

## PERUBAHAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN HUBUNGANNYA DENGAN TEKTONIK KUARTER

(Studi Kasus Geologi Kuarter di Wilayah Dataran Rendah Aluvial Hingga Pantai Sepanjang Maron- Sikucingkrajan, Kec. Gemuruh, Kab. Kendal (Jawa Tengah))

S. Poedjoprajitno, H. Moechtar dan S. Hidayat

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

### SARI

Studi endapan Kuarter yang terdapat di dataran rendah aluvial wilayah pantai Kec. Gemuruh, Kabupaten Kendal, (Provinsi Jawa Tengah) telah dilakukan. Studi ini mencakup analisis geologi permukaan dan bawah permukaan, khususnya terhadap enam hasil pemboran di sepanjang lintasan berarah utara-selatan, dengan kedalaman antara 2,80 hingga 6,65 m. Endapan Kuarter tersebut terdiri dari Anggota Batupasir Formasi Damar (Tpds), Formasi Damar (Qtd), endapan-endapan cekungan banjir dan alur sungai.

Didasarkan atas korelasi tegak dan mendatar ragam lingkungan pengendapan di daerah penelitian ditemukan akumulasi pengendapan berkaitan dengan pensesaran, yang di bagian barat sangat dipengaruhi oleh sesar normal. Selama proses pengendapan, terekam 2 fase kegiatan tektonik. Kedua fase kejadian tersebut adalah (1) kegiatan sesar naik memanjang dari barat ke timur, dan (2) sesar naik yang juga ber-arah barat-timur di bagian utara dan diikuti oleh sesar normal ber-arah hampir utara-selatan. Kegiatan tektonik ditandai oleh mendangkalnya lereng pengendapan.

Kata Kunci : Endapan Kuarter, tektonik, geologi struktur, akumulasi pengendapan

### ABSTRACT

*Quaternary deposits of the alluvial plain to coastal plains in the Kec. Gemuruh, Kabupaten Kendal in the north-coast of Java (The Central Java Province) have been studied. The study was based on an analyses of geological surface and subsurface, especially of six boreholes information obtained along the North-South, and the penetration of the bore head varied from 2.80 to 6,65 m. These Quaternary deposits, can be divided into Members of Sandstone Damar Formation (Tpds), Damar Formation (Qtd), floodbasin and river channel deposits.*

*Based on the correlation of the lateral and vertical variations of the deposition environment in the eastern part, the sediment accumulations were recognised which are related to fault activities. Whereas, the sediment accumulations in the western part influenced by normal fault. The tectonic activities which controlled the deposition processes were recorded as two stages. These were, (1)the activity of uplift fault obtained along the West to East, (2)the activity of uplift with direction West to East in the northern part followed by activity of normal fault towards almost North-South. Relative sea-level changes affect coastal-plain environment, they are influenced by local tectonic and global of sea-level changes. The tectonic activity also would cause shallowing and steepening of the depositional slope.*

*Keywords : Quaternary sediments, tectonic, structure geology, sediment accumulation*

### PENDAHULUAN

Secara administratif daerah penelitian termasuk wilayah Kec. Gemuruh, Kab. Kendal, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1). Sebagian besar wilayah penelitian merupakan dataran rendah dekat pantai, yang memiliki sedikit daerah perbukitan dan berumur Kuarter (Hidayat drr., 2008).

Ciri cekungan Kuarter di wilayah pesisir Kendal, memiliki aneka ragam akumulasi perubahan lingkungan pengendapan yang terbentuk pada bagian cekungan turun (*subsidence*) yang dialasi oleh Formasi Damar berumur Plistosen Bawah. Dilatarbelakangi pemikiran bahwa, peristiwa tektonik terjadi bersamaan dengan berlangsungnya proses pengendapan (*syn-sedimentary tectonic*), peristiwa tersebut dapat dijelaskan berdasarkan runtunan stratigrafi dan hubungannya dengan akumulasi pengendapan. Maka salah satu tujuan

studi ini dilakukan untuk mempelajari hubungan antara stratigrafi Kuartar di daerah dataran rendah aluvial hingga pantai yang dipengaruhi oleh gerak-gerak sesar aktif.

## Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pemboran dangkal yang menggunakan bor tangan (*hand auger*) di dataran rendah aluvial hingga dataran pantai. Pemboran dilakukan di 6 lokasi, dengan kisaran kedalaman antara 2,80-6,65 m. Data pemboran yang diperoleh dipelajari aspek sedimentologi dan perkembangan pembentukan fasies pengendapan-nya. Perubahan fasies secara vertikal baik tegas ataupun berangsur, warna, pelapukan, komposisi mineral, perubahan butiran didiskripsi secara seksama, dan diplot kedalam penampang tegak (*bor logs*) bersekala 1:100. Semua data pemboran dikorelasikan dan dikelompokkan menjadi beberapa interval dengan urutan sebagai berikut :

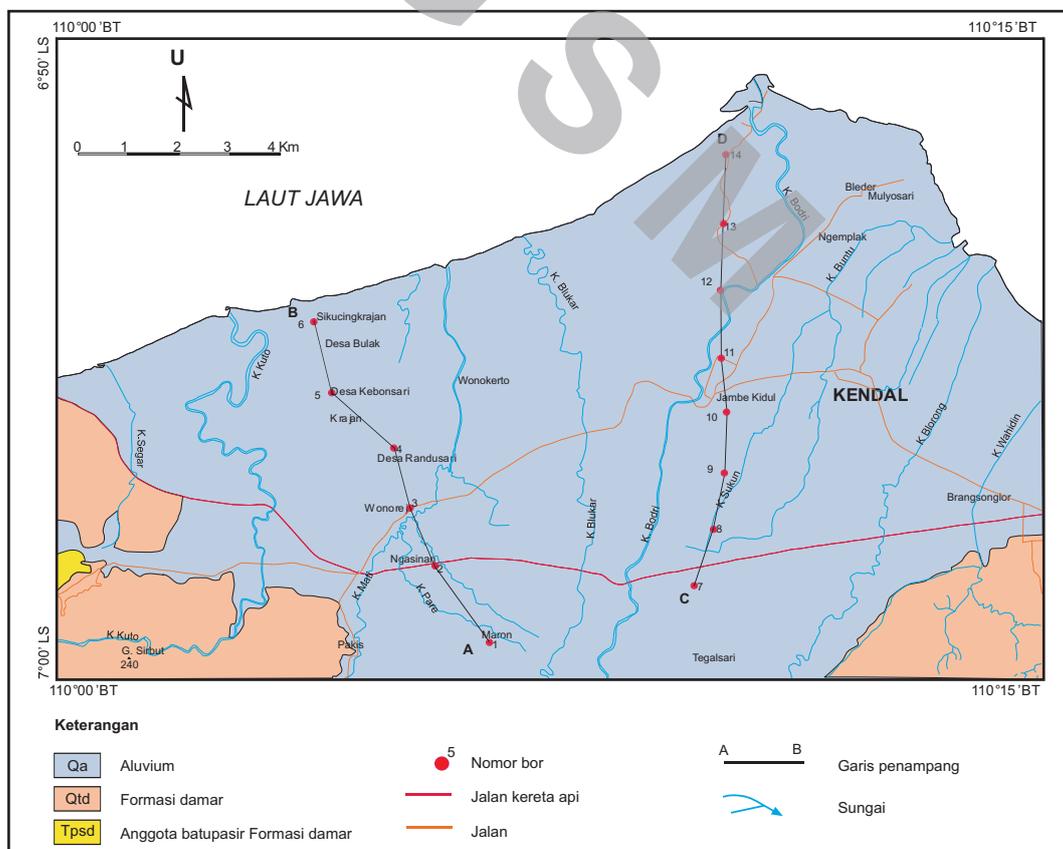
a. Mendeskripsi litologi hubungannya dengan lingkungan pengendapan;

