

## **GEOLOGI DAN STUDI BIOSTRATIGRAFI FORMASI KEREK DAN KALIBENG DAERAH BENGLE DAN SEKITARNYA, KECAMATAN WONOSEGORO, KABUPATEN BOYOLALI, PROVINSI JAWA TENGAH**

Dedy Hasasra Ghofur, Mahap Maha, Herry Riswandi  
Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta  
JL. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283  
Telp. (0274) 486403, 486733 ; Fax. (0274) 487816 ; Email: geoupn@indosat.net.id

**Sari** - Lokasi penelitian berada pada wilayah administrasi Desa Bengle dan sekitarnya, Kecamatan Wonosegoro, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Batas kapling daerah telitian terletak pada zona 49, Koordinat UTM 463000 mE - 468000 mE dan 9198500 mN 9203500 mN dengan skala 1 : 12.500 dengan luas 25 m<sup>2</sup>, dengan lebar 5 km dan panjang 5 km. Secara geomorfik, daerah penelitian dibagi menjadi tiga bentuk lahan yaitu Perbukitan Homoklin (S1), Lembah Struktural (S2), Perbukitan Sinklin (S3). Jenis pola pengaliran yang berkembang pada daerah penelitian, yaitu pola pengaliran subdendritik dan trellis. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan analisa laboratorium, penulis membagi daerah penelitian menjadi 3 satuan litostratigrafi tidak resmi beserta lingkungan pengendapan, dengan urutan dari tua ke muda sebagai berikut: satuan batulempung-gampingan Kerek berumur N11-N13 (Miosen Tengah) yang diendapkan pada *Lower Fan* (Walker, 1978) dengan kedalaman 20-100 meter (neritik tengah), satuan batupasir-gampingan Kerek berumur N14-N16 (Miosen Tengah-Miosen Akhir) yang diendapkan pada *Smooth Portion of Suprafan Lobes* (Walker, 1978) dengan kedalaman 20-100 meter (neritik tengah), satuan napal Kalibeng berumur N17 (Miosen Akhir) yang diendapkan pada *Basin Plain* (Shanmogam & Moiola, 1988). Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian terdiri dari sesar naik (*Right Reverse Slip Fault*) dan lipatan berupa sinklin (*Upright Horizontal Fold*) sebagai akibat tektonik kompresi dengan tegasan berarah relatif timur tenggara-barat laut, yang terbentuk setelah Miosen Akhir. Berdasarkan penyusunan biostratigrafi foraminifera plankton, penulis membagi dua kolom biostratigrafi dengan urutan tua ke muda yaitu : Pada kolom biostratigrafi 1 didapatkan empat Zona Selang dan dua Zona Parsial yaitu : Zona Parsial *Globorotalia praefohsi* (N11), Zona Selang *Globorotalia praefohsi* - *Globorotalia fohsi fohsi* (N11), Zona Selang *Globorotalia fohsi fohsi* - *Sphaeroidinella subdehiscens* (N12), Zona Selang *Sphaeroidinella subdehiscens* - *Globorotalia pseudomiocenica* (N13), Zona Parsial *Globorotalia pseudomiocenica* - *Globorotalia obesa* (N14-N15), Kemudian pada kolom biostratigrafi 2 didapatkan dua Zona Parsial dan dua Zona Selang yaitu : Zona Parsial *Hastigerina aequilateralis* (N14), Zona Selang *Hastigerina aequilateralis* - *Globorotalia acostaensis* (N14-N15), Zona Selang *Globorotalia acostaensis* - *Globorotalia multicamerata* (N16), Zona Parsial *Globorotalia multicamerata* (N17). Potensi positif pada daerah penelitian berupa mata air, bahan pembuatan jalan, bahan bangunan oleh warga sebagai material pembuatan pondasi, pagar, atau teras rumah. Potensi negatif pada daerah penelitian yaitu gerakan massa tanah.

**Kata-kata Kunci** : Geologi, biostratigrafi.

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Dalam keadaan normal suatu lapisan batuan sedimen yang berada pada lapisan bawah berumur lebih tua dari lapisan batuan yang berada di atasnya, penjelasan tersebut merupakan salah satu hukum geologi. Hukum geologi tersebut merupakan Hukum Superposisi. Namun pada masa sekarang (Resen) lapisan batuan sedimen banyak mengalami deformasi, baik karena terlipat tersesarkan, ataupun deformasi yang lainnya. Pengendapan batuan sedimen terdapat kemungkinan adanya proses naik turun muka air laut yang menyebabkan perubahan litologi antar litologi yang mencerminkan perubahan lingkungan pengendapannya. Dibutuhkan berbagai metode dalam memecahkan permasalahan tersebut, terutama dalam penentuan umur pengendapan batuan sedimen, salah satunya melalui pendekatan biologi atau mikrofosil pada lapisan batuan sedimen, metode yang dimaksud adalah metode biostratigrafi.

#### **Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian berada pada wilayah administrasi Desa Bengle dan sekitarnya, Kecamatan Wonosegoro, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Batas kapling daerah telitian terletak pada zona 49, Koordinat UTM 463000 mE - 468000 mE dan 9198500 mN 9203500 mN dengan koordinat geografis 820 49" 53,39" BT - 820 52" 41,42" BT dan 1080 20" 35,78" LS - 1080 41" 15,02" LS dengan skala 1 : 12.500 dengan luas 25 m<sup>2</sup>, dengan lebar 5 km dan panjang 5 km. Dari Yogyakarta, rute perjalanan dapat ditempuh melalui Kota/Kecamatan Prambanan, Klaten, Delanggu, Kertasura, Sambi, Simo, Karanggede, Wonosegoro. Waktu

tempuh perjalanan dengan menggunakan sepeda motor  $\pm$  3 jam perjalanan dan dengan mobil membutuhkan waktu  $\pm$  3,5 jam.

### **Hasil Penelitian**

Hasil yang diharapkan dari kegiatan penelitian ini adalah dapat mengetahui persebaran litologi, struktur geologi yang bekerja, umur pengendapan, Biostratigrafi, serta sejarah geologi pada daerah telitian berupa peta daerah telitian yang berupa peta lintasan, peta geomorfologi, dan peta geologi, penampang geologi, penampang stratigrafi, foto, sketsa dan laporan. Selain itu penulis juga mengharapkan dapat mengaplikasikan ilmu yang telah didapat di bangku kuliah pada keadaan lapangan yang dinamis.

## **METODOLOGI**

### **Metodologi Penelitian**

Tahapan penelitian merupakan suatu langkah atau alur yang harus dilakukan oleh lazimnya seorang peneliti, Sedangkan metodologi adalah suatu metode atau cara yang dilakukan dalam upaya mencari, mengumpulkan, menganalisis serta menginterpretasi mengenai topik penelitian yang terkait.

