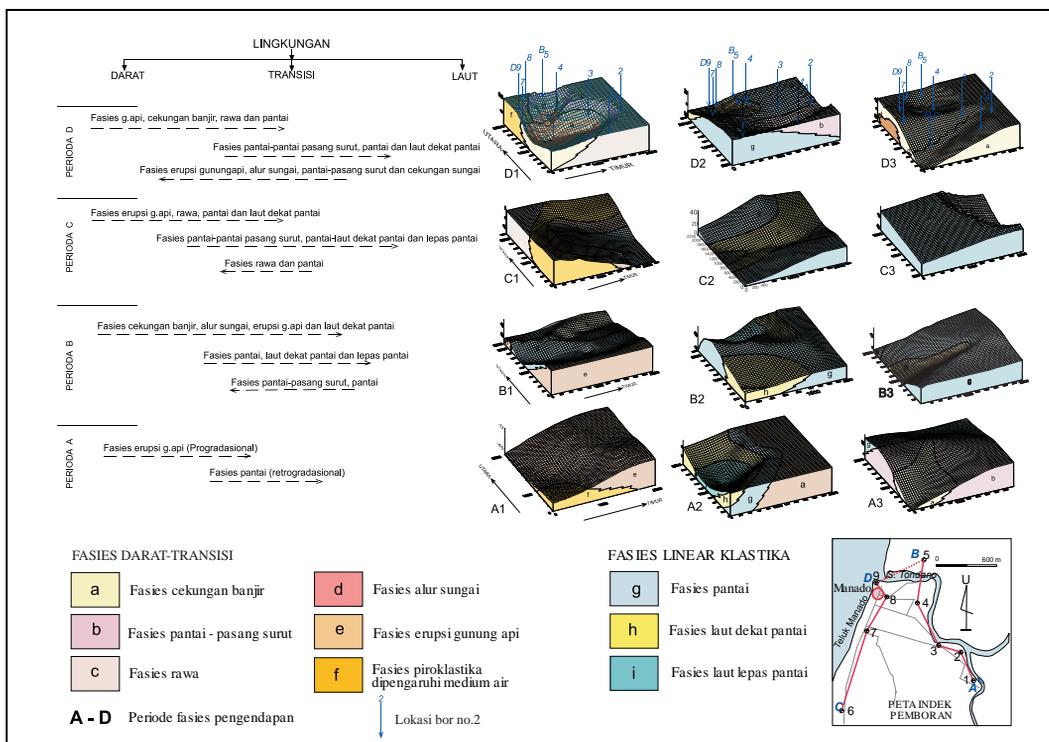
EVOLUSI PALEO GEOMORFOLOGI

Sebagaimana diuraikan di atas, evolusi paleo-geomorfologi di daerah Manado dan sekitarnya dikontrol oleh proses eksternal (iklim, turun naiknya muka laut, dan tektonik). Proses eksternal ini dapat ditelusuri dan direkonstruksi dari produknya, yaitu rangkaian fasies pengendapannya yang disetarakan dengan lingkungan morfologinya.

Dalam suatu cekungan sedimentasi, faktor proses eksternal dan internal (transportasi, erosi, dan sedimentasi) selalu dijumpai (Allen dan Allen, 1990). Tapi, aspek proses eksternal tersebut sangat langka direkonstruksi secara utuh oleh berbagai peneliti, khususnya yang menyangkut korelasi masing-masing proses tersebut. Perkembangan bentuklahan (evolusi geomorfologi) di daerah telitian dapat direkonstruksi dan tercermin pada Periode A hingga Periode D (Gambar 5). Dalam falsafah geomorfologi konvensional, dinyatakan bahwa kelompok proses internal dan eksternal memberikan kontribusi penting terbentuknya lahan/landscape (Bloom, 1979). Efek udara dan air terhadap batuan mengakibatkan proses pelapukan,

sebaliknya efek tektonik mengakibatkan terbentuknya daratan (*continent*) dan muncul kompleks pegunungan (Bloom, 1979). Ia juga menyatakan bahwa tektonik dan vulkanisme dihasilkan oleh perubahan tekanan dinamis dan berat jenis, yang berasal dari anomali panas bumi.

