

## GEOLOGI DAN PALEOBATIMETRI FORMASI SENTOLO BAGIAN BAWAH DAERAH KARANGSARI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN PENGASIH, KABUPATEN KULON PROGO, PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Sapto Kis Daryono, Achmad Subandrio, Hana Dewi

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta  
Jl. Padjajaran 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, D.I. Yogyakarta 55283  
E-mail: kisdaryono36@yahoo.com

### ABSTRAK

Secara administratif lokasi penelitian termasuk Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada koordinat UTM 402900 407900 dan 9132000 9137000, zona UTM 49S dengan total luas lapangan 25 km<sup>2</sup> (5 km x 5 km). Geomorfologi daerah penelitian terbagi atas 7 satuan bentuk lahan yaitu, perbukitan bergelombang kuat (D1), lereng bergelombang kuat (D2), dataran bergelombang kuat (D3), perbukitan karst (K1), sungai (F1), dataran aluvial (F2), dan waduk (A1). Stratigrafi daerah penelitian terbagi atas 3 (tiga) satuan batuan dari tua ke muda yaitu, satuan breksi-vulkanik Kaligeesing, satuan batugamping-klastik Sentolo, dan satuan endapan aluvial. Satuan breksi-vulkanik Kaligeesing berumur Oligosen Akhir--Miosen Awal. Satuan batugamping-klastik Sentolo diendapkan pada umur Miosen Tengah--Miosen Akhir (N14--N16) secara tidak selaras di atas satuan breksi-vulkanik Kaligeesing. Pada kala Holosen diendapkan secara tidak selaras satuan endapan aluvial. Struktur geologi di Daerah Karangsari dan sekitarnya yaitu sesar *normal right slip fault* yang menunjukkan arah umum barat--timur dan kekar berpasangan (*shear joint*) dengan arah tegasan N256°E/80° dan N166°E/85°. Paleobatimetri daerah penelitian ditentukan dengan menggunakan dua metode analisis yaitu analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik kecil dengan 4 (empat) referensi dan analisis kuantitatif rasio P/B. Hasil analisis kualitatif menunjukkan kehadiran foraminifera bentonik yang melimpah seperti *Planulina wuellerstorfi*, *Amphistegina gibosa*, *Dentalina subsoluta*, *Bolivina quadrilatura*, dan *Cassidulina subglobosa* yang mencirikan paleobatimetri zona neritik tengah--abisal atas. Hasil analisis kuantitatif menggunakan rasio P/B menunjukkan ke enam sampel memiliki nilai > 90% yang berarti paleobatimetri zona batial bawah. Selain itu, berdasarkan karakteristik dinding cangkang fosil foraminifera dapat diketahui bahwa dinding cangkang berkompposisi hyalin (gampingan) yang mencirikan lingkungan laut dangkal. Dari beberapa pendekatan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa paleobatimetri formasi Sentolo menunjukkan lingkungan laut dangkal.

**Kata Kunci:** paleobatimetri, foraminifera, formasi Sentolo

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pegunungan Kulon Progo menempati satuan Pegunungan Serayu Selatan (van Bemmelen, 1949). Pegunungan Kulon Progo mengalami perubahan fase tektonik yaitu dari fase vulkanisme ke fase genang laut sehingga mempengaruhi morfologi, persebaran litologi, urutan stratigrafi, struktur geologi serta lingkungan pengendapan Formasi Sentolo merupakan salah satu formasi yang tersingkap di daerah penelitian. Ditemukannya singkapan batugamping dengan beragam fosil foraminifera planktonik dan foraminifera bentonik menjadi alasan dilakukannya penelitian pada Formasi Sentolo. Hal ini memunculkan pertanyaan mengenai variasi spesies apa saja yang ditemukan, umur relatif batuan, serta paleobatimetri. Penelitian mengenai paleobatimetri Formasi Sentolo telah dilakukan oleh beberapa peneliti.