#### **Tahapan Pendahuluan**

Pada tahapan pendahuluan ini, penulis melakukan penyusunan dan pengajuan proposal tugas akhir ke pihak institusi Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

#### **Tahapan Persiapan**

Pada tahap persiapan ini, penulis melakukan studi literatur daerah telitian dariberbagai sumber seperti peta geologi lembar Salatiga (Sukardi dan Budhitrisna,1992) publikasi dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), jurnal dari peneliti terdahulu, interpretasi pola kelurusan daerah telitian dari Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), dan penarikan pola pengaliran daerah telitian. Persiapan mengenai perlengkapan dan peralatan lapangan dan jadwal kegiatan lapangan juga dilakukan pada tahapan ini. Tahapan persiapan ini menghasilkan peta topografi daerah telitian, peta geomorfologi tentatif, peta kelurusan struktur, peta rencana lintasan lapangan dan jadwal kegiatan lapangan.

#### **Tahapan Penelitian Lapangan**

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini adalah pemetaan geologi permukaan dengan skala 1:25.000 yang bertujuan untuk memperoleh data primer yang kemudian akan dianalisis dan diolah pada tahapan berikutnya. Detail kegiatan pada tahapan ini diantaranya adalah:

- a. Pengamatan kondisi geomorfologi, yang terdiri dari pengamatan morfologi dan bentang alam, pengamatan pola aliran sungai (Howard, 1966) dan tahapan erosi sungai, penentuan satuan geomorfologi berdasarkan modifikasi Van Zuidam (1985), dan dokumentasi foto bentang alam.
- b. Pengamatan stratigrafi, meliputi deskripsi litologi untuk hipotesis sedimentologi dan stratigrafi awal, pengukuran penampang stratigrafi, pengambilan sampel batuan untuk analisis laboratorium, dan dokumentasi berupa foto atau sketsa.
- c. Pengamatan struktur geologi, yang terdiri dari pengukuran kedudukan batuan, pengukuran unsur struktur geologi berupa: kelurusan atau breksiasi, bidang sesar, kekar gerus, kekar tarik dan perekaman data bukti kenampakan sesar naik yang dicirikan oleh adanya satuan batuan lebih tua yang berada diatas satuan yang lebih muda serta adanya lapisan tegak dan terbalik (lipatan rebah).
- d. Pengamatan potensi geologi, berupa potensi positif dan potensi negatif pada daerah telitian serta dokumentasi foto.

#### **Tahapan Analisis Data**

Pada tahapan ini dilakukan analisis dan pengolahan data yang dilakukan di laboratorium dan studio disertai diskusi antara penulis dengan pembimbing. Analisis dan pengolahan data ini harus berdasarkan atas konsep-konsep geologi dan juga didukung dari studi referensi tentang topik terkait. Adapun analisis yang dilakukan pada tahapan ini diantaranya:

- a. Analisis mikropaleontologi. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui umur relatif serta menentukan lingkungan bathimetri berdasarkan kandungan fosil foraminifera plankton dan bentuk pada contoh batuan yang mewakili setiap satuan batuan daerah lingkungan bathimetri.
- b. Analisis penampang stratigrafi terukur. Tahapan ini dilakukan dengan membuat penampang stratigrafi terukur untuk menentukan ketebalan dari tiap - tiap satuan batuan yang telah diidentifikasi, umur batuan, urutan - urutan pengendapan, lingkungan kedalaman hingga penentuan lingkungan pengendapan.
- c. Analisis petrografi. Tujuannya adalah untuk mengetahui nama setiap sampel batuan yg didapatkan dilapangan yang diharapkan dapat membantu dalam menentukan bagaimana batuan reservoir yang baik dilihat dari

tekstur, struktur, dan komposisi mineral secara mikroskopis. Penamaan mikroskopis tersebut berdasarkan (Williams, 1954) untuk batuan beku, (Gilbert, 1954 dan 1982) untuk batuan sedimen dan (Dunham, 1962) untuk batuan sedimen karbonat.

d. Analisis kalsimetri. Analisa ini diperlukan untuk mengetahui kandungan karbonat – lempung dari suatu batuan berdasarkan klasifikasi (Pettijohn, 1957).

e. Analisis struktur geologi.

Analisa ini bertujuan menganalisis deformasi yang telah terjadi pada daerah telitian, menggunakan metoda stereografi dengan bantuan program "Dips 3.0" yang dijalankan pada komputer bersistem operasi Windows 7 ultimate. Tahap ini diawali dengan analisis pemerian unsur - unsur struktur yg dimaksudkan untuk mengidentifikasi jenis, kedudukan, dan orientasi sekaligus dimensi dari unsur struktur yang ada. Hasil dari analisis digunakan untuk memahami struktur geologi daerah penelitian baik struktur mayor maupun minor sebagai hasil dari proses geologi yg bekerja didaerah telitian berdasar pada klasifikasi (Rickard, 1972) untuk sesar dan (Fleuty, 1962) untuk lipatan.

f. Analisis Biostratigrafi.

Analisis ini merupakan analisis lanjutan dari analisis mikrofosil. Data yang didapat disajikan dalam bentuk tabulasi, yaitu meliputi tabulasi persebaran dan kelimpahan mikrofosil. Dari hasil persebaran dan kelimpahannya, kemudian ditentukan zona biostratigrafi (biodatum dan biozonasi) dari masing-masing mikrofosil foraminifera plankton. Dalam penentuan zonasi foraminifera plankton peneliti menggunakan (Blow, 1969).

Tahapan Penyusunan Laporan dan Penyajian Data

Tahap ini merupakan tahap akhir dari rangkaian tahap tugas akhir berupa pelaporan hasil penelitian dalam bentuk skripsi dan ujian sidang sarjana. Skripsi yang dihasilkan diantaranya memuat peta lintasan, peta geomorfologi, peta geologi, dan penampang stratigrafi terukur.

## **GEOLOGI DAERAH BENGLE DAN SEKITARNYA**

### **Geomorfologi**

Secara administratif daerah penelitian berada di Desa Bengle, Kecamatan Wonosegoro, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Secara fisiografi daerah ini termasuk dalam Zona Kendeng (van Bemmelen, 1949). Berdasarkan kenampakan pada peta topografi dan citra SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), daerah ini terdiri dari lembah, perbukitan bergelombang dan perbukitan terjal dengan kelurusan lembah dan punggung relatif barat – timur.

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa kemiringannya yaitu datar hingga agak curam. Lokasi terendah pada daerah penelitian berada di daerah Panimbo dengan ketinggian 112,5 mdpl, sedangkan daerah tertinggi berada di daerah Bengle dengan ketinggian 224 mdpl.