b. Menelaah perubahan lingkungan kaitannya dengan faktor kendalipembentukannya;

c. Mengkaji proses perubahan lingkungan pengendapan kaitannya dengan gerak-gerak struktur sesar;

d. Mendiskusikan tentang keterkaitan akumulasi pengendapan terhadap tektonik.

Berdasarkan susunan stratigrafi tersebut, faktor kendali proses pembentukan sedimen itu dapat ditelusuri. Selain pemboran, pekerjaan lapangan juga melakukan pengukuran struktur geologi yang terekam pada Formasi Damar dan mengamati aspek geomorfologi. Berdasarkan analisis sesar, analisis geomorfologi dan analisis stratigrafi Kuartar, maka selanjutnya ditafsirkan pola struktur regional daerah telitian yang dibantu pula oleh kelurusan dari citra landsat. Akhirnya, efek dari tektonik dapat dijelaskan berdasarkan akumulasi pengendapan Kuartar (Penampang A-B) dan akumulasi pengendapan pada cekungan turun (Penampang C-D) sebagaimana yang disimpulkan oleh Hidayat dr. (2008), kaitannya terhadap gerak-gerak struktur.



Gambar 1. Peta Geologi (Thanden dkk.1996), dan lintasan pemboran daerah Kendal dan sekitarnya, Jawa Tengah.

## Geologi Daerah Penelitian

Daerah Kendal sekitarnya termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa bersekala 1:100.000 (Thanden, drr., 1996) (Gambar 1). Tataan stratigrafinya tersusun oleh endapan permukaan dan batuan sedimen berumur Tersier Atas hingga Kuartar. Batuan tertua terdiri atas batuan sedimen, yaitu Formasi Damar (Qtd) dan Anggota Batupasir Formasi Damar (Tpds). Anggota Batupasir Formasi Damar tersusun oleh batupasir tufan, dan konglomerat, sebagian terikat kalsit. Bagian bawah berupa konglomerat aneka bahan tersemam karbonat yang ke arah atasnya menjadi batupasir tufan dan konglomerat andesit, sebagian tersemam bahan karbonat, yang diendapkan pada lingkungan laut. Tersingkap di utara Gunung Sirbut sebelah barat daerah telitian. Sedangkan Formasi Damar terdiri atas batupasir tufan, konglomerat, breksi vulkanik. Batupasir mengandung mineral mafik, feldspar dan kuarsa. Breksi vulkanik mungkin diendapkan sebagai lahar. Formasi ini sebagian diendapkan berupa fasies darat, setempat ditemukan moluska, dan sisa vertebrata. Tersebar di bagian baratdaya dan tenggara (Gambar 1).

Susunan stratigrafi termuda terdiri yaitu endapan permukaan, adalah berupa aluvium. Aluvium ini menempati dataran pantai, sungai dan danau. Dataran pantai umumnya terdiri atas lempung dan pasir dengan ketebalan mencapai 50 m atau lebih. Endapan pasir yang membentuk endapan delta adalah sebagai lapisan pembawa air dengan tebal 80 m lebih (Thanden, drr., 1996). Endapan sungai dan danau terdiri atas kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1 - 3 m. Bongkah tersusun dari andesit, batugamping dan sedikit batupasir.

## GEOLOGI KUARTER

### Litologi

#### – Formasi Damar dan Anggotanya

Bagian atas dicirikan oleh lempung hingga lempung pasiran berwarna coklat kemerahan, sedangkan bagian bawahnya memiliki warna yang semakin gelap dengan kandungan pecahan/ fragmen batuan, lengket yang ditafsirkan sebagai pelapukan setempat (*colloival deposits*). Perubahan warna antara bagian atas dan bawah berkaitan dengan proses pelapukan. Dalam penelitian ini, Formasi Damar dianggap sebagai batuan dasar (*basement*) yang mengalasi endapan Kuartar muda (aluvium) hingga bawah permukaan (Nomor bor/ Nb. 1-5/ Gambar 2). Secara

umum, pelapukan dari fasies formasi tersebut terdiri atas lempung, abu-abu kekuningan sampai kehijauan, lengket, liat dan sangat padat, banyak mengandung bercak-bercak kuning dan sedikit merah (20%), mengandung fragmen batuan dan vulkanik berukuran kerikil, makin dalam fragmen vulkanik makin banyak, sehingga susah ditembus oleh bor tangan. Pada Nb. 5 (Gambar 2), dijumpai pasir berwarna abu-abu kehitaman hingga kebiruan, padat dan keras, butiran membundar tanggung sampai sangat menyudut; terdiri atas kuarsa, feldspar, dan pecahan batuapung dengan butiran tidak teratur, kadang-kadang butiran menghalus ke arah atasnya; tidak berlapis, mengandung unsur organik dan daun-daunan, berhumus, ditafsirkan sebagai Anggota batupasir Formasi Damar yang mungkin diendapkan dalam lingkungan laut.

#### – Endapan Alur Sungai

Warna dari endapan alur sungai ini adalah berwarna coklat, kuning hingga abu-abu gelap-hitam kecoklatan. Berukuran mulai dari kerakal-kerikil hingga pasir lempungan, membundar tanggung sampai sangat menyudut; terdiri atas kuarsa, feldspar, dan pecahan batuapung dengan butiran tidak teratur kadang-kadang butiran menghalus ke arah atasnya; tidak berlapis, mengandung unsur organik/ sisa-sisa potongan kayu dan daun-daunan, berhumus dengan ketebalan lebih dari 2 m (Nb. 6) di daerah Sikucingkrajan (Gambar 2). Umumnya terdiri atas fraksi butir pasir dengan ukuran butir mengasar ke arah ke atas.