Menurut Pandita (2018), paleobatimetri Formasi Sentolo diperkirakan pada zona batial bagian bawah sedangkan Pambudi (2019) menyimpulkan lingkungan Formasi Sentolo yaitu neritik luar hingga ke batial. Oleh karena lingkungan kedalaman yang bervariasi, dilakukan penelitian mengenai paleobatimetri untuk merekonstruksi batimetri (kedalaman air) dari Formasi Sentolo. Penentuan paleobatimetri Formasi Sentolo menggunakan dua metode yaitu analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik kecil menurut Barker (1960), Van Marle (1988), Tipsword (1966), dan Phleger (1951) dan analisis kuantitatif rasio planktonik bentonik (Rasio P/B). Daerah penelitian terletak di Desa Karangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi kajian mengenai paleobatimetri Formasi Sentolo yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu.

#### Rumusan Masalah

1. Bagaimana geomorfologi daerah penelitian?
2. Bagaimana variasi litologi daerah penelitian?
3. Bagaimana hubungan antar satuan batuan?

4. Bagaimana keadaan struktur geologi?
5. Apa saja potensi geologi daerah penelitian?
6. Bagaimana paleobatimetri formasi Sentolo?

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ialah untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian meliputi geomorfologi, variasi litologi, hubungan antara satuan batuan, struktur geologi yang berkembang, sejarah potensi geologi daerah penelitian serta paleobatimetri Formasi Sentolo berdasarkan kandungan fosil foraminifera bentonik dan rasio P/B.

### **Lokasi Penelitian**

Daerah penelitian terletak di Desa Karang Sari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada koordinat UTM 402900--407900 dan 9132000--9137000, zona UTM 49S, dengan total luas lapangan 25 km<sup>2</sup> (5 km x 5 km) dengan skala 1: 10.000.

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian berisi beberapa tahapan penelitian yang sistematis, rinci, dan terencana. Tahapan pertama yaitu tahapan persiapan berupa studi literatur dari beberapa sumber dan peneliti terdahulu. Selanjutnya, tahap pengambilan data di lapangan yang bertujuan untuk mengumpulkan data primer. Kemudian tahap pengolahan data merupakan tahap analisis laboratorium yang dilanjutkan dengan pembuatan peta dan laporan. Seluruh data kemudian diinterpretasi dan disimpulkan. Tahap terakhir berupa tahap penyajian data berupa laporan dan peta. Metode yang digunakan untuk menentukan paleobatimetri terbagi atas 2 yaitu analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik kecil menurut 4 referensi dan analisis kuantitatif menggunakan rasio P/B.

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Menurut Rahardjo (1955) stratigrafi Pegunungan Kulon Progo terdiri atas 6 satuan formasi dari urutan tua ke muda, yaitu: Formasi Nanggulan, Formasi Kebobotak/Andesit tua, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo dan Endapan Vulkanik Kuarter dan Endapan Aluvial.

#### **1. Formasi Nanggulan**

Formasi Nanggulan merupakan formasi tertua yang terendapkan di daerah Kulon Progo. Formasi ini tersusun oleh batupasir yang bersisipan lignit, napal pasiran, batu lempung, sisipan napal dan batugamping, batupasir dan tuff. Formasi ini memiliki ketebalan kurang lebih 300 meter. Berdasarkan analisis foraminifera plankton umur Formasi Nanggulan adalah Eosen Tengah sampai Oligosen Awal (Hartono, 1969).