Secara umum pola morfologi daerah telitian cenderung dikontrol oleh litologi dan struktur geologi berupa lipatan. Beberapa morfologi perbukitan tersusun oleh batuan dengan resistensi relatif tinggi seperti batupasir gampingan, terkecuali perbukitan di daerah Sidomulyo tersusun oleh napal. Morfologi berupa lembah dan dataran disusun oleh litologi dominan berupa perselingan batulempung gampingan dengan batupasir gampingan.

Pola Aliran dan Tipe Genetik Sungai Terdapat tiga sungai utama di daerah penelitian yaitu Sungai Brumbung, Sungai Kedungudal, dan Sungai Bercak. Ketiga sungai utama tersebut bermuara ke sungai induk yaitu Sungai Bancak tepat di sebelah barat laut daerah penelitian. Pola aliran pada daerah penelitian dikontrol oleh struktur geologi berupa lipatan, sesar, dan kekar.

Berdasarkan klasifikasi Howard (1967), pola pengaliran pada daerah penelitian dibagi menjadi dua tipe, yaitu :

a) Pola aliran subdendritik, merupakan hasil perkembangan dari pola dendritik yang mengalir hampir menyerupai cabang pohon yang mencerminkan kekerasan batuan yang hampir sama, hal tersebut dipengaruhi oleh topografi, litologi, dan struktur. Topografi pada pola aliran ini sudah miring dan dipengaruhi oleh struktur yang relatif kecil.

b) Pola aliran trellis, merupakan pola yang terbentuk dari cabang – cabang sungai kecil yang berukuran sama, dengan aliran tegak lurus sepanjang sungai induk dan terdapat pada daerah-daerah lipatan.

## **SATUAN GEOMORFOLOGI**

### **Satuan Perbukitan Homoklin (S1)**

Satuan ini merupakan bentuk asal struktural berupa dengan elevasi 112 - 145 mdpl. Tingkat pengerosian sedang – kuat dengan lembah relatif berbentuk "V". Pola aliran berupa subdendritik, dicirikan menyerupai cabang

pohon yang mencerminkan kekerasan batuan yang hampir sama.

Litologi penyusun satuan ini adalah batuan sedimen berbutir halus hingga kasar (batulempung karbonatan, batupasir karbonatan) dengan resistensi batuan lemah – sedang. Satuan ini menempati 10% dari luas daerah telitian. Dalam peta geomorfologi ditandai dengan warna ungu tua (S1).

**Satuan Lembah Struktural (S2)**

Satuan ini merupakan lembah dengan elevasi 110 - 147 mdpl. Tingkat pengerosian sedang – kuat dengan lembah relatif berbentuk “V”, pola aliran subdendritik dan trellis. Litologi penyusun satuan ini adalah batuan sedimen berbutir halus hingga kasar (batulempung gampingan, batupasir gampingan) dengan resistensi batuan lemah – kuat. Satuan ini menempati bagian barat dengan luasan 25% dari luas daerah telitian. Dalam peta geomorfologi ditandai dengan warna ungu muda (S2).

**Satuan Perbukitan Sinklin (S3)**

Satuan ini merupakan perbukitan dengan elevasi 112 - 224 mdpl, lembah relatif berbentuk “V”, pola aliran subdendritik, dicirikan menyerupai cabang pohon yang mencerminkan kekerasan batuan yang hampir sama dan Trellis yang terbentuk dari cabang sungai kecil yang berukuran sama dengan aliran tegak lurus sepanjang sungai induk. Litologi penyusun satuan ini adalah batuan sedimen berbutir halus hingga kasar dengan resistensi batuan sedang hingga kuat. Satuan ini menempati bagian selatan dengan luasan 65% dari luas daerah telitian. Dalam peta geomorfologi ditandai dengan warna ungu tua (S3).

BENTUK ASAL	SIMBOL	MORFOLOGI		MORFOGENESA			POLA PENGALIRAN	BENTUK LAHAN
		MORFOGRAFI	MORFOMETRI	MORFOSTRUKTUR AKTIF	MORFOSTRUKTUR PASIF	MORFODINAMIS		
STRUKTURAL	S1	Perbukitan	- Luasan 10 %	- Pengangkatan - Lapisan miring	- Batuan Berbutir halus-kasar - Resistensi Kuat	- Erosi - Pelapukan	- Subdendritik	PERBUKITAN HOMOKLIN
	S2	Lembah	- Luasan 25 %	- Pengangkatan - Lapisan miring	- Batuan Berbutir halus-kasar - Resistensi Lemah	- Erosi - Pelapukan	- Subdendritik - Trellis	LEMBAH STRUKTURAL
	S3	Perbukitan	- Luasan 65 %	- Pengangkatan - Lipatan - Lapisan miring	- Batuan berbutir halus - kasar - Resistensi Kuat	- Erosi - Pelapukan	- Subdendritik - Trellis - Annular	PERBUKITAN SINKLIN

Berdasarkan Modifikasi dari Klasifikasi Van Zuidam 1983

**STRATIGRAFI DAERAH BENGLE DAN SEKITARNYA**

**SATUAN BATULEMPUNG-GAMPINGAN KEREK**

**Dasar Penamaan**

Penamaan satuan batuan Batulempung - gampingan Kerek didasarkan pada ciri litologi yang dominan. Perselingan batulempung – gampingan dengan batupasir - gampingan dengan dominasi litologi berupa batulempung gampingan menjadi dasar penamaan satuan batuan. Satuan ini terdiri dari perselingan batulempung gampingan dengan batupasir gampingan dan perselingan batulempung gampingan dengan batulanau gampingan.

**Ciri Litologi**

Deskripsi dan kenampakan lapangan untuk litologi penyusun satuan Batulempung- gampingan Kalibeng adalah sebagai berikut:

1. Batulempung gampingan; berwarna abu abu dan putih kecoklatan; berukuran lempung (<0,004 mm); dengan komposisi mineral lempung dan mineral karbonat berukuran lempung; berstruktur *plannar bedding*.
2. Batupasir karbonatan; berwarna putih kecoklatan; berukuran pasir sangat halus hingga sedang (0,06-0,5mm); dengan komposisi hornblende, plagioklas, kuarsa sebagai fragmen, lempung sebagai matriks, semen karbonat; berstruktur perlapisan.
3. Batulanau karbonatan; coklat; berukuran lanau (0,004-0,006mm); berstruktur perlapisan.

**Penyebaran dan Ketebalan**

Satuan Batulempung-gampingan Kerek pada daerah penelitian menempati ± 40 % dari luas daerah penelitian dan menghampar dari barat timur di bagian utara, daerah penelitian, meliputi Desa Salam, Desa Kedungudal, dan Desa Pablengan Poncol, Kecamatan Wonosegoro. Dalam peta geologi, satuan batuan ini ditandai dengan warna hijau tua. Berdasarkan penampang stratigrafi terukur (MS) didapatkan ketebalan satuan Batulempung-gampingan Kerek yaitu 1004 meter.