#### – Endapan Cekungan Banjir

Disusun oleh lempung lanau, pasir, lempung lanauan dan lempung pasiran, berwarna coklat kekuningan hingga abu-abu kekuningan, abu-abu gelap, tidak berlapis dengan pemisahan butir yang tidak sempurna, lunak hingga padat, lengket dan tidak terkonsolidasi. Bagian atas dari endapan ini dicirikan oleh banyaknya kandungan humus. Semakin ke bawah berkurang prosentasenya. Namun kandungan sisa-sisa tumbuhan berupa akar dan daun-daunan serta potongan kayu cukup banyak. Pada bagian bawah interval fasies ini sering kali diketemukan lapisan tipis lempung berhumus, berwarna abu-abu kecoklatan hingga kehitaman, bersisipan lanau sampai pasir halus sedikit kerikilan. Fasies cekungan banjir ini penyebarannya sangat luas menindih tidak selaras Formasi Damar (Gambar 2/Nb. 1, 2, 3, 4, dan 5), dengan variasi ketebalannya dari 1 m sampai lebih 5,5 m. Ke arah atas secara berangsur ditindih oleh soil/ tanah penutup.

## – Soil/ tanah penutup

Soil merupakan endapan yang paling muda, terdiri atas lempung lanauan, lanau dan lanau pasiran. Umumnya berwarna coklat kekuningan, abu-abu kekuningan, terpilah buruk, mengandung sisa-sisa tumbuhan berupa akar-akar dan daun-daun. Soil ini merupakan hasil pelapukan dari endapan yang lebih tua, dengan ketebalan berkisar antara 0,35 - 1 m.

## Zonasi Cekungan Naik

Rangkaian interval fasies pengendapan Kuartar daerah telitian didominasi oleh endapan cekungan banjir yang berintegrasi dengan endapan alur sungai (Gambar 2). Endapan cekungan banjir ini diduga hampir tidak dipengaruhi rezim aliran selama proses pengendapannya, karena sifatnya yang padat, lengket dan tidak terkonsolidasikan secara baik. Berdasarkan karakter sebaran endapan dan komposisi fasies batuan tersebut diperkirakan sebagian besar merupakan endapan yang berasal dari rombakan, atau perkembangan rawa yang sifatnya setempat, atau berasal dari pasokan material yang berasal dari sistem alur sungai. Sehingga, cekungan ini dapat disebut sebagai tempat akumulasi berbagai proses pengendapan, yang dapat berasal dari rombakan proses erosi dan pelapukan atau limpahan alur sungai yang bercampur dengan fasies rawa. Oleh karena itu, pemisahan fasies tersebut sulit ditafsirkan, apakah termasuk fasies rawa atau pengaruh pasang surut. Menurut Cohen drr. (2003), lingkungan cekungan banjir adalah merupakan wilayah dataran rendah, dimana pengaruh dari pasokan material sungai sangat kecil.

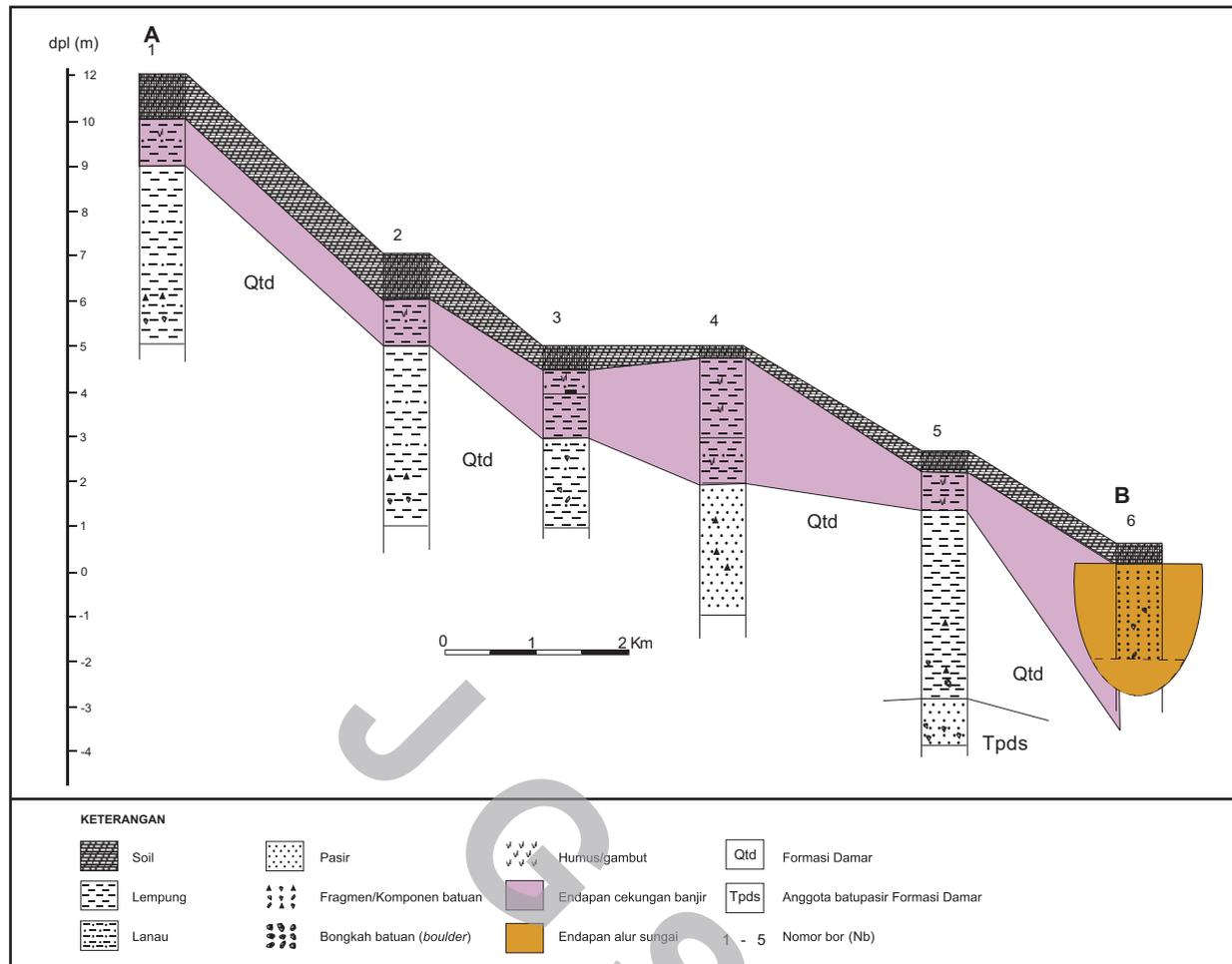
Dari rangkaian stratigrafi tersebut di atas, beberapa karakteristik pembentukannya dapat disebutkan sebagai berikut:

- Walaupun bentangalam daerah penelitian bagian barat dan timur terlihat ada kesamaan, akan tetapi efek dari kendali turun-naiknya muka laut yang sangat dominan dijumpai di bagian barat tidak terekam di bagian timur (Gambar 2 dan 3). Faktor kendali perubahan muka laut tidak terpantau di bagian timur karena muka laut tidak pernah mencapai daerah tersebut, yang dibuktikan oleh keterdapatn puncak fasies laut tersebut berada kurang dari + 2m dpl. (Gambar 3), sedangkan di bagian baratnya endapan tersebut tidak diketemukan (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut berada pada posisi yang lebih tinggi.

- Butiran fasies alur sungai mengasar ke arah atas, menandakan bahwa sistem tersebut dipengaruhi oleh sebagian dari sirkulasi perubahan iklim yaitu perubahan iklim optimum menjadi minimum (basah menuju kering). Hal ini bukan saja disebabkan oleh tidak terbentuknya fasies tersebut secara utuh mengikuti perubahan iklim, tetapi juga ditandai oleh berpindahnya alur tersebut yang tidak dijumpainya pula disekitarnya. Kemungkinan sistem alur sungai yang dimaksud (Gambar 2) adalah sebagai alur purba yang telah mengalami pergeseran (*shifting*). Lazimnya, proses berkembangnya alur sungai sangat tergantung terhadap jumlah volume air yang berhubungan dengan tingkat kelembaban. Gejala yang dimaksud akan berkaitan pula dengan sirkulasi iklim tanpa alur sungai tersebut mengalami pergeseran. Oleh karena itu, komposisi dalam fasies fluvial akan mengalami perubahan mengikuti sirkulasi iklim (Perlmutter dan Matthews, 1989). Artinya, komposisi fasies sedimen tersebut akan mengalami perubahan seiring dengan berubahnya iklim. Misalnya, apabila kondisi iklim menuju kering, maka pengendapan yang terjadi umumnya dicirikan diantaranya oleh butiran kasar, kandungan mineral stabil semakin berkurang, derajat kebundaran semakin rendah, kandungan organik semakin menurun, warna semakin terang. Sirkulasi iklim yang bersifat universal tersebut berhubungan dengan siklus Milankovitch. Dengan demikian, terbentuknya sistem alur sungai tersebut adalah merupakan bagian atas dari suatu sirkulasi perubahan iklim yang dipengaruhi oleh tektonik.

- Antara Formasi Damar dan endapan cekungan banjir terdapat bidang erosi yang menyolok. Kenampakan ini membuktikan bahwa dalam kurun waktu yang relatif lama, daerah tersebut merupakan tinggian walaupun ada di dekat garis pantai kini. Selanjutnya batuan alas ditindih oleh endapan cekungan banjir yang dihasilkan dari proses perombakan. Material rombakan tersebut, diduga berasal dari batuan alas Formasi Damar yang bergerak naik dan mendistribusikan material rombakannya ke arah cekungan.

Berdasarkan ciri dari rangkaian stratigrafi tersebut di atas menunjukkan bahwa endapan tersebut dipengaruhi oleh gerak naik batuan alas, dapat diartikan bahwa selama berlangsungnya pengendapan sedimen Kuartar dengan alas cekungan pengendapan yang labil dari Formasi Damar (karena peristiwa tektonik lokal).



Gambar 2. Korelasi rangkaian sedimen Kuartir sepanjang Desa Rawabrntem - Kenbonsari Kec. Gemuruh - Kendal.

### Zonasi Cekungan Turun

Umumnya ditandai oleh menurunnya permukaan alas cekungan secara berangsur. Pada penampang C-D perubahan elevasi alas cekungan tidak terlihat (Gambar 1 dan 3) terbukti diendapkan secara mencolok sedimen Kuartir menindih di atas batuan alas (Gambar 3). Banyak faktor yang menyebabkan hal tersebut berlangsung, diantaranya oleh perbedaan umur yang menyolok antara batuan yang diendapkan dengan batuan alasnya atau akibat dari efek tektonik yang menyebabkan batuan alas bergerak selama proses pengendapan berlangsung. Hidayat dr. (2008), menyimpulkan bahwa turun-naiknya muka laut sebagai salah satu faktor kendali pengisian cekungan di tempat tersebut, sedangkan perubahan iklim sangat mempengaruhi perubahan alur sungai dan lingkungan rawa di wilayah dataran rendah aluvial hingga pantai. Sedangkan tektonik merupakan faktor pengendali utama berevolusinya cekungan tersebut. Hal ini dikarenakan, efek tektonik yang terjadi akan memberi pasokan material dari

daerah naik (*uplift*) ke arah cekungan, dan sekaligus sebagai pemicu terjadinya proses penurunan cekungan (*subsidence basins*).

Hidayat dr. (2008) berasumsi bahwa susunan stratigrafi selama kurun waktu Kuartir di daerah telitian tidak menerus, ditunjukkan oleh tidak menerus proses pengisian cekungan di wilayah tersebut. Hal ini terbukti dari selang waktu pengendapan selama Plistosen Tengah hingga Plistosen Atas. Sebaliknya, susunan stratigrafi endapan Kuartir yang disebut aluvium adalah rangkaian proses sedimentasi yang berkesinambungan hingga menerus ke permukaan. Rangkaian stratigrafi yang dimaksud, adalah merupakan suatu siklus pengendapan yang dikendalikan oleh perubahan muka laut global dan sirkulasi iklim yang sifatnya universal yang terjadi pada Akhir Plistosen hingga sekarang, dimana karakter atau pola susunan fasiesnya berada pada bagian zonasi cekungan turun.

