

KAJIAN GEOLOGI UNTUK IDENTIFIKASI BENCANA DI WILAYAH KOTA SEMARANG

Helmy Murwanto¹, Sutarto¹, Achmad Rodhi¹, Arif Rianto¹

¹Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Jogjakarta

Abstract

Semarang Urban areas are underlined by tertiary rock of sandstone and plastic mudstone. Those tertiary rock are overlaid unconformably by classic sediment of Old Ungaran Volcano deposited in the late Pleistocene (22.150 years old). Fault and joint structure occurrence that is involving those volcanic classic rock and river terrace reaching 75 m above river bed indicate that the Semarang Urban Areas have been experiencing neo-tectonic. The tectonic activity has uplifted the southern hilly area of Banyumanik Mijen hills with average uplift rate of 0.4 cm/year. On the contrary, subsidence has been taking place within the north part of Semarang Urban areas followed by consolidation and compaction of young sediment material. The subsidence rate is predicted at about 3 – 10 cm/year. The tectonic process that caused uplift at southern and subsidence at northern part is controlled by Northwest – Southeast fault structure. Those geological setting has bringing about soil creep and landslide hazard in the hilly areas and tide flood (rob) in the north areas.

Keywords: Semarang urban area, geological structure, mismanagement, disaster

1. Pendahuluan

Pertumbuhan Kota Semarang diketahui sejak awal abad ke-15 sebagai kota pelabuhan singgah menuju pusat Kerajaan Demak, melewati Selat Muria yang berada diantara P.Muria di sebelah utara dan P.Jawa di sebelah selatan. Posisi Pelabuhan Semarang pada waktu itu kurang lebih 4 Km ke arah selatan dari garis pantai sekarang, tepat berada di tepi sebelah utara Perbukitan Simongan dan Perbukitan Candi. Peranan Kota Semarang menjadi semakin meningkat setelah Selat Muria menjadi sempit dan dangkal, karena proses sedimentasi dan Kerajaan Demak menjadi terisolir dari Laut Jawa. Dataran Pantai Semarang lambat laun berkembang luas ke arah utara, seiring dengan pertumbuhan delta-delta kecil dari beberapa sungai yang bermuara di Laut Jawa. Ekologi pantai pada waktu itu berupa rawa-rawa yang banyak

ditumbuhi tanaman mangrove dan rumput-rumput air.

Pemerintah Hindia Belanda merancang Kota Semarang menjadi sebuah kota besar, tidak hanya sebagai kota pelabuhan tetapi juga sebagai pusat pemerintahan. Cepatnya laju pembangunan kota dengan berbagai sarana pendukungnya sangat terasa sejak akhir abad ke-20 sampai sekarang. Konsekuensinya pembangunan kota yang berada di atas bentuk lahan bekas pantai dan bentuk lahan perbukitan, proses geologinya masih aktif yang berakibat daya dukung lahannya menjadi sangat berat menahan laju pembangunan Kota Semarang. Akibatnya beberapa tahun belakangan ini berbagai bencana alam terjadi di Wilayah Kota Semarang baik yang terjadi di bentuk lahan perbukitan maupun bentuk lahan dataran pantai.

2. Permasalahan

Kota Semarang yang dijadikan ibukota propinsi sekaligus sebagai pintu masuk Jawa Tengah, telah berkembang dengan pesat baik di lahan dataran di bagian utara sebagai pusat kota maupun di lahan perbukitan bagian selatan.

Beberapa tahun belakangan ini berbagai bencana geologi telah terjadi di Wilayah Kota Semarang, baik di lahan perbukitan maupun lahan dataran. Bencana yang terjadi di lahan perbukitan berupa longsor maupun rayapan tanah dan batuan. Sedangkan di lahan dataran yang dikembangkan menjadi pusat kota, terjadi bencana penurunan permukaan lahan "sub-siden", mengakibatkan genangan air laut pasang "rob" di sepanjang pada musim dan genangan banjir kiriman di musim penghujan.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

3. Tujuan Penelitian

Tujuan kajian Geologi :

- 1.) Mengetahui pola sebaran dan hubungan antar batuan maupun pola struktur geologi (patahan, kekar, lipatan) yang berkembang di Wilayah Kota Semarang.

- 2.) Mengetahui sejarah geologi dan proses geologi yang sedang berjalan di Wilayah Kota Semarang.

- 3.) Mengetahui model pengelolaan lahan yang sudah dan sedang dilakukan di Wilayah Kota Semarang.

Hasil kajian dapat mengetahui penyebab terjadinya berbagai bencana geologi, yang terjadi di bentuk lahan dataran maupun di bentuk lahan perbukitan, sekaligus sebagai dasar evaluasi pelaksanaan program pembangunan di Wilayah Kota Semarang.

4. Geologi Wilayah Kota Semarang

4.1. Geomorfologi

Terdapat perbedaan morfologi yang tajam antara bagian utara dengan bagian selatan wilayah penelitian. Di bagian selatan memperlihatkan kenampakan morfologi yang tinggi dan terjal, batuannya tersusun oleh batu pasir vulkanik dan breksi berumur kuartar. Di tengah-utara membentuk perbukitan bergelombang lemah, batuan tersusun oleh breksi vulkanik Ungaran Tua dan batu lempung Formasi Kalibiuk yang ditutupi endapan aluvial di bagian utara.

Berdasarkan beda tinggi sudut kelereng-an, kondisi geologi yang mengontrol dan kenampakan di lapangan, wilayah Kota Semarang dapat dibagi menjadi 4 satuan geomorfik, yaitu Satuan Geomorfik Perbukitan Vulkanik, Satuan Geomorfik Perbukitan Lipatan, Satuan Geomorfik Gawir Sesar dan Satuan Dataran Aluvial Pantai.

Satuan Geomorfik Perbukitan Vulkanik

Merupakan daerah perbukitan bergelombang menengah hingga kuat, dengan ketinggian 300-2050 m dari muka air laut, dengan beda tinggi 800-1450 m, lereng terjal (24%-29%). Satuan ini tersebar di bagian selatan daerah penelitian meliputi luas sekitar 30% dari luas daerah penelitian, tersusun oleh batuan-batuan vulkanik seperti breksi laharik, breksi piroklastik, lava andesit batu pasir vulkanik, hasil aktifitas Gunungapi Ungaran Muda dan sebagian Gunungapi Ungaran Tua.

Satuan Geomorfik Perbukitan Lipatan

Merupakan daerah perbukitan bergelombang menengah hingga lemah, dengan ketinggian 25-300 m dari muka air laut, dengan beda tinggi 100-300 m, lereng agak terjal (2,5%-15%), menempati sekitar 25% wilayah telitian. Satuan ini dikontrol oleh batulempung gampingan, breksi vulkanik, batupasir tufaan, tufa, selang-seling batulempung-napal-batu-pasir, yang termasuk dalam Formasi Banyak, Formasi Kalibuk dan sebagian Satuan Vulkanik Ungaran Tua. Satuan ini dikontrol oleh struktur perlipatan dengan arah sumbu relatif baratlaut-tenggara.

Satuan Geomorfik Gawir Sesar

Satuan geomorfik Gawir Sesar menempati lembah terjal di sepanjang Kali Garang, Kali Kreo, Kali Gede, perbukitan candi dan di bagian utara Gunung api Ungaran berarah relatif baratlaut - tenggara, utara-selatan dengan luas sekitar 5% wilayah telitian. Satuan ini membentuk morfologi yang

relatif terjal, dengan kelerengan > 30% dan beda tinggi berkisar antara 81-35 m.

Satuan Geomorfik Dataran Aluvial Pantai

Satuan ini melampar di bagian utara daerah penelitian hingga garis pantai, meliputi area sekitar 35% wilayah penelitian. Satuan ini mempunyai ketinggian < 10 m dpl., dengan beda tinggi < 10 m, dan kelerengan < 1%. Satuan ini dominan tersusun oleh endapan aluvial pantai dan sebagian endapan fluviatil.