**Umur dan Lingkungan Kedalaman**

Hasil penyusunan biostratigrafi foraminifera plankton pada conto batuan yang diambil di sepanjang lintasan MS, menunjukkan bahwa satuan ini diendapkan pada Miosen Tengah, yaitu N11 – N13 (Blow, 1969) yang ditandai dengan hadirnya kemunculan awal *Globorotalia praefohsi* (N11) dan kemunculan awal *Sphaeroidinella subdehiscens* (N13). Lingkungan kedalaman dari satuan ini ditentukan berdasarkan analisa kandungan

foraminifera bentos. Foraminifera bentos yang digunakan sebagai indeks antara lain *Cibicides* sp., *Lagenonodosaria scalaris*, *Brizalina acutula*, *Amphistegina lessoni*, *Nodosaria* sp., *Lagenonodosaria scalaris*, *Planulina foveolata*. Dari foraminifera bentos tersebut dapat ditentukan bahwa satuan Batulempung-gampingan Kerek diendapkan pada lingkungan neritik tengah yaitu kedalaman 20 – 100 meter (Tipsword, dkk, 1966).

#### **Lingkungan Pengendapan**

Lingkungan pengendapan ditentukan dengan berdasarkan tiga aspek, yaitu aspek fisika, kimia dan biologi. Secara fisik satuan batuan Batulempung-gampingan Kerek. Fasies yang berkembang berupa Classical Turbidite (CT). Dengan struktur sedimen yang berkembang berupa planar bedding, wavy lamination, dan masif, dengan litologi perselingan batulempung gampingan dengan batulempung gampingan yang didominasi batulempung gampingan, Berdasarkan pada model kipas bawah laut (Walker, 1078), maka dapat disimpulkan bahwa Satuan Batulempung-gampingan Kerek terendapkan pada Lower Fan.

Secara kimia, satuan ini diendapkan pada lingkungan laut. Hal ini dibuktikan berdasarkan keterdapatannya kandungan karbonat yang ditandai dengan adanya reaksi terhadap larutan HCl.

Secara biologi, satuan ini diendapkan pada lingkungan neritik tengah (20 – 100 m) (Tipsword, 1966). Lingkungan tersebut ditentukan berdasarkan analisis foraminifera bentos. *Cibicides* sp., *Lagenonodosaria scalaris*, *Brizalina acutula*, *Amphistegina lessoni*, *Nodosaria* sp., *Lagenonodosaria scalaris*, *Planulina foveolata*.

#### **Hubungan Stratigrafi**

Satuan Batulempung-gampingan Kerek merupakan satuan batuan tertua pada daerah penelitian. Batas bawah dari satuan ini tidak diketahui karena satuan ini masih menerus ke utara di luar daerah penelitian. Berdasarkan pada penampang stratigrafi terukur, batas atas satuan Batulempung-gampingan Kerek tertindih selaras oleh satuan Batupasir-gampingan Kerek. Berdasarkan analisis foraminifera juga tidak menunjukkan adanya selang waktu geologi, umur satuan ini adalah N11 - N14 (Blow, 1969). Sedangkan satuan Batupasir-gampingan Kerek berumur N14-17 (Blow, 1969).

### **SATUAN BATUPASIR-GAMPINGAN KEREK**

#### **Dasar Penamaan**

Penamaan satuan batuan ini didasarkan pada ciri litologi yang dominan. Kehadiran litologi berupa batupasir gampingan yang dominan menjadi dasar penamaan satuan batuan ini. Berdasarkan ciri litologi di lapangan dan berdasarkan studi literatur (Pringgoprawiro, 1983, 1992). Satuan ini terdiri dari perselang-selingan batupasir karbonatan dan batulempung karbonatan yang ritmik. Berdasarkan kenampakan fisik meliputi litologi, tekstur, dan struktur sedimen, satuan ini merupakan endapan turbidit.

#### **Ciri Litologi**

Singkatan litologi yang dijumpai pada daerah penelitian cukup baik. Litologi penyusun satuan Batupasir-gampingan Kerek adalah sebagai berikut:

1. Batupasir gampingan; berwarna coklat gelap; berukuran pasir sangat halus (0,06 – 0,125 mm); semen: karbonat; berstruktur *wavy lamination*.
2. Batupasir gampingan; abu – abu; berukuran pasir sedang (0,25 – 0,5 mm); membundar tanggung; terpilah buruk; kemas tertutup fragmen: litik, kuarsa, hornblende; matriks: lempung, semen: karbonat; berstruktur *lamination, wavy lamination, dan masif*.
3. Batupasir gampingan; berwarna abu-abu; berukuran pasir kasar (1-0,5mm), fragmen: litik, kuarsa, plagioklas; matriks: pasir sangat halus, semen: karbonat, berstruktur masif dan *graded bedding*.
4. Batulempung gampingan; berwarna abu-abu; berukuran lempung (<0,004 mm); komposisi: mineral lempung; berstruktur masif.
5. Batulanau karbonatan; berwarna abu-abu gelap; berukuran lanau (0,004 – 0,06mm); komposisi: mineral berukuran lanau; *planar bedding dan masif*.

#### **Penyebaran dan Ketebalan**

Satuan batupasir gampingan Kerek pada daerah penelitian menempati ± 52 % dari luas daerah penelitian dan persebarannya terhampar mengikuti pola sinklin, yaitu dari daerah barat di Desa Panimbo dan sekitarnya hingga timur di Desa Pringjowo dan sekitarnya. Dalam peta geologi, satuan batuan ini ditandai dengan warna kuning. Berdasarkan penampang stratigrafi terukur (MS) didapatkan ketebalan dari satuan batupasir-gampingan Kerek adalah 750 meter.

#### **Umur dan Lingkungan Kedalaman**

Hasil penyusunan biostratigrafi foraminifera plankton pada conto batuan yang diambil di sepanjang lintasan stratigrafi terukur (MS), menunjukkan bahwa satuan ini diendapkan pada Miosen Tengah sampai Miosen Akhir, yaitu N14- N16 (Blow, 1969) yang ditandai dengan kemunculan awal *Globorotalia pseudomiocenica* (N14), *Globorotalia acostaensis* (N16). Lingkungan kedalaman dari satuan ini ditentukan berdasarkan analisa kandungan foraminifera bentos. Foraminifera bentos yang digunakan sebagai indeks antara lain *Cibicides* sp., *Bulimina pupoides*, *Nodosaria* sp., *Amphistegina lessonii*. Dari foraminifera bentos tersebut dapat ditentukan

bahwa satuan Batupasir-gampingan Kerek diendapkan pada lingkungan neritik tengah yaitu kedalaman 20 – 100 meter (Tipsword, dkk, 1966).