## FAKTOR KENDALI PROSES PENGENDAPAN

### Pola Struktur Regional Kaitannya Terhadap Akumulasi Pengendapan

Untuk mendapatkan pola struktur regional daerah Kendal sekitarnya dilakukan dengan penafsiran kelurusan pada citra landsat dan selanjutnya digunakan pula beberapa metode berbeda yakni pengukuran kekar di enam lokasi pengukuran pada Formasi Damar, analisis geomorfologi dan geologi bawah permukaan. Pola umum struktur regional daerah Kendal ber-arah hampir barat-timur yang dipotong oleh sesar ber-arah utara-selatan (Gambar 4). Sesar-sesar tersebut adalah sesar naik, sesar normal mengiri, dan sesar normal. Penelitian ini difokuskan pada analisa sedimentologi dan stratigrafi endapan Kuartar hasil pemboran, maka sesar yang dibahas sebagai komponen utama yang berhubungan dengan pola struktur tersebut adalah termasuk dalam sesar terpendam, diperkirakan, dan normal mengiri. Dan fokus penelitian lebih lanjut dilakukan terhadap sesar Wonorejo (sesar a), sesar Jambe Kidul (sesar b), dan sesar normal mengiri Kuto (sesar c) (Gambar 4).

Sesar Wonorejo di permukaan, ditandai oleh bergesernya alur-alur Kali Bodri, Kali Blukar, anak alur Kali Mati, Kali Blorang. Pada titik pemboran 8 dan 9 sesar tersebut dapat diidentifikasi keberadaannya (Gambar 1). Hidayat dr. (2008) dalam penafsirannya terhadap 5 (lima) korelasi penampang di daerah dataran rendah aluvial hingga dataran pantai Kendal menunjukkan bahwa: (1). adanya perbedaan elevasi permukaan batuan alas Formasi Damar yang mencolok, (2). terakumulasi fasies linier klastika yang tinggi ke arah utara, dan (3). kecepatan naiknya muka laut relatif besar saat genang laut, sebaliknya ketika muka laut turun kecepatannya menjadi relatif lambat. Berdasarkan korelasi tersebut menunjukkan bahwa di bagian sebelah utara sesar adalah merupakan cekungan turun, yang rekonstruksi perkembangan pembentukannya dapat ditelusuri dari sistem pengisian cekungannya (Gambar 3). Dari komposisi korelasi rangkaian sedimen Kuartar yang berada di bagian timur tersebut dapat diketahui perkembangan cekungan berhubungan dengan sesar Kuto yang mengakibatkan batuan alasnya naik, yang selanjutnya membentuk cekungan turun. Proses tersebut merupakan suatu mekanisme sesar naik yang berhubungan dengan perkembangan suatu cekungan (Gambar 3 dan 4). Berdasarkan hasil pengukuran kekar yang menunjukkan sesar ini

merupakan sesar naik (Gambar 4), dan akumulasi pengendapan terjadi pada bagian cekungan yang mengalami penurunan.

Umumnya fase turunnya muka laut ditandai oleh dominasi lingkungan laut beralih ke lingkungan darat, akan tetapi di daerah ini pada fase tersebut dicirikan oleh muka laut kembali naik di utara (Hidayat dr. 2008). Gejala tersebut menunjukkan bahwa di daerah ini diduga cekungan kembali turun. Penurunan kembali ini diduga dipengaruhi oleh sesar naik Jambe Kidul (sesar b). Sesar terpendam tersebut mempengaruhi kenampakan di permukaan, yaitu berpindahnya alur sungai di sepanjang sesar tersebut. Pada bagian cekungan yang turun tersebut memperlihatkan akumulasi pengendapannya relatif tebal. Selain sesar Jambe Kidul dan sesar Wonorejo, hasil analisis pengukuran kekar, sesar Kuto termasuk sesar normal mengiri ber-arah hampir utara-selatan (Gambar 4), dan blok bagian barat relatif naik, sedangkan bagian timur relatif turun. Berdasarkan rekonstruksi rangkaian sedimen Kuartar di tempat tersebut memperlihatkan bahwa akumulasi pengendapannya relatif rendah meskipun di bagian blok turun (Gambar 2, 4, dan 5).

### Gerak Sesar Normal Mengiri Hubungannya Dengan Sesar Naik

Perkembangan proses pengendapan kaitannya dengan gerak-gerak struktur di daerah telitian, lebih jauh dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Awal terbentuknya sedimen aluvial adalah berhubungan dengan gerak sesar Jambe Kidul, yaitu di sebelah timur yang berakibat terbentuknya cekungan turun (Gambar 3), sedangkan di sebelah barat tidak terjadi pengendapan karena daerah tersebut merupakan tinggian yang disusun oleh Formasi Damar (Gambar 2). Pada saat itu muka laut masih dalam posisi rendah, sedangkan gerak sesar a masih bergerak dominan naik.
2. Pada saat muka laut naik ditandai oleh proses penurunan di bagian timur. Fase tersebut dicirikan oleh kecepatan dari naiknya muka laut relatif tinggi dengan akumulasi fasies linier klastika yang besar (Gambar 3), sedangkan di bagian barat pengendapan belum terjadi. Ketika itu, gaya grafitasi sesar Wanarejo pada mekanisme penurunan cekungan berlangsung secara perlahan.

3. Pada saat fase muka laut turun, sebagian besar material pengendapan di timur berasal dari daratan, yang dibentuk oleh aktifnya sesar Jambi Kidul yang mengakibatkan penurunan cekungan dibagian utara. Hidayat dkk. (2008) menyatakan bahwa pada fase tersebut cekungan di timur mengalami penurunan akibat gerak sesar naik, sebaliknya di barat tidak mengalami penurunan berkembang sistem alur sungai yang diendapkan sebagai fasies cekungan banjir (Gambar 2). Secara umum bagian atas dari interval fasies pengendapan di daerah ini dicirikan oleh menipisnya endapan fluvial seiring dengan turunnya permukaan laut sampai pada kondisi lingkungan sekarang (Gambar 5).

Berdasarkan perubahan endapan secara lateral dan vertikal dan beberapa karakteristik pembentukannya hingga sekarang (Gambar 5), maka beberapa indikasi sesar-sesar tersebut di atas aktif hingga sekarang dapat jabarkan sebagai berikut:

1. Telah terjadi perpindahan alur sungai purba ke arah timur yang membentuk beting sungai dan alur purba (titik bor 6/ Gambar 2), ini berarti bahwa blok sesar Kuto di sebelah barat naik dan selanjutnya memberi peluang terjadinya proses penurunan ke arah timur. Maka alur sungai purba tersebut bergeser ke arah timur. Berdasarkan proses dan evolusi perkembangan garis pantai terakhir (Gambar 5), membuktikan bahwa telah terjadi proses bergesernya garis pantai yang awalnya ke arah utara berpindah ke arah hampir timur laut (Bird dan Ongkosongo, 1980). Apabila hal tersebut benar, maka pemicu terjadinya proses pergeseran garis pantai tersebut adalah gerak naik sesar Kuto yang relatif turun ke arah timur.
2. Berpindahnya alur Kali Kuto yang melalui bidang sesar Kuto ke arah barat yang akhirnya terakumulasi secara baik di utara sesar Jambe Kidul dan barat sesar Kuto (Gambar 5), menandakan bahwa blok sesar Kuto di bagian timur di sekitar Desa Tanjunganom bergerak relatif naik sedangkan bagian blok di sebelah utara relatif turun. Oleh karena itu di sepanjang zona sesar Kuto akan ditandai langkanya proses pengendapan. Hal ini bukan saja disebabkan oleh batuan alasnya naik tetapi juga dikarenakan

berpindahnya alur sungai ke arah barat dan timur (Gambar 2 dan 5).