#### **2. Formasi Kebobotak/Andesit Tua**

Formasi Kebobotak diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Nanggulan. Formasi ini tersusun atas breksi vulkanik dengan fragmen andesit, lapilli tuf, tuf, lapili breksi, sisipan aliran lava andesit, aglomerat, serta batupasir vulkanik yang tersingkap di banyak lokasi di daerah Kulonprogo. Ketebalan formasi ini kira-kira mencapai 600 m. Batuan penyusun formasi ini berasal dari kegiatan vulkanisme di daerah tersebut, yaitu dari beberapa gunung api tua di daerah Pegunungan Kulon Progo yang oleh van Bemmelen (1949) disebut sebagai Gunung Api Andesit Tua. Gunung api yang dimaksud adalah Gunung Gajah, di bagian tengah pegunungan, Gunung Ijo di bagian selatan, serta Gunung Menoreh di bagian utara Pegunungan Kulon Progo. Pringgoprawiro dan Riyanto (1987) merevisi penamaan Formasi Andesit Tua menjadi dua Formasi yaitu Formasi Kaligesing dan Formasi Dukuh. Formasi Kaligesing dicirikan oleh breksi monomik, dengan fragmen andesit, sisipan batupasir dan lava andesit. Sedangkan Formasi Dukuh terdiri dari breksi polimik dengan fragmen andesit, batupasir, batugamping. Menurut Soeria-atmadja (1994) umur Formasi Andesit Tua ialah Oligosen Akhir--Miosen Awal. Penarikan umur absolut yang dilakukan oleh Soeriaadmadja (1994) menggunakan data radioaktif K-Ar. Pengambilan sampel terletak pada *dyke* di bagian lereng timur Pegunungan Kulon Progo Daerah Nanggulan.

#### **3. Formasi Jonggrangan**

Formasi Jonggrangan tersusun atas litologi batunapal tufan, batupasir gampingan dengan sisipan lignit, serta konglomerat di bagian bawah. Formasi Jonggrangan ini tersingkap baik di sekitar Desa Jonggrangan, suatu desa yang ketinggiannya di atas 700 meter dari muka air laut dan disebut sebagai plato Jonggrangan. Formasi ini berumur Miosen Awal hingga Miosen tengah dengan ketebalan 250 meter dan diendapkan pada laut dangkal. Batuan ini semakin ke atas berubah menjadi Batugamping koral (Rahardjo, dkk., 1977). Formasi Jonggrangan ini terletak secara tidak selaras di atas Formasi Andesit Tua. Ketebalan dari Formasi Jonggrangan ini mencapai sekitar 250 meter (van Bemmelen, 1949), van Bemmelen, (1949) menyebutkan bahwa Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo keduanya merupakan Formasi Kulon Progo (*Westopo Beds*).

#### **4. Formasi Sentolo**

Formasi ini terletak di bagian tenggara Pegunungan Kulon Progo dengan morfologi perbukitan bergelombang rendah hingga tinggi. Bagian bawah formasi ini tersusun atas konglomerat yang ditumpangi batupasir gampingan, napal tufan dan sisipan tuf kaca. Semakin ke atas berubah menjadi batugamping berlapis dengan fasies neritik. Batugamping koral dijumpai secara lokal, menunjukkan umur yang sama dengan formasi Jonggrangan, tetapi di beberapa tempat umur Formasi Sentolo adalah lebih muda (Pringgoprawiro, 1968).

Berdasarkan penelitian fosil Foraminifera yang dilakukan Kadar (1975) dijumpai beberapa spesies yang khas, seperti: *Globigerina Insueta* Cushman & Stainforth, dijumpai pada bagian bawah dari Formasi Sentolo. Fosil-fosil tersebut menurut Kadar (1975, Rahardjo, dkk, 1977) mewakili zona N8 (Blow, 1969) atau berumur Miosen Bawah. Menurut Pringgoprawiro (1968) umur Formasi Sentolo ini berdasarkan penelitian terhadap fosil foraminifera planktonik, adalah berkisar antara Miosen Awal sampai Pliosen (zona N7 hingga N21). Formasi Sentolo ini mempunyai ketebalan sekitar 950 meter (Rahardjo, dkk, 1977).