Salisbury (1919) mengemukakan bahwa pembentukan permukaan bumi dalam kurun waktu Kenozoikum, didasari hirarki konsep geomorfologi dan tektonik yang membedakan ordo roman muka bumi. Ordo permukaan bumi yang dimaksud, adalah: ordo pertama, yakni bentuk benua dan samudera; ordo kedua, rangkaian pegunungan tektonik, "*plateau*" dan dataran; serta, ordo ketiga, yaitu erosi (torehan pegunungan) dan bangunan kompleks gunung api. Memang menarik untuk ditindak lanjuti sehubungan dengan peristiwa atau kejadian proses bumi selama Kuartar, namun sangatlah sulit untuk mengkorelasikannya. Hal ini dikarenakan suatu periode kejadian bumi akan selalu menyangkut masalah waktu dan lamanya peristiwa (*time and durations*). Setidaknya-ordo yang dimaksud oleh Salisbury (1919) sudah tercermin dalam evolusi bentuklahan di daerah penelitian (Gambar 6).



Gambar 6. Evolusi paleogeomorfologi dan perubahan lingkungan fasies daerah Manado, Sulawesi Utara.

KESIMPULAN

Evolusi bentuklahan di Kota Manado dan sekitarnya sangat dipengaruhi oleh proses eksternal, seperti peristiwa-peristiwa meletusnya gunung api, turun naiknya muka laut, iklim, dan tektonik. Oleh karena itu, daerah ini termasuk daerah yang aktif dan tidak stabil. Setidak-tidaknya daerah penelitian diindikasikan pernah lebih dari satu kali mengalami kegiatan tektonik selama Kuartar, dan sekurang-kurangnya tiga kali periode erupsi gunung api.

Puncak (kegiatan maksimum) dan awal (kegiatan minimum) proses eksternal antara satu peristiwa dengan lainnya ternyata tidak pernah berlangsung secara bersamaan, karena dalam setiap periode peristiwa, ditentukan faktor kontrol yang mendominasi pembentukan lahannya. Oleh karena itu, dalam setiap periode evolusi geomorfologi di Semenanjung Manado, dari satu tempat ke tempat lain ternyata dicirikan oleh suatu peristiwa yang khas. Peristiwa tersebut dapat berupa kegiatan gunung api, turun naiknya muka laut, iklim, dan tektonik.

Agar terjadi kesetimbangan, maka beban yang diderita wilayah pantai Manado yang kini diperkirakan mengalami penurunan dapat dihambat, dengan satu-satunya cara, yaitu disarankan pengembangan wilayah Kota Manado ke arah tinggian (menjauhi pantai).

Ucapan Terima Kasih—Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Pusat Survei Geologi, Kepala Kelompok Geologi Kuartar, serta semua pihak yang telah membantu memberikan masukan, kritik, dan saran sehingga makalah ini dapat dipublikasikan.

ACUAN

- Allen, P.A. dan Allen, J.R. 1990. *Basin Analysis: Principles and Application*, Blackwell Scientific Publications, 451 h.
- Bloom, A.L., 1979. *Geomorphology: A systematic analysis of Late Cenozoic landforms*. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi-110001, 510 h.
- Effendi A.C. dan Bawono, S.S., 1977. *Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Perlmutter, M.A. dan Matthews, M.A., 1989. *Global Cyclostratigraphy*. Dalam: Cross, T.A (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, h. 233-260.
- Poedjoprajitno, S. dan Lumbanbatu, U.M., 2004. Dinamika Bentuklahan Semenanjung Manado Purba Kaitannya Dengan Pola Struktur Geologi Sulawesi Utara (Studi deformasi landform dengan pendekatan kajian geologi bawah permukaan dan pola struktur geologi). *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 1(1), h. 112-125.
- Salisbury, R.D., 1919. *Physiography*, 3 ed., rev.: Henry Holt & Co., New York, 676 h.
- Suroto dan Satrio, 1985. Potensi air tanah cekungan Manado Sulawesi Utara. Laporan Internal, Direktorat Geohidrologi dan Tata Lingkungan Geologi, Bandung.