Dari uraian tersebut di atas, setidaknya-tidaknya merubah pandangan tentang sesar Kuto yang pada awalnya merupakan sesar normal mengiri. Aktifnya sesar Kuto tersebut kemungkinan berhubungan dengan pergerakan dari sesar naik Jambe Kidul, yaitu dengan terbentuknya bidang miring turun ber-arah timurlaut (Gambar 5 dan 6) dari hasil perpaduan Bergeraknya sesar Jambe kidul yang selanjutnya mengaktifkan dan memotong sesar Kuto.

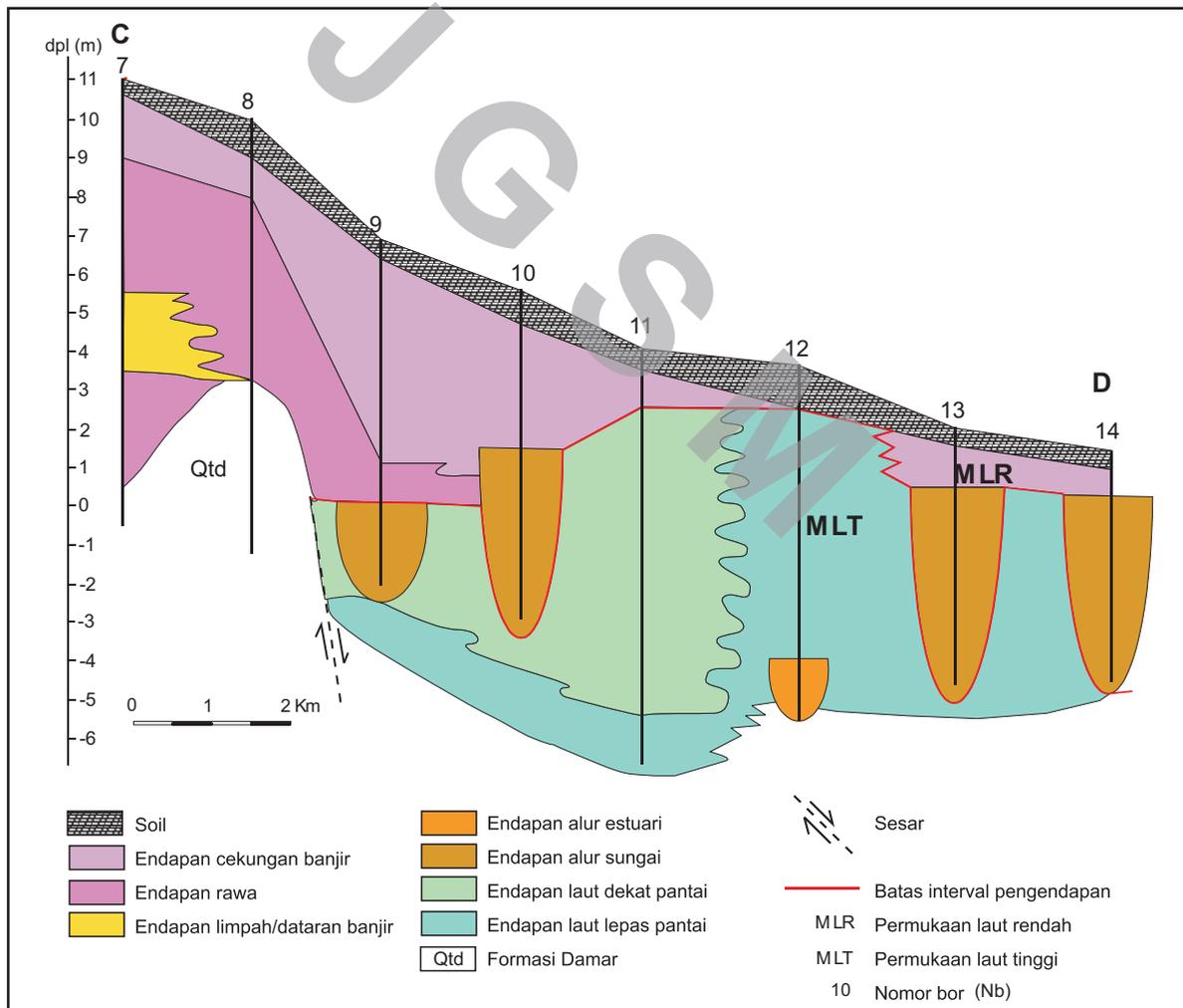
## DISKUSI

Kuenen (1950) dan Tjia (1977), menyatakan bahwa perubahan muka laut sebenarnya (eustatik) di Asia Tenggara diwakili oleh paparan Sunda yang dinyatakan sebagai daerah stabil karena tidak dipengaruhi oleh tektonik. Tjia (1983) juga menegaskan bahwa, muka laut Kuartar di Indonesia mempunyai ketinggian berbeda-beda, dan pernah berada pada -8, -10, -13, -18, -20 sampai -22, -30 sampai -33, -36, -45, -50 sampai -51, -60, -67 dan -82 sampai -90. Meskipun daerah penelitian terletak di kawasan dataran rendah aluvial hingga pantai, namun turun-naiknya muka laut selama kurun waktu Kuartar yang bersifat global atau eustatik, khususnya yang berhubungan dengan peristiwa *glacial* akibat pencairan es atau pengembangan dan menyusutnya volume air karena peningkatan dan penurunan suhu tidak dapat dipantau. Hal tersebut dikarenakan, daerah tersebut di pengaruhi oleh proses pengangkatan yang dikendalikan oleh tektonik lokal. Setidaknya-tidaknya muka laut pernah mencapai wilayah tersebut pada Plistosen Bawah, yang dicirikan oleh diendapkannya fasies laut pada Anggota Formasi Damar, endapan aluvial pada Plistosen Akhir sampai sekarang. Adanya endapan aluvial tersebut menunjukkan bahwa maksimum muka laut naik ketika itu berada  $\pm 2$  m dpl sekarang (Gambar 3).