5. Endapan Vulkanik Kuarter dan Endapan Aluvial

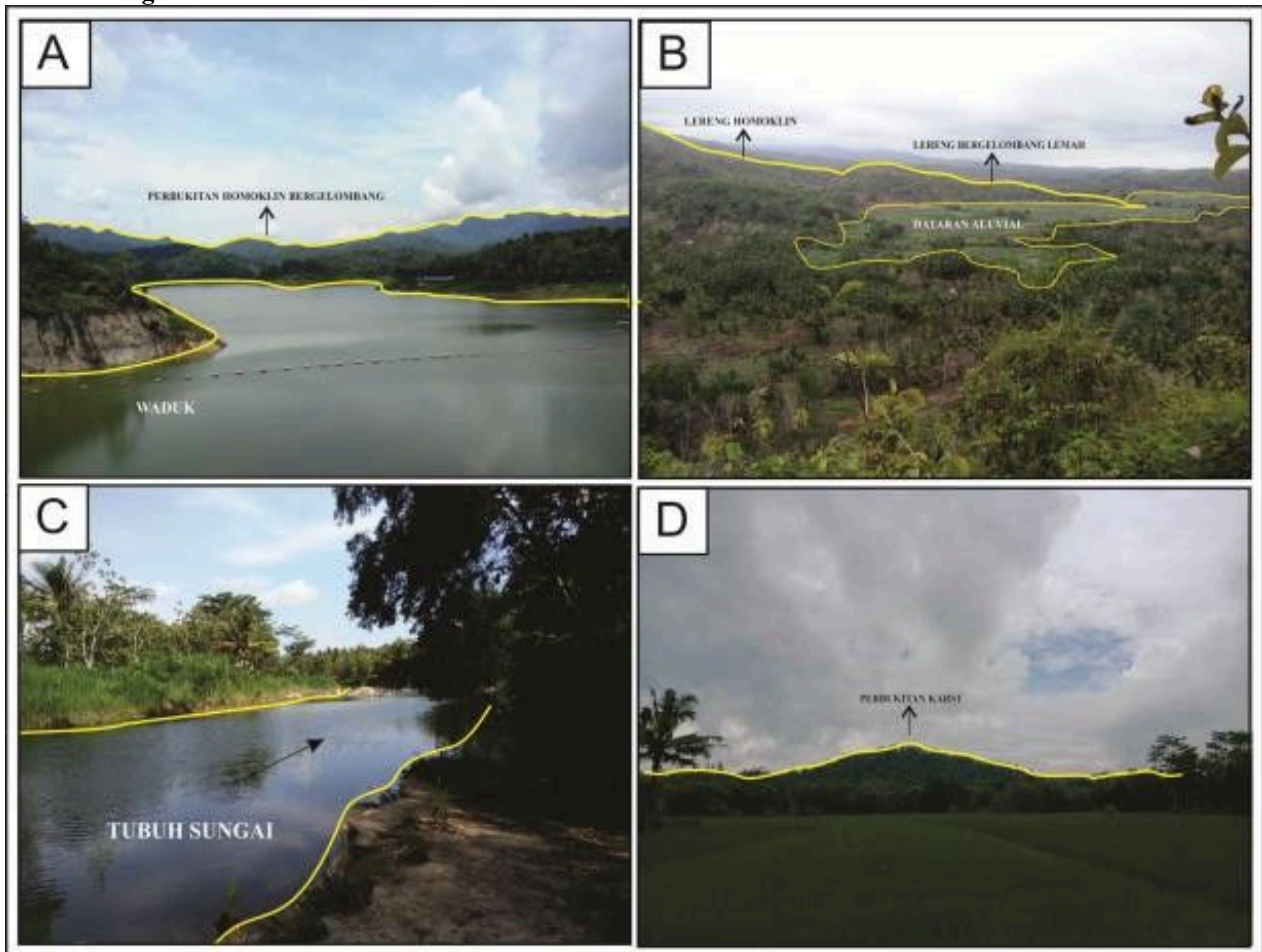
Endapan aluvial terdiri atas endapan-endapan kerakal, pasir, lanau, dan lempung sepanjang sungai yang besar dan dataran pantai. Endapan aluvial sungai berdampingan dengan hasil rombakan bahan vulkanik gunung api.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Pola Pengaliran**