#### **Lingkungan Pengendapan**

Lingkungan pengendapan ditentukan dengan berdasarkan tiga aspek, yaitu aspek fisika, kimia dan biologi. Secara fisik satuan ini merupakan endapan turbidit, dijumpai interval T-a, T-b, T-c, T-d, T-e pada sikuen Bouma yang merupakan *classical turbidite* pada klasifikasi fasies turbidit (Walker, 1978), dicirikan dengan struktur sedimen berupa *graded bedding*, *paralel lamination*, *wavy lamination*, *flute cast*, dan *convolute*. Berdasarkan pada model lingkungan pengendapan kipas bawah laut (Walker, 1978), satuan Batupasir-gampingan Kerek diendapkan pada *Smooth portion of suprafan lobes*. Berdasarkan aspek kimia, satuan ini diendapkan pada lingkungan laut. Hal ini dibuktikan dengan keterdapatannya kandungan karbonat yang ditandai dengan adanya reaksi terhadap larutan HCl. Berdasarkan aspek biologi, satuan ini diendapkan pada lingkungan neritik tengah (20 – 100 m) (Tipsword, dkk, 1966). Lingkungan tersebut ditentukan berdasarkan analisis foraminifera bentos. Foraminifera bentos yang digunakan sebagai penanda *Cibicides* sp., *Bulimina pupoides*, *Nodosaria* sp., *Amphistegina lessonii*

#### **Hubungan Stratigrafi**

Satuan Batupasir-gampingan Kerek diendapkan tertindih selaras oleh satuan Napal Kalibeng di atasnya. Kenampakan ini dijumpai pada lintasan stratigrafi terukur (MS). Berdasarkan hasil analisis mikropaleontologi, didapatkan kisaran umur batupasir-gampingan Kerek yaitu N14-N16 (Miosen Tengah-Miosen Akhir) dan satuan napal Kalibeng yaitu N17 (Miosen Akhir). Sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan stratigrafi antara satuan batulempung-gampingan Kerek dengan satuan napal Kalibeng adalah selaras.

### **SATUAN NAPAL KALIBENG**

#### **Dasar Penamaan**

Penamaan satuan batuan ini didasarkan pada ciri litologi yang dominan. Dominasi litologi berupa napal menjadi dasar penamaan satuan batuan. Penamaan napal diperoleh dari hasil analisa kalsimetri. Satuan napal Kalibeng hanya terdiri dari napal dengan struktur sedimen masif.

#### **Ciri Litologi**

Deskripsi dan kenampakan lapangan untuk litologi penyusun napal Kalibeng adalah sebagai berikut: Napal; berwarna abu-abu kecoklatan dan abu – abu kebiruan; berukuran lempung (<0,004 mm); dengan komposisi mineral lempung dan mineral karbonat berukuran lempung; berstruktur masif.

#### **Penyebaran dan Ketebalan**

Satuan Napal Kalibeng pada daerah penelitian menempati  $\pm$  8% dari luas daerah penelitian dan menghampar dari barat – timur mengikuti pola sinklin, meliputi Desa Bengele, Desa Bendogobok, Desa Sidomulyo, dan Desa Pringjowo. Dalam peta geologi, satuan batuan ini ditandai dengan warna hijau kebiruan. Berdasarkan penampang stratigrafi terukur (MS) didapatkan ketebalan satuan Napal Kalibeng adalah 55 meter.

#### **Umur dan Lingkungan Kedalaman**

Hasil analisis foraminifera plankton pada conto batuan yang diambil di sepanjang lintasan stratigrafi terukur (MS), menunjukkan bahwa satuan ini diendapkan pada Pliosen Awal, yaitu N17-N18 (Blow, 1969). Lingkungan kedalaman dari satuan ini ditentukan berdasarkan analisa kandungan foraminifera bentos. Foraminifera bentos yang digunakan sebagai indeks antara lain *Nodosaria* sp. *Amphistegina lessonii*, *Robulus* sp., Berdasarkan foraminifera bentos yang dijumpai, satuan ini diendapkan pada lingkungan neritik tengah (20 – 100 meter) (Tipsword, dkk, 1966).

#### **Lingkungan Pengendapan**

Lingkungan pengendapan ditentukan dengan berdasarkan tiga aspek, yaitu aspek fisika, kimia dan biologi. Secara fisik, satuan ini disusun oleh napal dengan sisipan batupasir karbonatan yang menunjukkan sedimentasi dengan mekanisme suspensi, dimana merupakan fasies pelagic (T-e) menurut Bouma (1962) berdasarkan model kipas bawah laut menurut Shanmugam & Moiola (1988) satuan ini diendapkan pada *Basin Plain*. Berdasarkan aspek kimia, satuan ini diendapkan pada lingkungan laut. Hal ini dibuktikan dengan keterdapatannya kandungan karbonat yang ditandai dengan adanya reaksi terhadap larutan HCl. Selain itu, secara mikroskopis litologi penyusun satuan ini banyak mengandung kalsit dan lumpur karbonat (*lime mud*). Berdasarkan aspek biologi, satuan ini diendapkan pada lingkungan laut. Hal ini berdasarkan komposisi pada litologi penyusun satuan ini, yaitu organisme foraminifera yang melimpah. Berdasarkan analisis foraminifera bentos, satuan ini diendapkan pada lingkungan neritik luar (100 – 200 m) (Tipsword, dkk, 1966). Foraminifera bentos yang digunakan sebagai penanda antara lain *Nodosaria* sp. *Amphistegina lessonii*, *Robulus* sp.

#### **Hubungan Stratigrafi**

Satuan Napal Kalibeng diendapkan selaras di atas satuan Batupasir-gampingan Kerek. Kenampakan ini hanya dijumpai pada lintasan stratigrafi terukur (MS). Berdasarkan peta geologi dan hasil rekonstruksi penampang geologi, satuan ini juga membuktikan bahwa satuan Napal Kalibeng diendapkan selaras di atas satuan Batupasir-gampingan Kerek.