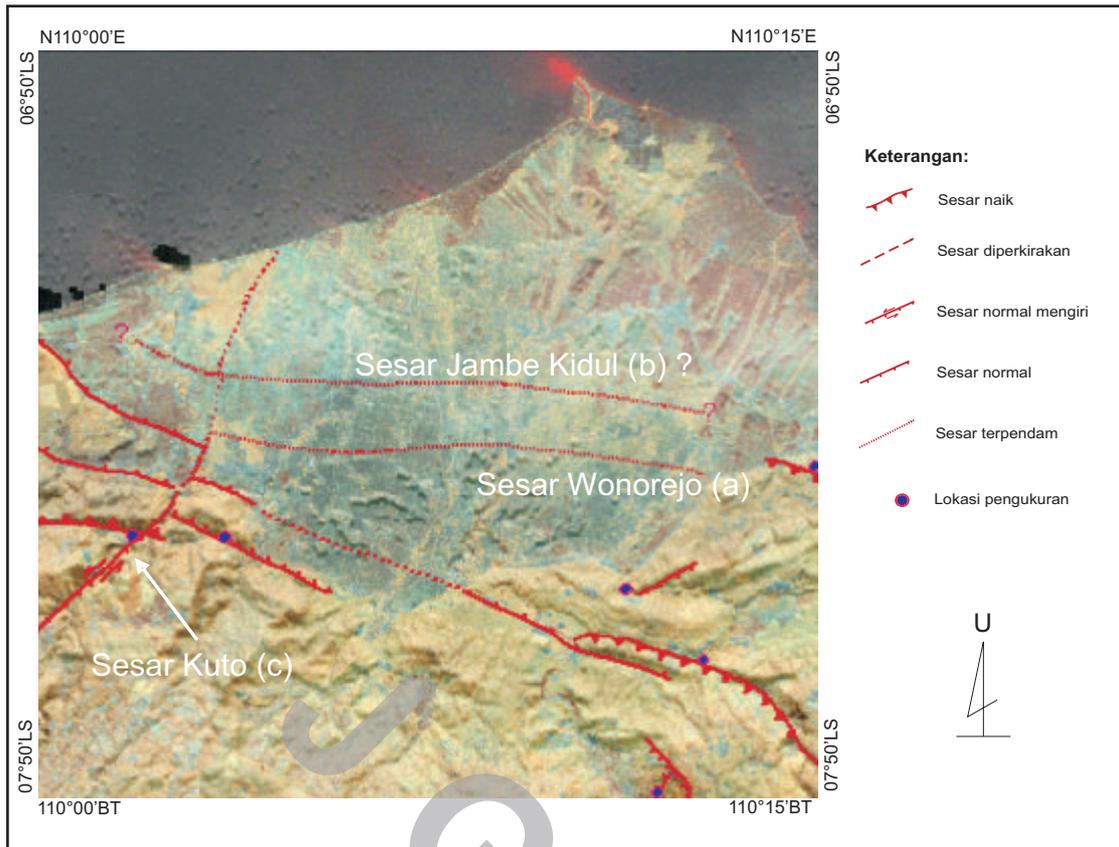
Revelle (1990) dalam Plint dr. (1992) menyatakan bahwa mekanisme, skala waktu dan kecepatan perubahan muka laut berhubungan dengan berubahnya iklim yang berkaitan dengan panas/temperatur, sehingga naiknya muka air laut adalah identik pada saat iklim menuju ke posisi

maksimum (lembab). Kriteria ini tidak terekam dan sulit dihubungkan dengan rangkaian fasies pengendapan di daerah telitian, karena posisi muka laut naik tersebut berlangsung cepat sebaliknya ketika muka laut turun menjadi lambat karena di bawah kendali tektonik, yang mengakibatkan terjadinya proses penurunan cekungan. Plint dr. (1992) membedakan ordo siklus turun-naiknya muka laut, dan menyebut bahwa ordo ke 5 (lima) dari turun-naiknya muka laut tersebut adalah berhubungan dengan siklus 200.000 hingga 10.000 tahun mengikuti siklus Milankovitch. Untuk daerah stabil di Indonesia, turun-naiknya muka laut terakhir berada pada -8 atau -13 m dpl. (Tjia, 1983). Kemungkinan muka laut terakhir untuk daerah stabil

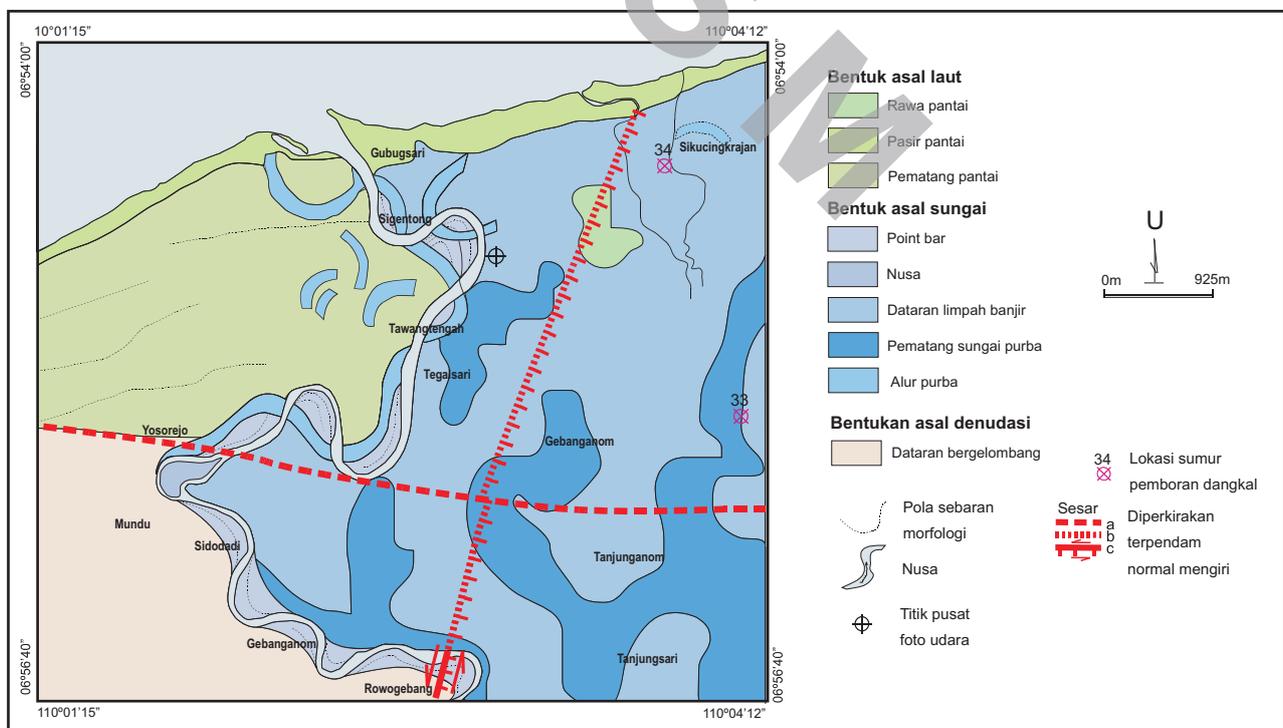
pada -8 m dpl. adalah identik dengan muka laut yang terpantau dalam rangkaian stratigrafi di daerah Kendal sekitarnya (Gambar 3). Perbedaan elevasi antara -8 dan ±2 m tersebut, kemungkinan karena daerah dataran pantai Kendal adalah bertektonik aktif dimana meski proses penurunan terjadi akan tetapi wilayah tersebut sebelumnya memiliki elevasi besar. Selain itu, perubahan permukaan laut eustatik yang terekam pada endapan aluvial tersebut kemungkinan adalah berhubungan dengan siklus Milankovitch 20.000 tahunan. Hal tersebut didasari pada umur dari endapan aluvial tersebut termasuk berumur Plistosen Akhir - Holosen hingga sekarang.