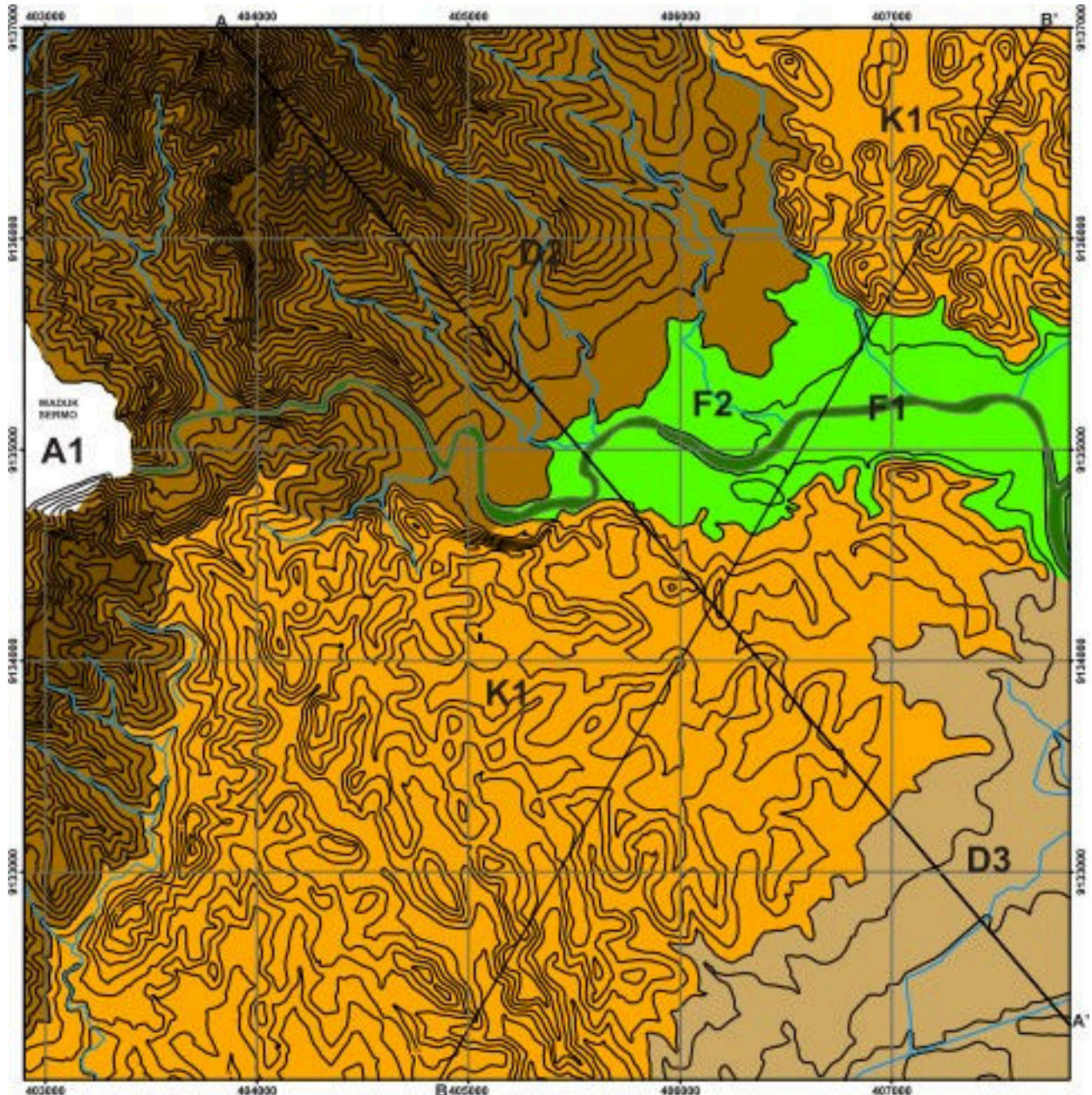
Pembagian pola pengaliran pada daerah penelitian mengacu pada klasifikasi Howard (1966). Pola pengaliran pada suatu daerah dikontrol oleh iklim (curah hujan), topografi, resistensi batuan, struktur geologi dan proses yang berlangsung di daerah tertentu. Pola pengaliran yang terdapat pada daerah penelitian yaitu pola pengaliran dendritik dan subdendritik. Pola pengaliran dendritik (DR) berkembang pada perbukitan karst bergelombang dan dataran bergelombang. Litologi yang ditemukan ialah batuan sedimen berbutir sedang—halus, seperti batugamping klastik, non klastik, dan batugamping hasil erosi yang memiliki tingkat resistensi yang lemah. Memiliki bentuk lembah “U-V”, tempat mengalir pada *alluvial stream*. Pola pengaliran subdendritik merupakan modifikasi dari pola dasar dendritik yang terjadi karna pengaruh topografi maupun struktur geologi pada suatu daerah. Pada daerah penelitian, pola pengaliran subdendritik dicirikan oleh bentuk yang menyerupai cabang pohon dan berkembang pada tingkat kelerengan sedang--curam. Batuan dasar berupa lava, breksi dan batupasir dengan tingkat resistensi sedang tinggi. Memiliki bentuk lembah “V”, tempat mengalir pada *bedrock stream*.