SKALA UMUR GEOLOGI		ZONASI BLOW (1969)	TEBAL (m)	FORMASI	SATUAN BATUAN	LITOLOGI (TANPA SKALA)	KANDUNGAN FOSIL	PEMERIAN
ZAMAN	KALA							
TERTIER	AKHIR	N17	55	Kalibeng	Napal Kalibeng		Satuan Napal Kalibeng : Plankton : Globorotalia multicaemata Bentos : Lagenia sulcata	Satuan Napal Kalibeng : Terdiri dari litologi napal berwarna abu-abu dengan kandungan fosil foraminifera plankton yang melimpah, struktur sedimen masif, analisa foraminifera plankton menunjukkan umur N17 (Mosen Akhir) (Blow, 1969) analisa foraminifera bentos menunjukkan lingkungan batimetri Neritik Tengah (20-100 m) (Tipword, 1966) Menempati 40% dari luas daerah telitian.
		N16   N14	750	Kerek	Batupasir-gampingan Kerek		Satuan Batupasir-gampingan Kerek : Plankton : Globigerinoides immaturus Globorotalia acostaensis Bentos : Brizalina acutula	Satuan Batupasir-gampingan Kerek : Terdiri dari penulangan batupasir gampingan dengan batulempung gampingan dan batupasir gampingan dengan batulanau gampingan, warna kuning kecoklatan dengan kandungan fosil foraminifera plankton yang melimpah, struktur sedimen graded bedding, planar bedding, wavy lamination, flute cast, cross lamination, masif, analisa foraminifera plankton menunjukkan umur N14-N16 (Mosen Tengah-Mosen Akhir) (Blow, 1969), analisa foraminifera bentos menunjukkan lingkungan batimetri Neritik Tengahdi (20-100 m) (Tipword, 1966). Menempati 52% dari luas daerah telitian.
	N13   N11	1004	Batulempung-gampingan Kerek			Satuan Batulempung-gampingan Kerek : Plankton : Globorotalia praehalli Globorotalia langemata Sphaeroidella subrotundata Globigerinoides immaturus Bentos : Amphistegina lessoni Brizalina acutula	Satuan Batulempung-gampingan Kerek : Terdiri dari penulangan batulempung gampingan dengan batupasir gampingan dan penulangan batulempung gampingan dengan batulanau gampingan berwarna abu-abu dengan kandungan fosil foraminifera plankton yang melimpah, struktur sedimen planar bedding, wavy lamination, parallel lamination, masif, analisa foraminifera plankton menunjukkan umur N11-N13 (Mosen tengah) (Blow, 1969), analisa foraminifera bentos menunjukkan lingkungan batimetri Neritik Tengah (20-100 m) (Tipword, 1966). Menempati 52% dari luas daerah telitian.	

Stratigrafi Daerah Penelitian

**STRUKTUR GEOLOGI DAERAH TELITIAN**

Indikasi – indikasi adanya lapisan tegak, kelurusan kedudukan batuan yang berbeda diantara sekitarnya, dan dengan interpretasi peta sebaran litologi, hal tersebut mengindikasikan bahwa adanya pengaruh struktur geologi yang mengontrol daerah telitian. Berdasarkan metode ini, ada beberapa daerah yang menjadi lokasi sebaran dari sesar tersebut yang kemudian dilakukan penamaan sesar menurut klasifikasi Rickard, 1972. Disamping itu penentuan struktur geologi pada daerah telitian didasarkan pada tanda- tanda seperti kelurusan sungai, analisis melalui peta topografi, dan literatur- literatur yang berhubungan dengan pola struktur daerah telitian, kemudian menyimpulkan hubungannya dengan struktur geologi secara regional. Struktur geologi yang terdapat di daerah telitian berupa sesar naik Plosorejo, lipatan sinklin Sidomulyo yang berarah relatif barat – timur.

**Lipatan Sinklin Sidomulyo**

Lipatan sinklin Sidomulyo terletak dibagian selatan peta pada daerah telitian, dengan sumbu lipatan relatif membujur dari Timur – Barat, dari Daerah Bengle pada bagian timur sampai Daerah Pring Jowo pada bagian barat. Sinklin ini dikenali dari kedudukan lapisan batuan yang saling berlawanan arah antara sayap bagian utara dengan sayap bagian selatan. Dari hasil analisa struktur didapatkan kedudukan umum sayap bagian utara N 076° E/ 25°, kedudukan umum sayap bagian selatan N 239° E/ 24°, kedudukan umum sumbu lipatan (*Hinge Surface*) N 067° E/ 89°, besar garis sumbu lipatan (*Hinge Line*) 4°, N 247° E. Berdasarkan klasifikasi Fluety (1964) lipatan ini termasuk kedalam *Upright Horizontal Fold*.

**Sesar Plosorejo**

Berdasarkan hasil pengamatan keadaan lapangan dan hasil analisa penampang geologi serta diketahui dari data kedudukan batuan yang ada, ditemukan arah kedudukan batuan yang menunjukkan suatu kelurusan jurus. Selain itu bukti lain tentang aktivitas tektonik pada daerah telitian dijelaskan dengan adanya kekar- kekar yang berpasangan pada Daerah Plosorejo dan ditemukannya lapisan terbalik/kedudukan tegaksuatu lapisan batuan yang mengindikasikan adanya sesar naik Plosorejo. Dari keadaan tersebut sudah dapat disimpulkan bahwa pada daerah ini terdapat adanya aktivitas tektonik berupa pergerakan sesar. Dari hasil pengukuran kekar – kekar yang ditemukan pada Daerah Plosorejo dan Salam didapatkan data kedudukan kekar yang kemudian akan dilakukan analisa struktur untuk mengetahui jenis serta arah tegasan utama dari sesar tersebut. Kekar ini dijumpai pada lokasi pengamatan 70 di daerah Salam pada litologi berupa batulempung. Dari pengamatan di lapangan diperoleh data kekar berupa *shear joint* 1 dengan arah umum N 192°E/80° dan *shear joint* 2 dengan arah umum N 134°E/81°. Berdasarkan analisis stereografis didapatkan *extension joint* N 166° E/80°, *release joint* N 256° E/88°, dan tegasan utama yang bekerja yaitu relatif timur laut – barat daya. Sesar naik Plosorejo relatif membujur dari barat – timur di bagian utara daerah telitian dengan arah penunjaman ke arah utara pada daerah telitian. Sesar ini berada pada LP 14 yaitu di daerah Plosorejo. Penulis membuktikannya dari hasil pengamatan lapangan dan analisa struktur sesar dengan menggunakan data gores garis, dan bidang sesar.

## SEJARAH GEOLOGI DAERAH TELITIAN

Berdasarkan data-data geologi primer yang meliputi data lapangan berupa ciri litologi, umur dan lingkungan pengendapan, serta pola struktur dan mekanisme pembentukannya serta ditambah dengan hasil interpretasi dan penafsiran, pada akhirnya dapat dibuat suatu sintesis geologi daerah penelitian yang menggambarkan sejarah geologi pada suatu kerangka ruang dan waktu. Penentuan sejarah geologi daerah penelitian juga mengacu pada sejarah geologi regional peneliti-peneliti terdahulu seperti Sukandarrumi (1992) dan Pringgoprawiro (1983).