4.2. Stratigrafi**Satuan Batupasir Banyak**

Penamaan Formasi Banyak diusulkan oleh Van Bemmelen (1949) dengan nama "Banyak Lagen", De Genevraye dan Luki Samuel (1972) menyebutnya sebagai "Facies Banyak", Harsono (1983) menyebutnya sebagai Formasi Banyak. Di wilayah penelitian, satuan ini tersusun oleh batupasir dengan sisipan batu-lempung, oleh karena itu dalam laporan ini disebut sebagai Satuan Batupasir Banyak.

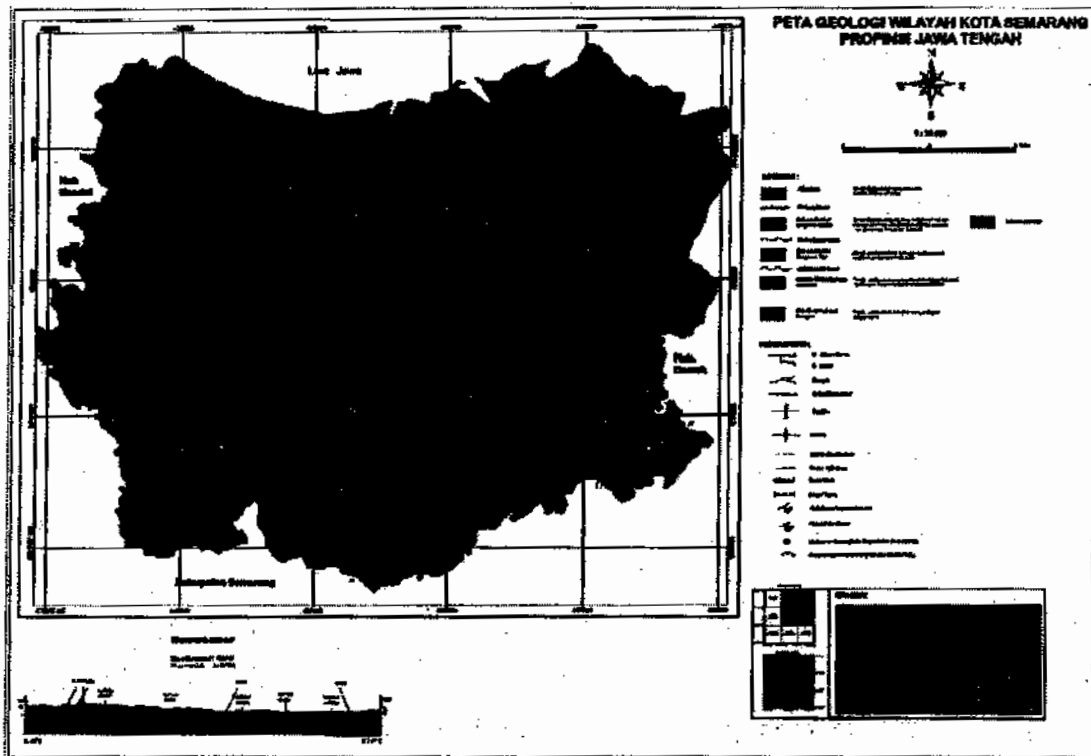
Ciri-ciri Litologi

Bagian bawah dari Satuan Batupasir Banyak dicirikan oleh perselingan batupasir vulkanik dan batulempung karbonatan (sebagian berupa napal). Batupasir vulkanik berwarna abu-abu kekuningan terdiri dari mineral mafik, kwarsa, feldspar, ukuran butir pasir halus, membundar tanggung, pemilahan baik, matrik lempung, semen karbonat, ketebalan antara 200-250 cm. Hasil analisa

petrografi bernama "Volcanic Wacke", struktur sedimen terdiri dari "pararel lamination" dan "ripple lamination". Batulempung karbonatan berwarna abu-abu gelap pecahan konkidal, kadang menyerpih, dengan ketebalan antara 5-15 cm.

Bagian atas satuan ini dijumpai batu pasir kerikilan sebagai awal satuan batuan yang disusun oleh batupasir kerikilan, berwarna abu-abu kehitaman, struktur "graded bedding", ukuran pasir kasar-kerikilan, bentuk butir membundar tanggung-me-

antara lain *Orbulina universa*, *Globorotalia plesiotumida*, *Globorotalia lenguensis*, *Globogerinoides trilobus* merupakan umur Miosen Akhir. Sedangkan contoh batuan dengan litologi napal yang merupakan Formasi Banyak bagian atas terdapat kandungan fosil antar lain *Globorotalia plesiotumida*, *Orbulina universa*, *Globogerinoides extremus*, *Pulleniatina primalis*, *Globogerinoides trilobus*, menunjukkan umur Miosen Akhir-Pliosen Awal dengan kisaran umur N17- N18. Hasil keseluruhan dari analisis paleontologi Formasi Banyak di-



Gambar 2. Peta geologi wilayah Kota Semarang Propinsi Jawa Tengah

nyudut, pemilahan buruk, fragmen andesit, matrik pasir, semen silika, permeabilitas baik.

Umur

Berdasarkan contoh batulempung gampingan, dengan kandungan foram plankton

peroleh kisaran umur N17- N18 menunjukkan umur Miosen Akhir-Pliosen Awal.

Lingkungan Pengendapan

Analisis lingkungan pengendapan diambil dari contoh batuan yang sama dengan

analisis foram plankton mempunyai kandungan foram bentonik antara lain *Bilimina sp.*, *Rotalia sp.*, *Textularia sp.*, *Cibicides nolis*, *Elphidium sp.*, *Eponides sp.*, *Nonion pompiloides*, *Bolivina spicata*, menunjukkan kedalaman 100-200 m atau Neritik Luar (Pheler, 1955). Sedangkan dari rasio plankton/bentos berkisar antara 38%-40%, menunjukkan zona bathimetri Neritik Luar (Grimsdale dan Markhoven, 1955).

Hubungan Stratigrafi

Hubungan Satuan Batupasir Banyak dengan satuan yang ada di atasnya yaitu Satuan Batulempung Kalibiuk adalah selaras.

Satuan Batulempung Kalibiuk

Van Bammelen (1949) memberikan nama "Kalibiuk Beds", kemudian De Genevraye dan Luki Samuel (1972) menyebutnya dengan Kalibeng Bawah. Satuan ini dicirikan oleh napal kehijauan, batulempung napalan kehijauan, serta sisipan batupasir gampingan dan juga banyak dijumpai cangkang moluska.

Penyebaran dan Ketebalan

Penyebaran Satuan Batulempung Napalan Kalibiuk meliputi 15% dari luas daerah telitian yang terletak di sebelah timurlaut, tersingkap di sepanjang aliran Kali Silegak, Kali Kecepat dan penerusan Kali Talang yang terdapat di Desa Siwarak. Ketebalan satuan ini tidak dapat diketahui dengan pasti, karena tidak ditemukannya batas bawah dari satuan batuan ini. Dari penampang stratigrafi terukur diperoleh ketebalan 482 m.

Ciri Litologi

Litologi penyusun Satuan Batulempung Kalibiuk terdiri atas perulangan napal dan

batu-lempung gampingan dengan sisipan batu-pasir gampingan.

Batulempung gampingan, putih kecoklatan, massif, ukuran butir lempung, dengan komposisi utama mineral lempung, lumpur karbonat dan terdapat penyerta berupa kwarsa, min opak, serta fosil. Dari hasil kalsimetri didapatkan 12% kadar karbonat. Ketebalan berkisar antara 3-5 m.

Napal, hijau, menyerpih, konkoidal, komposisi utama lumpur karbonat, mineral lempung, dengan penyerta kwarsa, mineral opak, dan fosil. Dari hasil analisis kalsimetri batuan ini didapatkan kadar karbonatnya 42-46%. Ketebalan lapisan ini berkisar antara 5-10 m.

Batupasir Gampingan, kelabu-kebiruan, mineral kwarsa, plagioklas, cangkang moluska, semen karbonat, pasir sedang. Dijumpai struktur sedimen massif dan graded bedding.

Umur

Analisa paleontologi dari sampel yang dianalisis pada litologi napal dan litologi batulempung napalan di lokasi Kali Talang, dijumpai fosil foraminifera plankton antara lain: *Sphaerodinella dehiscens*, *Sphaerodinella subdehiscens*, *Globorotalia tumida*, *Globigerina noides immaturus*, *Globigerina nepethens*, *Globigerinoides sacculiferus* dan *Orbulina universa*, yang menunjukkan umur Pliosen bawah atau N19 (Blow, 1969).