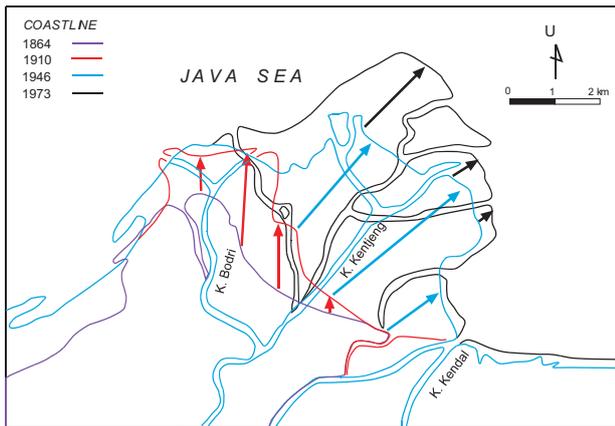
Gambar 3. Korelasi rangkaian sedimen Kuartar sepanjang K. Sukun - Jembe Kidul daerah Kendal, Jawa Tengah (Modifikasi dari Hidayat, dkk., 2008).



Gambar 4. Pola struktur geologi regional daerah Kendal Jawa Tengah didasarkan data pengukuran kekar, bidang sesar dan analisis geomorfologi serta analisis pemboran dangkal endapan Kuartar (Landsat ETM + 7, 19 Januari 2003).



Gambar 5. Perkembangan alur Kali Kuto Hilir diperkirakan sangat dipengaruhi oleh sesar normal mengiri berarah hampir utara - selatan dan sesar Jambe Kidul berarah barat - timur.



Gambar 6. Evolusi perkembangan garis pantai daerah Kendal, Jawa Tengah (Bird dan Ongkosongo, 1980).

## KESIMPULAN

- Hirarki akumulasi pengendapan kaitannya dengan turun-naiknya muka laut dan tektonik, adalah menjadi fenomena peristiwa yang dijelmakan oleh gerak-gerak sesar aktif. Sesar naik a di daerah penelitian adalah yang pertama kali aktif, yang kemudian diikuti oleh pengaktifan sesar naik b di utaranya yang memotong dan mengaktifkan sesar c.

## ACUAN

- Bird, E.C.F. dan Ongkosongo O.S.R., 1980. *Environmental Changes on the Coast of Indonesia*. United Nations University, Tokyo, Japan. 55 p.
- Cohen, K.M., Gouw, M.J.P. Dan Holten, J.P., 2003. Fluvio-deltaic floodbasin deposits recording differential subsidence within a coastal prism (central Rhine-Meuse Delta, The Netherlands). Dalam Blum, M.D., Marriott, S.B. Dan Leclair, S.F. (eds.), *Fluvial Sedimentology VII*. Int. Assoc. of Sedimentologist, Blackwell Scientific, 40-68.
- Hidayat, S., Moechtar, H. Dan Pratomo, I., 2008. Tektonik sebagai Faktor Pengendali Evolusi Cekungan Kuarter di Daerah Pesisir Kendal, Jawa Tengah. Dalam Persiapan Penerbitan pada Journal JTM-ITB.
- Kuenen, Ph., H., 1950. *Marine Geology*. New York, Willey, 451 p.
- Perlmutter, M.A. Dan Matthews, M.A., 1989. Global Cyclostratigraphy. In: T.A. Cross (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, 233-260.
- Plint, A.G., Eyles, N., Eyles, C.H. Dan Walker, R.G., 1992. Control of sea level change. Dalam Walker, R.G. Dan James, N.P. (eds.), *Facies Models response to sea level change*. Geological Association of Canada, 15-25.
- Thanden R.E., Sumadirdja, H., Richards, P.W, Sutisna, K. Dan Amin, T.C., 1996. *Peta Geologi Lembar Malang dan Semarang skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Tjia, H.D., 1977. Changes of sea level in the southern part of the south China Sea during Quaternaty times. United Kingdom, *ESCAP, CCOP, Tech. Pub.*, no. 5, 11-36.
- Tjia, H.D., 1983. Aspek Geologi Kwarter Asia Tenggara. *Bull. Jur. Geologi, Univ. Kebangsaan Malaysia*, vol. 9, 22 h.

- Selama Plistosen Tengah sampai Plistosen Atas intensitas pengendapan nisbi kecil, karena dominannya tektonik pengangkatan di Pantai Kendal akumulasi sedimen yang terjadi hanya berasal dari pelapukan Formasi Damar.
- Model endapan Plistosen akhir di wilayah dataran pantai Kendal dapat dijadikan parameter untuk daerah stabil di tempat lain khususnya terhadap sedimen Kuarter di pantai Jawa utara. Model tersebut dapat digunakan pula sebagai parameter pembanding untuk wilayah yang dikendalikan oleh tektonik di tempat lain.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pemboran yang dilakukan adalah, berlangsung pada bulan April hingga Mei 2007 sehubungan dengan penelitian Dinamika Geologi Kuarter di Pusat Survei Geologi. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas izinnya untuk menggunakan sebagian data tersebut guna kepentingan penulisan makalah ini.