Model sejarah geologi daerah penelitian dimulai sejak Miosen Akhir dimana batuan tertua di daerah penelitian pertama kali diendapkan, hingga Pleistosen. Pada kala Miosen Tengah terendapkan satuan Batulempung-gampingan Kerek yang merupakan satuan paling tua yang tersingkap pada daerah penelitian, satuan mulai diendapkan dengan mekanisme arus turbit pada lereng cekungan bagian bawah kipas bawah laut (*Lower fan*) (Walker, 1978), hal ini dikarenakan hanya ada perkembangan fasies CT serta terjadi penebalan keatas pada satuan ini. Lingkungan batimetri satuan ini menurut hasil analisis foraminifera bentos berada pada kedalaman 20 – 100 m (Neritik Tengah).

Setelah terbentuknya satuan Batulempung- gampingan Kerek, satuan Batupasir- gampingan Kerek mulai diendapkan dengan mekanisme arus turbit pada lereng cekungan bagian tengah kipas bawah laut (*middle fan*) tepatnya pada *Smooth Portion of Suprafan Lobes* (Walker, 1978), hal ini berdasarkan berkembangnya fasies CT dan MS serta terjadi penebalan keatas pada satuan ini. Satuan ini terendapkan selaras diatas satuan Batulempung-gampingan Kerek. Lingkungan batimetri satuan ini menurut hasil analisis foraminifera bentos berada pada kedalaman 20 – 100 m (neritik tengah).

Kemudian setelah satuan Batupasir- gampingan Kerek terbentuk, mulai terendapkan satuan selanjutnya yaitu Napal Kalibeng pada kala Miosen Akhir yang merupakan satuan paling muda yang tersingkap pada daerah penelitian, satuan ini terendapkan pada dasar cekungan (*Basin Plain*), didasarkan atas dominasi litologi berupa napal pada satuan ini. Lingkungan batimetri satuan ini menurut hasil analisis foraminifera bentos berada pada kedalaman 20 – 100 m (Neritik Tengah). Selanjutnya terjadi proses tektonik berupa rezim kompresi dengan arah gaya utama tenggara – barat laut. Aktifitas tektonik yang terus berkembang mengakibatkan daerah penelitian terangkat, yang semula lautan berubah menjadi daratan serta terjadi perlipatan dan persesaran.

Proses pengangkatan dan berkembangnya aktifitas persesaran dan perlipatan terus terjadi hingga sekarang ini. Bersamaan dengan proses tersebut, terjadi proses denudasi sehingga menghasilkan kondisi geologi seperti sekarang ini

## BIOSTRATIGRAFI DAERAH TELITIAN

Berdasarkan penyusunan biostratigrafi foraminifera plankton, penulis membagi dua kolom biostratigrafi dengan urutan tua ke muda yaitu : Pada kolom biostratigrafi 1 didapatkan empat Zona Selang dan dua Zona Parsial yaitu : Zona Parsial *Globorotalia praefohsi* (N11), Zona Selang *Globorotalia praefohsi - Globorotalia fohsi fohsi* (N11), Zona Selang *Globorotalia fohsi fohsi - Sphaeroidinella subdehiscens* (N12), Zona Selang *Sphaeroidinella subdehiscens - Globorotalia pseudomiocenica* (N13), Zona Parsial *Globorotalia pseudomiocenica – Globorotalia obesa* (N14-N15), Kemudian pada kolom biostratigrafi 2 didapatkan dua Zona Parsial dan dua Zona Selang yaitu : Zona Parsial *Hastigerina aequilateralis* (N14), Zona Selang *Hastigerina aequilateralis - Globorotalia acostaensis* (N14-N15), Zona Selang *Globorotalia acostaensis - Globorotalia multicamerata* (N16), Zona Parsial *Globorotalia multicamerata* (N17).

## POTENSI GEOLOGI

Potensi geologi ialah kemampuan alam untuk dapat menghasilkan suatu produk dari hasil proses - proses geologi yang bekerja, baik produk yang dapat menimbulkan dampak manfaat (positif) maupun juga produk yang dapat menimbulkan kerugikan (negatif) bagi umat manusia. Berdasarkan kedua aspek diatas maka potensi geologi pada daerah telitian dapat dibagi seperti dibawah ini.

### POTENSI POSITIF

#### Mata Air

Salah satu potensi positif pada daerah telitian adalah adanya mata air, mata air tersebut berada di daerah Sidomulyo yaitu pada litologi batupasir gampingan. Mata air tersebut digunakan oleh sebagian penduduk desa Sidomulyo untuk keperluan menyiram tanaman yang berada di sekitar mata air.

#### Bahan Pembuatan Jalan

Batuan yang tersingkap baik di hampir setiap sungai membuat penduduk di sebagian daerah telitian seperti di desa Cepit dan desa Karangtengah memanfaatkan batuan tersebut sebagai bahan untuk membangun jalan. Pembangunan jalan tersebut sangat membantu transportasi para penduduk yang kesehariannya menggunakan

kendaraan bermotor, karena warga pengguna kendaraan bermotor di daerah lain merasa kesulitan melewati jalan yang hanya beralaskan tanah.

### **Bahan Bangunan**

Batupasir yang dominan di daerah telitian memiliki struktur sedimen berupa perlapisan, hal tersebut membuat bentuk batuan tersebut relatif melebar. Kondisi tersebut memiliki potensi positif bagi penduduk desa Bengle yaitu dapat digunakan sebagai bahan bangunan seperti teras rumah, pagar rumah, bahkan sebagai pondasi rumah.

### **POTENSI NEGATIF**

#### **Gerakan Massa Tanah**

Tingkat curah hujan yang tinggi pada daerah telitian menyebabkan tingkat pelapukan yang tinggi, sehingga pada litologi – litologi yang kurang resisten dengan sudut kelerengan yang besar dapat berpotensi menimbulkan adanya gerakan massa tanah, Berdasarkan kenampakan di lapangan penulis menggolongkan tersebut ke dalam pergerakan massa tanah berupa *Debris Flow* (Highland and Johnson, 2004). Pada daerah telitian gerakan tanah dijumpai pada daerah telitian lebih tepatnya pada daerah dengan satuan batulempung gampingan Kerek. Gerakan massa tanah ini terdapat di desa Salam.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan pada beberapa bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa Jenis pola pengaliran yang berkembang pada daerah penelitian, yaitu pola pengaliran subdendritik dan trellis. Secara geomorfik, daerah penelitian dibagi menjadi tiga bentuk lahan yaitu Perbukitan Homoklin (S1), Lembah Struktural (S2), Perbukitan Sinklin (S3).