Lingkungan Pengendapan

Struktur sedimen yang muncul berupa struktur sedimen masif pada batulempung gampingan napal, sedangkan pada sisipan

batupasir gampingan terdapat struktur graded bedding. Dari analisa paleontologi ditemukan fosil foraminifera benthos yaitu : *Cibicides sp.*, *Amphistegina lessonii*, *Uvigerina peregrina porvula*, *Bathysipon sp.*, *Haeglundina elegans*, *Goesella Mississippensis* dan *Eggerella adneva*, dimana dapat menunjukkan lingkungan bathymetri yaitu Neritik Tengah dengan kedalaman 100-300 ft (Bandy, 1967).

Hubungan Stratigrafi

Ketebalan dari Satuan Batulempung Kalibiuk berdasarkan data penampang kolom stratigrafi sekitar 200 m. Hubungan dengan Satuan Batupasir Banyak, didasarkan pada kedudukan batuanya relatif selaras, sedangkan hubungan dengan batuan yang berada di atasnya yaitu Satuan Breksi Ungaran Tua adalah tidak selaras.

Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua

Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua oleh beberapa peneliti dikenal dengan nama Formasi Notopuro, yang pertama kali dikemukakan oleh Van Bammelen (1949) dengan nama *Notopuro beds*. Beberapa peneliti menyebut satuan yang banyak mengandung konglomerat dan batu-pasir dikenal dengan sebagai Formasi Damar. Penulis menganggap bahwa seluruh endapan pada satuan ini bersumber pada Gunung Ungaran Tua, baik sebagai endapan vulkanik, endapan piroklastik maupun endapan fluvio-vulkanik. Dengan penamaan ini, diharapkan dapat dengan mudah dibayangkan konteks sejarah geologi pada saat itu.

Penyebaran dan Ketebalan

Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua ter-singkap di sepanjang Kali Tempuran, Kali Blimbing, Kali Talang dan Kali Silegak. Penyebarannya menempati sekitar 35% dari luas daerah telitian, meliputi Desa Pongangan, Desa Cepaka dan Desa Mijen.

Ciri Litologi

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, satuan ini terbentuk oleh batu-lempung, batuan breksi vulkanik dan batu-pasir vulkanik. Batulempung, abu-abu hitam, berukuran butir lempung-lanau, banyak mengandung fosil tumbuhan. Merupakan alas pada satuan ini.

Breksi vulkanik, kelabu coklat, fragmen andesit, kerikil-bongkah, menyudut-menyudut tanggung, sortasi buruk, fragmen mengambang dalam masa dasar. Fragmen terdiri dari basal, andesit dan batuapung.

Batupasir vulkanik, abu-abu coklat, pasir halus-kerikilan, bentuk butir menyudut-membulat tanggung, pemilihan buruk-sedang, tertanam pada masa dasar lempung dan gelas, komposisi mineral : lithic, kwarsa, min opak.

Umur

Van Bammelen (1949) menentukan bahwa Satuan Breksi Piroklastik Notopuro yang mempunyai kemiripan dengan satuan ini mempunyai umur Plistosen Tengah-Atas. Berdasarkan dari yang didapat dari pentarikh-an umur menggunakan metode C14 pada endapan batulempung (bagian alas satuan)

yang mengandung fosil kayu didapat umur 20.150 tahun (BP, 1950) atau pada kala Pliosen Atas.

Lingkungan Pengendapan

Pada bagian selatan satuan ini lebih banyak didominasi oleh endapan-endapan breksi piroklastik, ke arah utara bergradasi membentuk sekuen endapan breksi laharik, konglomerat dan batupasir vulkanik endapan fluviatil, serta batulempung endapan rawa.

Satuan ini pada bagian bawah merupakan endapan rawa dan sungai yang ditutupi produk gunungapi dengan facies vulkanik "*Medial Volcanoclastic-Distal Volcanoclastic Facies*" (Vessel dan Davies, 1981). Satuan ini merupakan hasil produk Gunungapi Ungaran Tua yang diendapkan pada lingkungan darat.

Hubungan Stratigrafi

Hubungan Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua dengan Satuan Batulempung Kalibiuk yang berada di bawahnya adalah tidak selaras. Dari data lapangan terdapat adanya bidang erosi dan ditemukannya batas ketidakselarasan. Hal ini dibuktikan dengan adanya perbedaan besarnya kedudukan lapisan batuan, batulempung Kalibiuk sebesar 20-40° membentuk struktur perlipatan. Sedangkan dip dari Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua < 10° ke arah utara, sedangkan pada batupasir di bagian utara membentuk antiklin dengan kemiringan sangat lemah. Sehingga dapat dikatakan jenis ketidakselarasan menyudut (*angular unconformity*), sedangkan hubungannya dengan Satuan

Endapan Vulkanik Ungaran Muda yang berada di atasnya terdapat selang waktu pengendapan, dicirikan oleh ditemukannya endapan paleosoil pada bagian atas satuan breksi vulkanik Ungaran Tua, tertutup oleh endapan vulkanik produk Ungaran muda.

Satuan Endapan Vulkanik Ungaran Muda

Satuan Endapan Vulkanik Ungaran Muda oleh Van Bammelen (1941 dan 1949) diberi nama *Young Ungaran* yang merupakan hasil endapan aktifitas Gunungapi Ungaran Muda, generasi ketiga dari pertumbuhan Gunung Ungaran, dimana pemunculannya berhubungan erat dengan proses gravitasional collapse.

Luas penyebaran Endapan Vulkanik Ungaran Muda secara umum meliputi sekitar pusat erupsi Gunung Ungaran yang membentuk kerucut Gunung Ungaran sampai lereng bawah, yang dibatasi oleh sesar melingkar (*ring fault*). Untuk daerah telitian satuan ini meliputi sekitar 15% wilayah, terletak di bagian selatan dan tersingkap pada daerah aliran Kali Tambangan dan Kali Gernaji. Ketebalan satuan ini, berdasar dari penampang profil geologi didapat sekitar 100 m.

Ciri Litologi

Breksi laharik, abu-abu, masif, kerikil-bongkah, bentuk butir membulat-membulat tanggung, sortasi buruk, kemas terbuka, fragmen: andesit, basalt, masa dasar berupa batupasir vulkanik.

Batupasir vulkanik, abu-abu keputihan, kerikil-pasir halus, bentuk butir menyudut-

menyudut tanggung, pemilihan buruk-sedang, mineral feldspar, kwarsa, lithic, mineral opak, lempung dan gelas.

Breksi piroklastik, kelabu, ukuran fragmen 2-5 cm, bentuk butir menyudut-menyudut tanggung, pemilihan buruk, kemas terbuka, masa dasar berupa tuf pasir.

Tuf, keabu-abuan, tekstur klasik, ukuran butir 0,02-0,08 mm, menyudut tangng-membulat tanggung, komposisi mineral utama, kwarsa, lempung, gelas.

Umur

Umur dari satuan batuan ini berdasarkan pertumbuhan dari Gunungapi Ungaran Muda berumur Kala Pliosen Atas-Holosen (Bemmelen, 1949).

Lingkungan Pengendapan

Gunung Ungaran Muda, seperti Gunungapi lainnya membentuk busur magmatik Jawa, merupakan gunungapi sub-aerial, yang terbentuk di atas busur kepulauan. Endapan-endapan yang dihasilkannya, seperti breksi laharik atau batupasir vulkanik diendapkan di darat.

Hubungan Stratigrafi

Hubungan stratigrafi Satuan Breksi Ungaran Muda dengan Satuan Breksi Ungaran Tua yang terletak di bawahnya memperlihatkan adanya selang pengendapan, jika dilihat secara vulka-nostratigrafi. Di lapangan terlihat adanya Satuan Breksi Ungaran Muda dengan Satuan Breksi Ungaran Tua, yang dibatasi oleh paleosoil.

Satuan Intrusi Andesit

Intrusi andesit membentuk morfologi bukit-bukit kecil, di sekitar sesar normal yang membatasi Satuan Vulkanik Ungaran Tua dengan Satuan Vulkanik Ungaran Muda (luas <1%). Pada umumnya intrusi ini, batuanannya mengalami pelapukan yang cukup kuat dan banyak terpotong oleh kekar-kekar (*shear fractures*).