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan analisa laboratorium, penulis membagi daerah penelitian menjadi 3 satuan litostratigrafi tidak resmi beserta lingkungan pengendapan, dengan urutan dari tua ke muda sebagai berikut: satuan batulempung-gampingan Kerek berumur N11-N13 (Miosen Tengah) yang diendapkan pada *Lower Fan* (Walker, 1978) dengan kedalaman 20-100 meter (neritik tengah), satuan batupasir-gampingan Kerek berumur N14-N16 (Miosen Tengah-Miosen Akhir) yang diendapkan pada *Smooth Portion of Suprafan Lobes* (Walker, 1978) dengan kedalaman 20-100 meter (neritik tengah), satuan napal Kalibeng berumur N17 (Miosen Akhir) yang diendapkan pada *Basin Plain* (Shanmogam & Moiola, 1988).

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian terdiri dari sesar naik (*Right Reverse Slip Fault*) dan lipatan berupa sinklin (*Upright Horizontal Fold*) sebagai akibat tektonik kompresi dengan tegasan berarah relatif timur tenggara-barat laut, yang terbentuk setelah Miosen Akhir. Penyusunan biostratigrafi foraminifera plankton dibagi menjadi 2 kolom biostratigrafi dengan urutan tua ke muda : Pada kolom biostratigrafi 1 didapatkan empat Zona Selang dan dua Zona Parsial yaitu : Zona Parsial *Globorotalia praefohsi* (N11), Zona Selang *Globorotalia praefohsi - Globorotalia fohsi fohsi* (N11), Zona Selang *Globorotalia fohsi fohsi - Sphaeroidinella subdehiscens* (N12), Zona Selang *Sphaeroidinella subdehiscens - Globorotalia pseudomiocenica* (N13), Zona Parsial *Globorotalia pseudomiocenica - Globorotalia obesa* (N14-N15). Pada kolom biostratigrafi 2 didapatkan dua Zona Selang dan dua Zona Parsial yaitu : Zona Parsial *Hastigerina aequilateralis* (N14), Zona Selang *Hastigerina aequilateralis - Globorotalia acostaensis* (N14-N15), Zona Selang *Globorotalia acostaensis - Globorotalia multicamerata* (N16), Zona Parsial *Globorotalia multicamerata* (N17). Potensi positif pada daerah penelitian yaitu dijumpai mata air sebagai pasokan air bersih dan irigasi sawah, bahan pembuatan jalan untuk memperlancar transportasi warga setempat, serta bahan bangunan oleh warga sebagai material pembuatan pondasi, pagar, atau teras rumah. Potensi negatif pada daerah penelitian yaitu banyaknya tinggian yang dikontrol oleh litologi dengan resistensi lemah sehingga memicu terjadinya gerakan massa tanah.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bandy, O.I., 1967, *Foraminiferal Indices in Paleontology*, Texas W. H. Freeman and Company.
- Blow, W.H., 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In: P. Brunnimann and H.H. Renz (Editors), *Proc. First Conf. Planktonic Microfossils*, Geneva, 1: 199--421.
- Bouma, A.H., 1962. *Sedimentology of Some Flysch Deposits, A Graphic Approach to Facies Interpretation*. Elsevier Co., Amsterdam. De Genevraye, P. and Samuel, L., 1972.
- Geology of the Kendeng zone (central and east Java). *Proc. First Annu. Cony. Indonesian Pet. Assoc.*, pp. 17-30.
- Dunham, R. J., 1962. Classification of Carbonate Rock According to Depositional Texture, In Han, W. E. (ed) 1962, *Classification of Carbonate Rock*, *AAPG Bull. Mem* 1, p. 108 – 121.
- Fleuty, M. J., 1964. *The description of folds*. Geologists' Association, London.
- Hasyim, N., 1988. Le Neogene marin du Nord-Est de Java, Indonesie. Etude biostratigraphique foraminiferes et nannoplanton. *Geomedia*, Memore 1: 129pp.
- Highland and Johnson., 2004. *Landslides Types and Processes*, <http://pbs.usgs.gov/2004/3072>

- Kapid, R., 1991. Le Mio-Pliocene marin du Nord-Est de Java, Indonesie. Biostratigrafi qualitative et quantitative des foraminiferes et du nannoplancton. *Thesis*, Univ. De Reims, France.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. IAGI:1-34.
- Nahrowi, N.Y. and Suratman.1990. Aspek stratigrafi, sedimentologi dan petrografi endapan turbidit (studi kasus: Formasi Kerek & Anggota Banyak daerah Kedungjati, Jawa Tengah). *Proc. 19th Ann. Conv. Indon.Assoc. Geol. (IAGI)*.
- Nichols, Gary, 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*: Second Edition. Wiley- Blackwell, Oxford: 411pp.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic calcareous nannoplankton. In:H.M. Bolli, J.B. Saunders and K. Perch-Nielsen (Eds). *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge: 425-554.
- Pettijohn F. J., 1975. *Sedimentary Rocks*: Harper and Row Publishers, New York Evanston-San Fransisco-London.
- Pringgoprawiro, H., 1983. Biostratigrafi dan paleogeografi cekungan Jawa Timur utara suatu pendekatan baru. *Disertasi Doktor Teknik Geologi*, ITB, Bandung, Indonesia:239pp.
- Rickard, M.J., 1972. Fault Classification : *Discussion*. Geological Society of America Bulletin, V. 83, hal. 2545-2546
- Shanmugam, G., 2006, *Deep-water Processes and Facies Models*: Implications for Sandstone Petroleum Reservoirs, Elsevier, UK, 476p.
- Sribudiyani, Muchsin, N., Ryacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A.H., And Yulianto, I., 2003 : The collision of the East Java Microplate and its implication for hydrocarbon occurrences in the East java Basin, *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 29th Annual Convention and Exhibition*.
- Sukandarrumidi, 1992. *Geologi Sejarah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tipsword, H. L., Setzer, F. M., Smith F. M. Jr., (1966), *Interpretation of depositional environment in gulf coast petroleum exploration from paleoecology and realated stratigraphy*, Trans, gulf coast ass. Geol. Soc. Vol. XVI, 119-130.
- Tucker, Maurice, 1982, *Sedimentary Rocks In The Field*, Department of Geological Sciences University of Durham, UK.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia, Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, The Hague.
- Van Gorsel, J.T. and Troelstra, S.R., 1981. Late Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy and climatostratigraphy of the Solo River section (Java, Indonesia): Chronostratigraphic implications and paleoclimatic framework of the Mediterranean Messinia Salinity Crisis. *Marine Micropaleontology*, 6(2): 183-209.
- Van Zuidam, R.A. and Zuidam Cancelado, F.I., 1979 and 1985, *Terrain Analysis and Classification Using Areal Photographs A Geomorphological Approach*, Netherland, Enschede: ITC.
- Walker, R.G., 1992. Facies models. In: *Facies Models: Response to Sea Level Change* (Eds Walker, R.G. and James, N.P.). Geological Association of Canada, St Johns, Newfoundland; 239–261.
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer- Verlaag, New York, Heidelberg, Berlin, 441 hal.