Di lapangan menunjukkan warna abu-abu kecoklatan, masif, hipokristalin, porfiritik, ter-susun oleh kristal-kristal plagioklas, piroksen berukuran 0,4-1,3 cm, tertanam dalam mikrolit plagioklas, piroksen dan gelas vulkanik. Secara mikroskopis terlihat kandungan mineral opak, tekstur pilotaksitik.

Satuan Endapan Aluvial

Satuan ini terdiri atas rombakan batuan yang tertransport oleh media air, berukuran kerakal sampai lempung, yang terendapkan di sepanjang pantai utara dan di sekitar sungai. Endapan aluvial di wilayah penelitian melampar sangat luas di bagian utara, sebagai akibat dinamika pantai yang terus berkembang. Sebagian pemukiman, daerah perindustrian dan pengembangan kota bertumpu pada satuan ini. Secara umum satuan ini belum terkonsolidasi (terdiagnosa) dengan baik.

4.3. Struktur Geologi

Kekar

Pada daerah penelitian terdapat beberapa kekar yang disebabkan oleh tektonik.

Kekar-kekar dijumpai pada batuan breksi, batupasir dan batulempung, baik pada batuan yang berumur tersier hingga kuartar. Dari kenampakan pola kekar (*shear fractures*) yang ada terdapat beberapa tren arah kekar. Dari kenampakan tersebut, tren kekar yang ada dapat dikelompokkan menjadi dua, tren timurlaut yang berpasangan dengan tren baratlaut serta tren timurlaut yang berpasangan dengan tren baratlaut. Keberadaan tren arah umum kekar yang ada tersebut kemungkinan terbentuk oleh penyebab yang berbeda.

Sesar

Data penarikan jalur sesar didasarkan pada analisa selama survey di lapangan, penafsiran citra land-sat, serta data peneliti terdahulu. Kendala utama didalam mendapatkan data-data sesar adalah sebagian besar lahan tertutupi bangunan serta endapan aluvial.

Pada daerah telitian yang dikontrol oleh beragam batuan terdapat cukup banyak sesar, yang semuanya memotong satuan batuan berumur Tersier maupun Kuartar. Dari pengamatan, teridentifikasi adanya tujuh buah sesar turun, satu sesar naik dan tiga sesar mendatar. Sesar-sesar tersebut yaitu Sesar Naik Banyumanik, Sesar Mendatar Kali Garang, Sesar Turun Kreo, Sesar-sesar Turun Ungaran Tua dan Sesar-sesar Turun Ungaran Muda.

Sesar Naik Banyumanik

Sesar ini memiliki arah relatif Tenggara-Baratlaut (N110°-N290°E), melintas melewati

Jabungan sampai Pongangan, Kecamatan Banyumanik hingga Kecamatan Gunung Pati. Sesar ini membatasi Satuan Batupasir Banyak dan Satuan Batulempung Kalibiuk, memotong hingga Satuan Breksi Ungaran Tua. Sesar ini bertanggungjawab terhadap munculnya Satuan Batupasir Banyak ke permukaan. Pengamatan lapangan di Desa Kripik, Gunung Pati memperlihatkan kedudukan bidang sesar: N 96° E/70°, arah umum *shear fractures*: N 295° E/45° dan arah umum *gash fractures*: N 050° E/31°. Hasil analisa memberikan hasil Kdd Bidang: N 96° E/70°, Rake: 68°, Plunge: 67°, Bearing: N 238° E

Sesar Mendatar Kali Garang

Sesar ini memiliki arah relatif utara-selatan (N 05°E-N 185°E), yaitu melintas sepanjang Kali Garang. Sesar ini melintas dari utara mulai dari daerah Gajahmungkur sampai Gunung Swakul di bagian selatan. Kenampakan morfologi pada peta berupa kelurusan gawir sesar maupun data-data di lapangan seperti zona hancur, *shear fractures* dan *gash fractures*, pembalikan kedudukan perlapisan batuan dan *drag fold* menunjukkan pergeseran litologi, dapat ditarik kelurusan bahwa struktur yang berkembang adalah sesar mendatar. Beberapa peneliti terdahulu menyebut Sesar Kali Garang sebagai Sesar Semarang, yang menerus hingga ke lepas pantai Laut Jawa.

Sesar Turun Kreo

Merupakan satu-satunya sesar turun yang mempunyai tren seperti sesar mendatar, yang hamper memotong struktur utama

sumbu lipatan. Pada bagian selatan berarah timurlaut-baratdaya, ke arah utara menjadi utara-selatan. Data yang menunjukkan adanya Sesar Kreo adalah berupa gawir sesar, bidang sesar yang disertai kekar-kekar.

Kedudukan bidang sesar : $N 234^{\circ} E / 77^{\circ}$, arah umum shear : $N 250^{\circ} E / 52^{\circ}$, arah umum gash: $N 044^{\circ} E / 31^{\circ}$, dengan hasil analisa : Rake : 68° , Plunge : 67° , Bearing : $N 238^{\circ} E$

Sesar-sesar Turun Ungaran Tua

Sesar-sesar ini berada di bagian utara daerah penelitian, sebagian tertutupi oleh endapan aluvial pantai. Terdapat empat segmen sesar turun yang mempunyai arah umum relatif tenggara-baratlaut ($N 110^{\circ} E - N 290^{\circ} E$). keberadaan sesar-sesar ini diyakini ikut bertanggungjawab terhadap gejala penurunan di Wilayah Kota Semarang.

Sesar segmen utara melintasi daerah Plamongansari sampai Lamper Tengah. Sedangkan segmen selatannya melintasi daerah Pengaron sampai Karangayu. Sesar paling selatan melintasi mulai wilayah Tembalang hingga Ngaliyan. Sesar-sesar ini semuanya memotong Satuan Breksi Ungaran Tua.

Sesar-sesar Turun Ungaran Muda

Sesar turun yang mengakibatkan Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Muda ini, membentuk tiga segmen patahan membentuk pola setengah lingkaran. Segmen pertama paling besar, berada paling utara, membatasi Satuan Breksi Ungaran Muda dan Satuan Breksi Ungaran Tua. Sedangkan dua segmen lainnya yang berada di selatannya hanya memotong Satuan Breksi Ungaran Muda. Berbeda

dengan sesar turun di bagian utara yang mengontrol Satuan Breksi Ungaran Tua, sesar ini membentuk bidang yang relatif miring ke arah selatan, sehingga bagian hanging wall yang turun adalah di bagian selatan.

Sesar turun segmen 1 paling utara memiliki arah tenggara-baratlaut ($N 120^{\circ} E - N 300^{\circ} E$). Sesar ini melintasi Daerah Pudukpayung sampai Jatisari. Sesar ini membatasi Satuan Breksi Ungaran Tua dan Satuan Breksi Ungaran Muda.

Sesar turun segmen 2 berada sekitar 1 km selatan sesar segmen 1. Memiliki arah tenggara-baratlaut ($N 118^{\circ} E - N 298^{\circ} E$). Sesar ini melintasi Daerah Sumurejo sampai Gunungpati, memotong batuan Satuan Breksi Ungaran Muda. Sesar turun segmen 2 punya kemenerusan dengan sesar segmen 3.

Sesar turun segmen 3 mempunyai arah relatif lebih miring ke utara, yaitu arah baratdaya-timurlaut ($N 55^{\circ} E - N 235^{\circ} E$). Sesar ini melewati daerah Purwosari memotong Satuan Breksi Ungaran Tua.

Lipatan

Struktur lipatan di daerah penelitian berupa antiklin dan sinklin yang mempunyai jurus relatif baratlaut-tenggara di bagian timur, bergradasi membentuk arah barat-timur di bagian barat. Lipatan melibatkan Satuan Batupasir Banyak, Satuan Batulempung Kalibiuk dan Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua, membentuk tiga kelurusan sumbu sinklin dan dua kelurusan sumbu antiklin.

Antiklin

Antiklin di wilayah penelitian mempunyai trex lipatan secara umum dengan arah sumbu relatif sama yaitu baratlaut-tenggara, dengan kedudukan perlapisan miring ke arah

Batulempung Kalibiuk dan Satuan Breksi Ungaran Tua. Antiklin pada Satuan Batulempung Kalibiuk mempunyai kemiringan lapisan batuan yang lebih besar dibanding kemiringan lapisan Satuan Breksi Vulkanik

Tabel 1. Kejadian Gempa Tektonik di Sekitar Semarang (Irsyam, dkk., 2002; Sayekti dan Murdohardono, 2004).

No.	Lokasi/Episentrum	Hiposentrum (km)	Waktu	Skala MMI	Skala Richter
1.	Jepara	-	26-12-1981	VI-VII	-
2.	Semarang	-	19-01-1856	VII-VIII	-
3.	Banyubiru	-	17-06-1865	VII	-
4.	Ambarawa	-	22-04-1866	VI	-
5.	Salatiga	-	10-10-1872	VI	-
6.	Pati	-	12-12-1890	VII	-
7.	7,0°LS,111,0°BT	33	04-06-1948	-	-
8.	7,0°LS,111,5°BT	-	03-01-1959	-	-
9.	7,0°LS,110,4°BT	238	20-01-1966	-	5,0
10.	7,0°LS,110,6°BT	220	10-01-1968	-	5,4
11.	7,0°LS,111,2°BT	85	05-10-1974	-	4,4
12.	7,0°LS,113,2°BT	33	17-19-1974	-	4,3
13.	7,0°LS,110,4°BT	106	08-11-1974	-	5,6
14.	7,0°LS,112,3°BT	33	10-11-1974	-	-
15.	7,0°LS,111,4°BT	33	01-02-1976	-	4,0
16.	7,0°LS,108,6°BT	33	01-03-1978	-	-
17.	7,0°LS,108,3°BT	-	09-04-1978	-	4,7

utara mulai dari N 273°E/23°, N 268°E/55° dan bagian yang miring ke selatan N 98°E/65°, N 106°E/46°. Pada sayap sebelah utara beberapa bagian perlapisan batuan yang berumur Tersier terutama pada Satuan Batulempung Kalibiuk telah mengalami pembalikan dengan kemiringan lapisan kurang-lebih 83° dan sayap bagian selatan dengan kemiringan kurang-lebih 75°.

Dari analisa peta geologi, sumbu antiklin berada pada dua satuan batuan, yaitu Satuan

Ungaran Tua yang berada di atasnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses perlipatan telah mulai sebelumnya dan berlanjut sampai setelah Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua diendapkan.

Sinklin

Sinklin yang ada di daerah penelitian mempunyai arah sumbu relatif sama dengan sumbu antiklinnya, yaitu relatif baratlaut-tenggara dengan kemiringan lapisan kurang-lebih 28° hingga 75°. Dari kenampakan peta

geologi menunjukkan bahwa tiga satuan batuan, mulai yang tertua Satuan Batupasir Banyak, Satuan Batulempung Kalibiuk dan Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua telah mengalami perlipatan. Seperti pada struktur antiklin, kedudukan lapisan satuan batuan dibawahnya, yaitu sekitar 3° hingga 10° . Di bagian barat sumbu di batulempung Kalibiuk menerus pada breksi vulkanik Ungaran Tua, walaupun besar dip batuananya berbeda.

4.4. Tinjauan Neotektonik Indikasi Struktur Geologi

Di beberapa tempat, batuan-batuan berumur Kuartar yang termasuk dalam Formasi Kalibiuk, Satuan Breksi Ungaran Tua, serta Satuan Breksi Ungaran Muda, dipotong oleh struktur sesar maupun struktur kekar. Struktur sesar di Ds. Rowosari, wilayah Kota Semarang bagian Selatan, memotong per-selingan batupasir vulkanik dan breksi vulkanik Satuan Breksi Ungaran Tua menunjukkan kedudukan bidang sesar $N 156^{\circ}E/75^{\circ}$. Beberapa kekar menunjukkan kedudukan $N 335^{\circ}E/65^{\circ}$, $N 21^{\circ}E/78^{\circ}$, $N 161^{\circ}E/75^{\circ}$ dan $N 18^{\circ}E/82^{\circ}$. Adanya struktur lipatan dan struktur sesar yang melibatkan perselingan batupasir dan breksi Satuan Breksi Ungaran Tua menunjukkan proses tektonik masih aktif sampai Semarang.

Indikasi Gempa Tektonik

Berdasarkan laporan dari SEASEE (Irsyam dkk., 2002) serta beberapa sumber yang dikutip Sayekti dan Murdohardono (2004), di Wilayah sekitar Semarang tercatat telah beberapa kali terjadi gempa tektonik

dengan kekuatan sedang hingga cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa aktifitas tektonik di wilayah ini tetap berlangsung terus hingga sekarang.

Untuk gempa dengan skala MMI kurang dari V, kuantitasnya lebih banyak, sebagian besar episentrumnya di sekitar jalur sesar Lasem yang berarah NE-E, dengan kedalaman sekitar 30-250 km.

Indikasi Geomorfologi

Di beberapa tempat, teras sungai telah terangkat cukup tinggi dari level aliran sungai yang ada sekarang. Ini menunjukkan bahwa proses tektonik yang menyebabkan pengangkatan masih berlangsung hingga sekarang.

Di Kali Kreo, teras sungai tersingkap di beberapa ketinggian, yaitu teras pertama pada ketinggian sekitar 25 m, sedangkan teras kedua pada ketinggian 65 m, teras paling tua ketinggiannya mencapai lebih dari 100 m. Sedangkan di Kali Garang, teras sungai tersingkap pada tiga ketinggian. Teras pertama nampak pada ketinggian 10 m, teras kedua pada ketinggian 25 m dan teras ketiga pada ketinggian 45 m.

Teras endapan fluvio-vulkanik Kali Garang dan Kali Kreo merupakan bagian dari Satuan Breksi Vulkanik Ungaran Tua, dengan bagian bawahnya terdiri dari endapan batulempung berumur 20.150 tahun (BP, 1950) atau 22.100 tahun yang lalu. Dengan demikian, teras Kali Kreo telah mengalami pengangkatan lebih dari 100 m sepanjang 22.100 tahun (paling lama) atau kecepatan pengangkatan $eS 0,4$ cm/tahun.

Indikasi Land Subsidence

Bahwa sebagian besar Wilayah Kota Semarang telah mengalami penurunan, tidak terbantahkan lagi. Beberapa penelitian menunjukkan dari selatan wilayah Kota Semarang ke utara, menunjukkan intensitas penurunan yang makin besar (lih. Peta Land Subsidence). Data pengukuran yang dilakukan DTLGKP-Georisk (Sayekti, A. 2005) menyebutkan bahwa penurunan tanah di kota Semarang mulai $<0,6$ hingga >3 c/th. Penurunan yang cukup besar terjadi di bagian utara, yaitu sekitar pelabuhan Tanjung Emas, Stasiun Poncol hingga Stasiun Tawang. Hasil penelitian FT Undip di tahun 2005 menyebutkan kawasan Tawang, Pelabuhan, Kotalama, Tanah mas mengalami penurunan 5 - 10 cm/th.

Dengan membandingkan kenampakan peta amblesan tanah dan peta struktur geologi, serta pola morfologi, menunjukkan bahwa pola amblesan tanah menyerupai/ terkontrol oleh pola struktur patahan. Dan pola morfologi Kota Semarang berarah relative tenggara timur-barat barat laut (NWW-SEE). Hal ini menunjukkan bahwa amblesan tanah di Kota Semarang dikontrol oleh patahan yang ada atau sangat dipengaruhi oleh proses tektonik.

4.5. Tinjauan Geologi Terjadinya Miskelola Lahan di Wilayah Kota Semarang

Dari hasil pengamatan lapangan miskelola lahan dijumpai pada beberapa lokasi di kompleks perumahan dan kawasan industri. Beberapa kompleks perumahan, para pengembang memilih lokasi berada di lereng-lereng

perbukitan struktural. Lokasi tersebut kebanyakan batuan dasarnya terdiri dari batulempung berselingan dengan batupasir yang telah terdeformasi sangat kuat sehingga didalam batuan tersebut banyak ditemukan struktur kekar maupun sesar. Apabila memasuki musim penghujan batulempung akan menjadi cepat jenuh, volumenya mengembang, dimana tahanan geser antar lapisan batuan menjadi semakin bekurang sampai hilang. Akibatnya pada daerah yang berlereng curam akan sangat rawan terjadi longsoran massa batuan. Dan pada daerah lereng landai rawan terjadi rayapan tanah.

Hasil pengamatan di salah satu kawasan industri di Wilayah Bambaankerep yang membutuhkan areal yang sangat luas, mencapai puluhan hektar, menempati bentuk lahan perbukitan lipatan. Model penyediaan lahan dilakukan dengan cara pengerukan dan pemotongan lahan perbukitan. Dengan cara tersebut batuan fluvio vulkanik Ungaran Tua yang berperan sebagai pelindung kestabilan lereng, juga berperan sebagai reservoir air tanah pada lapisan batupasir dan konglomerat, akan ikut hilang terkelupas akibat pengerukan dan pemotongan perbukitan lipatan. Hasilnya tinggal batuan lempungan yang bersifat plastis dan tidak stabil, dimanfaatkan sebagai batuan dasar kawasan industri.

Fenomena yang sangat fatal telah terjadi di bagian tepi dari kawasan industri, akibat pengerukan dan pemotongan lahan perbukitan, meninggalkan jejak berupa tebing

curam memanjang. Tebing tersebut posisinya berdekatan dan sejajar, dengan struktur sesar (patahan) utama yang memotong lahan perbukitan lipatan. Dampaknya tampak pada lahan perbukitan yang berada di sekeliling kawasan industri yang di atasnya telah lama dihuni sebagai perkampungan penduduk menjadi sangat labil, karena kehilangan keseimbangan akibat daya topang dari perbukitan di sebelahnya telah hilang.

Bencana yang telah dan akan terus terjadi berupa rayapan tanah "*soil creep*" disepanjang musim. Longsoran tanah dan batuan sudah terjadi pada beberapa lokasi di sepanjang tebing pada musim penghujan. Bencana tersebut akan berhenti apabila telah mencapai keseimbangan yang baru yang memerlukan waktu yang sangat lama.

Miskelola Lahan di Dataran Bekas Pantai

Dampak dari miskelola lahan yang terjadi akibat program pembangunan di lahan dataran bekas pantai yang sekarang menjadi pusat kota sudah lekat dengan kehidupan masyarakat Kota Semarang, yaitu berupa banjir kiriman di musim penghujan dan genangan air laut pasang "*rob*" di sepanjang musim. Genangan yang luas dan lama terjadi di pusat Kota Semarang bagian utara yang makin meluas ke bagian tengah. Bencana tersebut erat kaitannya dengan pembangunan jalan lingkar yang sejajar dengan garis pantai dan proyek pengerukan/penimbunan kawasan pantai untuk pembangunan perkantoran, perumahan, sarana rekreasi, sarana pendukung pelabuhan dan lapangan udara. Per-

ubahan tata guna lahan di kawasan tersebut mengakibatkan terjadinya sumbatan-sumbatan aliran menuju laut yang tentu saja peranan perubahan lingkungan alami di kawasan hulu juga mempunyai andil sangat besar. Sebagai akibat dari banyaknya air hujan yang menjadi aliran permulaan menuju kawasan hilir yang lebih rendah di pusat Kota Semarang.

Pembangunan di kawasan pantai tersebut tidak dilandasi dengan pemahaman tentang ekologi pantai dan sungai. Dari sudut pandang geologi, pusat Kota Semarang dibangun/berdiri di atas endapan berumur sangat muda "*holosen*". Endapan muda tersebut sedang mengalami proses pemadatan dan konsolidasi. Di samping itu batuan dasarnya juga sedang mengalami proses penurunan "*down warp*", dalam istilah teknik sipil disebut *subsidence*. Dari proses pemadatan dan penurunan batuan dasar, kondisi lahan di pusat Kota Semarang bagian utara dan tengah sedang mengalami proses penurunan dengan kecepatan 4 - 10 cm/tahun. Akibatnya permukaan lahan di kawasan tersebut sudah berada di bawah permukaan air laut. Sehingga apabila terjadi air laut pasang, di kawasan tersebut selalu terjadi genangan "*rob*" yang makin lama makin meluas ke arah selatan.

4.6. Pembahasan

Kota Semarang merupakan kota besar yang dibangun di atas bentuk lahan dataran pantai dan bentuk lahan perbukitan struktural. Berdasarkan tinjauan geologi kedua bentuk lahan tersebut, usia pembentukannya masih sangat muda, yaitu akhir Jaman Kuarter

pada kala holosen. Proses tektonik yang bekerja masih berlangsung sampai sekarang dengan arah pergerakan yang saling berlawanan. Pada zona perbukitan di bagian selatan terjadi proses pengangkatan dan pensesaran "up lift" dan pada zona dataran bekas pantai di bagian utara terjadi proses penurunan dasar cekungan "down warping". Pergerakan tersebut berlangsung secara perlahan dengan kecepatan hanya beberapa cm per tahun, sehingga tidak pernah dirasakan oleh penghuni di atasnya. Akan tetapi dalam waktu lama akan sangat besar pengaruhnya terhadap keberadaan Kota Semarang.

Secara alami zona perbukitan akan terdenudasi oleh proses-proses eksogenik. Sebagian hasil denudasi akan ditranspor melalui sungai-sungai yang mengalir dan bermuara di daerah rendahan yang merupakan bagian dari cekungan sedimentasi Laut Jawa. Suplai sedimen berjalan seimbang dengan proses penurunan dasar cekungan, sehingga dataran pantai tidak sampai tenggelam di bawah muka air laut, bahkan dapat mengalami pertumbuhan ke arah utara.

Dengan dibangun sebuah kota di atas bentuk lahan perbukitan dan dataran pantai yang proses tektoniknya masih berjalan aktif, tentu akan mengganggu keseimbangan alam. Gejala tersebut sudah mulai muncul berupa terjadinya bencana geologi, antara lain: di zona dataran pantai terjadi genangan air laut "rob" akibat terhentinya suplai sedimen yang tidak bisa mengimbangi laju penurunan

dasar cekungan. Lambat laun genangan air laut menjadi semakin dalam dan luas.

Ke arah selatan Kota Semarang juga dibangun di atas bentuk lahan perbukitan, yang merupakan bagian dari Zona Pegunungan Kendeng atau Serayu Utara. Secara tektonik daerah tersebut masih aktif mengalami proses pelipatan, pengangkatan dan pensesaran. Pembangunan infrastruktur kota dengan cara pengeprasan dan pemotongan bukit, juga kegiatan penambangan pada batuan vulkanik yang berperan sebagai lapisan pelindung menjadi sangat berbahaya. Kegiatan tersebut dapat memicu lapisan plastis dibawahnya akan terdesak keluar melalui struktur sesar maupun kekar. Akibatnya daerah tersebut menjadi sangat rawan terjadi bencana pergeseran massa batuan maupun tanah longsor.

4.7. Kesimpulan

1. Dari hasil kajian geologi Wilayah Kota Semarang, batuan penyusun wilayah tersebut terdiri dari batuan-batuan sedimentasi marine yang berumur lebih tua dari 2 juta tahun yang lalu (Tersier). Batuan tersebut terdiri dari perselingan batulempung dan batupasir yang banyak mengandung fosil foraminifera dan moluska marine transisi, di atasnya terendapkan secara tidakselarar oleh sedimen vulkanik produk Ungaran Tua berumur Plistosen atas - Holosen.
2. Proses tektonik di Wilayah Kota Semarang masih berjalan aktif sampai sekarang.

Proses tersebut diketahui dari struktur sesar/patahan, kekar dan lipatan yang melibatkan Endapan Vulkanik Ungaran Tua. Disamping itu, proses tektonik tersebut mengakibatkan terbentuknya Tinggian Banyumanik-Mijen dan Rendahan di Wilayah Semarang bagian utara yang mengalami proses penurunan.

3. Miskelola lahan banyak ditemukan di berbagai lokasi, baik di bentuk lahan perbukitan Wilayah Kota Semarang bagian selatan maupun di lahan dataran bekas pantai Wilayah Semarang bagian utara. Miskelola tersebut mengakibatkan berbagai bencana alam, antara lain banjir genangan di musim penghujan, rayapan dan longsor tanah dan batuan serta meluasnya genangan air laut pasang "rob".

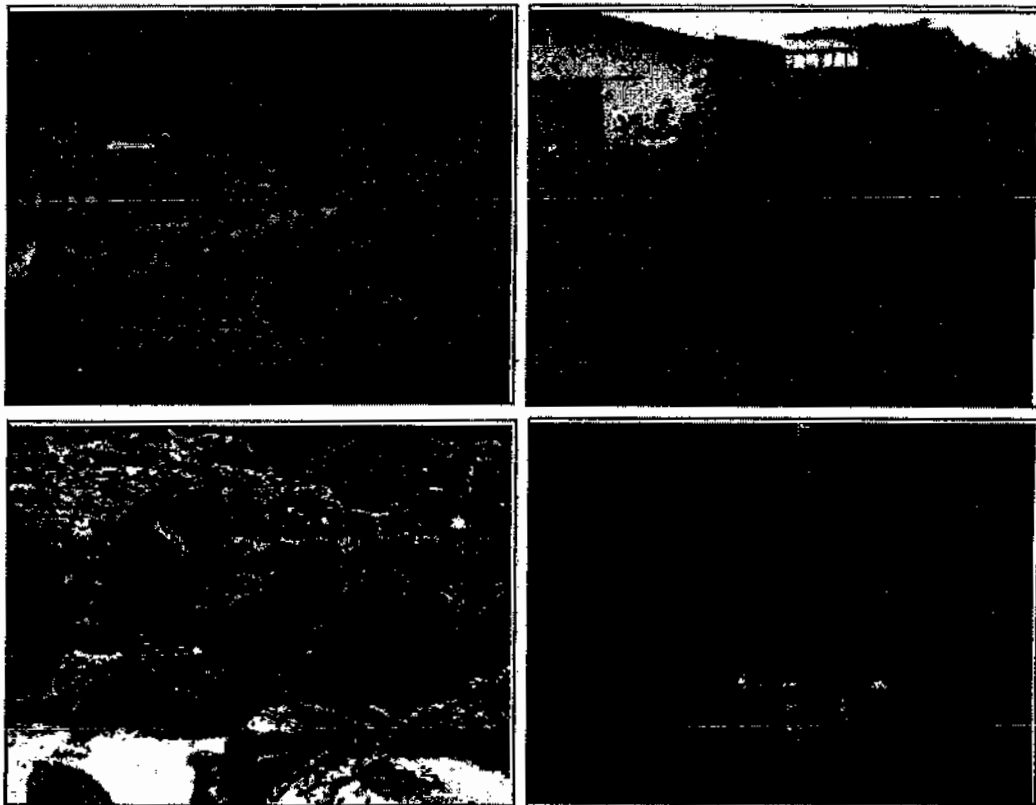
4.8. Saran

1. Program pembangunan fisik di Wilayah Kota Semarang mestinya memperhatikan kondisi geologi dan proses neotektonik yang masih aktif.
2. Program pembangunan fisik hendaknya jangan mengubah topografi alami di Wilayah Kota Semarang, program pembangunan harus memperhatikan keseimbangan alam serta memahami kondisi geologi maupun ekologi, khususnya proses geologi yang masih aktif di Wilayah Kota Semarang sampai sekarang.

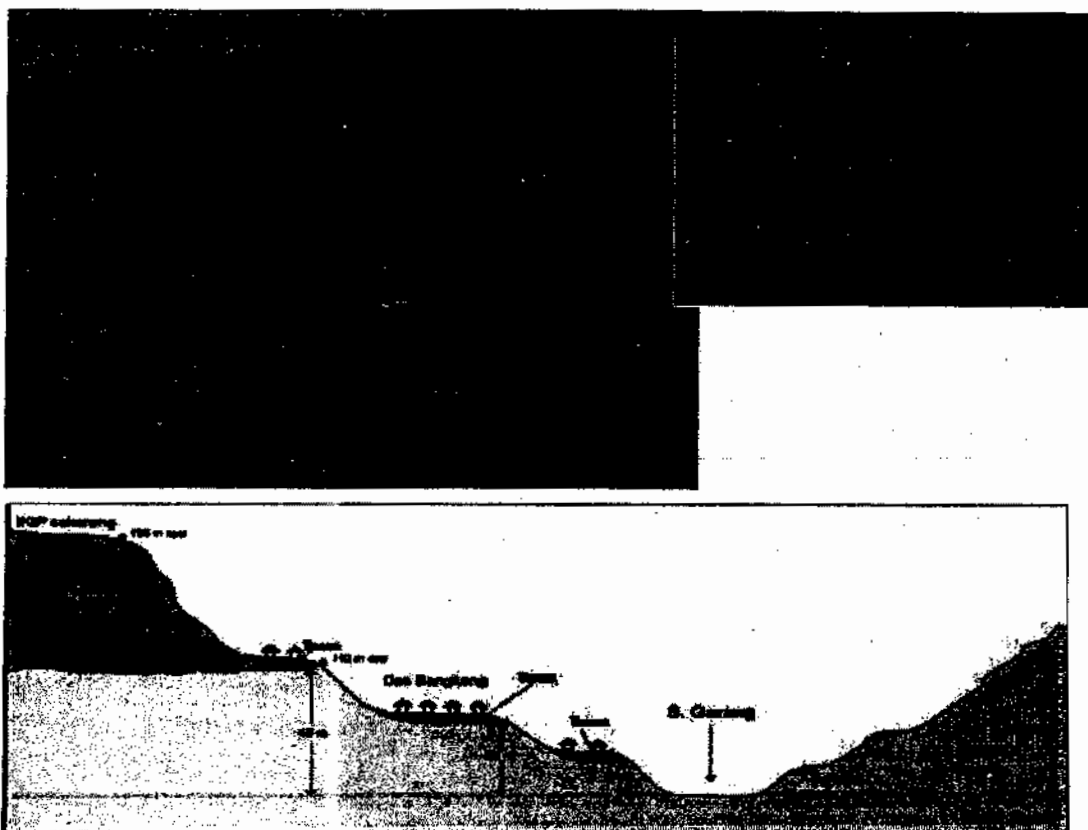
Daftar Pustaka

- Angelier, J., 1989, *Neotectonique de L'Arc Egee*, Societe Geologique Du Nord, Publication No.3.
- Kuehn, F., 2006, *Land Subsidence Monitoring for Semarang, Indonesia using Permanent Scatterer Interferometry*, Preliminary Report, Slide Presentation, Unpublishing.
- Irsyam, M., dkk., 2002, *Overview of Seismotectonic Setting and Earthquake Microzonation for Semarang*, Proceeding of the First International Seminar on Geotechnical Engineering.
- Kertapati, E.K., 2006, *Studi Tektonik Daerah Muria untuk Seismic Hazard Assesment Keselamatan Pusat Listrik Reaktor Daya Ujung Lemahabang, Muria, Jawa Tengah, Indonesia*, Geological Survey Institute of Indonesia.
- Marks, P., dan Tjokrodihardjo, 1956, *Dataran Kota Jakarta dan Pemeriksaan Foraminifera dari Pemboran Kebayoran*, Publikasi Keilmuan Seri Geologi, No.Dn 1197, hal.41., Pusat Jawatan Geologi, Bandung.
- Mial, A.D., 1984, *Principles of Sedimentary Basin Analysis*, Springer-Verlag-New York-Berlin-Tokyo.
- Pratiknyo, P., 1997, *Neraca Air dan Potensi Air Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya Propinsi Jawa Tengah*, Tesis Magister Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung, Tidak Dipublikasikan.
- Satyana, A.H. dan Purwaningsih, M.E.N., *Lakukan Struktur Jawa Tengah Suatu Segmentasi Sesar Mendatar*.
- Sayekti, A. dan Murdohardono, D., 2004, *Inventarisasi Bahaya Geologi untuk Pengembangan Wilayah dan Penataan*

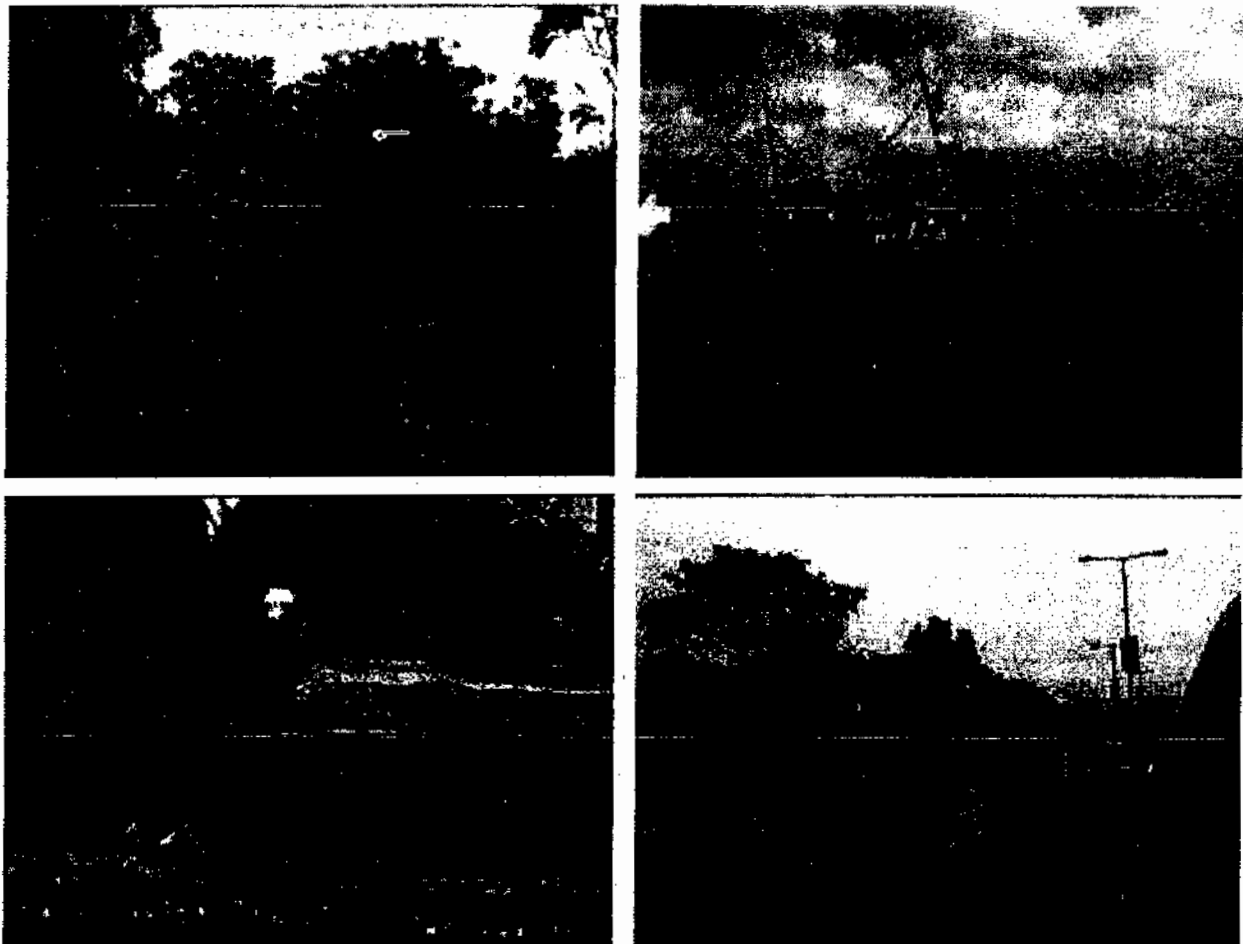
- Ruang di Semarang, Propinsi Jawa Tengah*, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Dirjen Geologi dan Sumber Daya Mineral. Tidak Dipublikasikan.
- Sukardi, 1973, *Pengamatan Neotektonik dan Morfogenesis Kota Jakarta*, Ditjen Geologi, Dinas Geologi Teknik, Journal Hidro-geologi, No.1799, hal.19-29.
- Untung, M. dan Hasegawa, H., 1975, *Penyusunan dan Pengolahan Data beserta Penafsiran Peta Gaya Berat Indonesia*, Geologi Indonesia, Vol.2, No.3, hal.11-17.
- Untung, M. dan Wiriosudarmo, G., 1975, *Pola Struktur Jawa dan Madura sebagai Hasil Penafsiran Pendahuluan Data Gaya Berat*, Vol.2, No.1, hal.15-24.
- van Bemmelen, R.W., 1941, *Geologische Kaart Van Java*, Toelichiting Dig De Bladen, 73(Semarang) En 74(Vengaram).
- van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol.1A, The Hauge Martinus N Jhoff, 732.



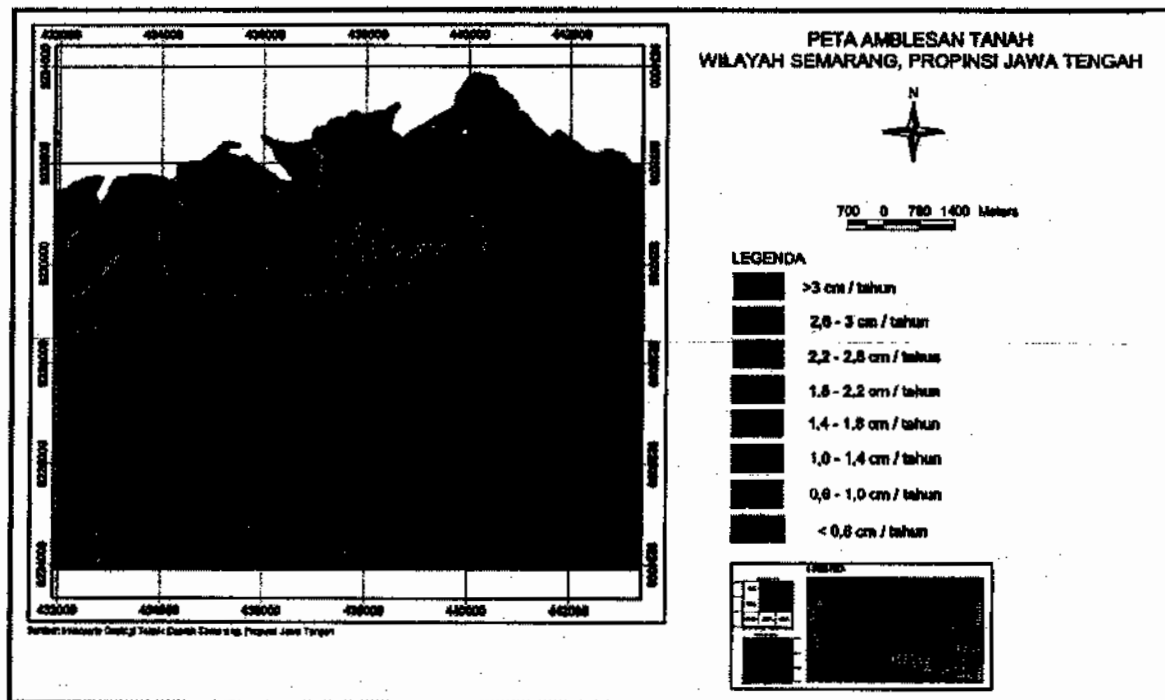
Gambar 3. Foto yang memperlihatkan kenampakan berbagai satuan batuan di daerah telitian. Berturut-turut searah jarum jam adalah a) Satuan Batupasir Banyak, b) Satuan Batulempung Kalibiuk, c). Singkapan sedimen vulkanik Ungaran Tua, dan d) Satuan Breksi Ungaran Muda



Gambar. 4. Kenampakan penampang teras sungai Garang. Lokasi di belakang kampus UNES



Gambar. 5. Kenampakan beberapa fenomena geologi di kota Semarang. Berturut-turut searah jarum jam adalah a) kenampakan gerakan massa batuan dan tanah, b) rayapan tanah, c) amblesan dan d) rob



Gambar. 6. Peta amblesan tanah wilayah Semarang, Provinsi Jawa Tengah (Sayekti, 2005)