**Geomorfologi**



**Gambar 1.** (A) Bentang alam yang diambil dengan arah kamera relatif mengarah ke barat laut yang memperlihatkan perbukitan bergelombang kuat (D1) dan waduk (A1); (B) Bentang alam yang diambil dengan arah kamera relatif ke timurlaut yang memperlihatkan lereng bergelombang kuat (D2) dan dataran aluvial (F2); (C) bentang alam yang diambil pada dengan arah kamera relatif ke tenggara yang memperlihatkan tubuh sungai (F1); (D) Bentang alam yang diambil pada dengan arah kamera relatif ke timur yang memperlihatkan perbukitan karst (K1).





Gambar 2. Peta Geomorfologi Daerah Penelitian

1. Satuan Bentuk Lahan Perbukitan Bergelombang Kuat (D1)

Satuan bentuk lahan perbukitan bergelombang mencakup  $\pm 10\%$  dari luas daerah penelitian. Memiliki tingkat ketereng curam--sangat curam (50% 66,67%). Didominasi oleh Formasi Kaligesing dengan litologi breksi vulkanik, tingkat resistensi batuan tinggi sedang. Pola pengaliran yang berkembang adalah subdendritik, memiliki lembah yang berbentuk "V" dengan dinding lembah curam dan erosi berlangsung secara vertikal. Satuan bentuk lahan perbukitan bergelombang terbentuk karena adanya proses endogen serta proses pelapukan dan erosi yang dominan.

2. Satuan Bentuk Lahan Lereng Bergelombang Kuat (D2)

Satuan bentuk lahan lereng bergelombang kuat menempati  $\pm 25\%$  dari luas daerah penelitian. Lereng bergelombang memiliki tingkat ketereng curam (10% 50%). Didominasi oleh material sedimen berbutir kasar, yaitu breksi fragmen andesit matriks tuff-lapili dengan resistensi tinggi--sedang. Pola pengaliran yang berkembang ialah subdendritik, bentuk lembah "V" dengan dinding lembah yang curam serta proses erosi berjalan vertikal. Proses terbentuknya lereng bergelombang kuat yaitu proses denudasi (eksogen) dimana intensitas erosi dan pelapukan tinggi sehingga menyebabkan terkikisnya batuan penyusunnya.

3. Satuan Bentuk Lahan Dataran Bergelombang Kuat (D3)

Satuan bentuk lahan daratan bergelombang kuat menempati  $\pm 15\%$  dari luas daerah penelitian. Tingkat ketereng agak landai--landai (5% 10%) dengan resistensi rendah. Tersusun atas material berbutir halus hingga material lepas. Litologi yang ditemukan ialah batugamping, endapan hasil pelapukan dari batugamping serta endapan koluvial. Beberapa



persawahan yang ditemukan tersusun atas material lepas dengan fragmen batugamping. Terbentuknya dataran bergelombang kuat dipengaruhi oleh proses eksogen berupa pelapukan dan erosi yang berlangsung pada daerah tersebut.

4. Satuan Bentuk Lahan Tubuh Sungai (F1)

Satuan tubuh sungai mencakup ±2% dari luas daerah penelitian. Tubuh sungai memiliki keterenggan datar--sangat landai (0% 5%). Tersusun atas litologi berupa material lepas yang terbawa oleh arus air. Proses--proses berkaitan dengan hasil kerja tenaga eksogen berupa pelapukan yang dikontrol oleh air dan erosi yang berjalan secara horizontal.

5. Satuan Bentuk Lahan Dataran Aluvial (F2)

Satuan bentuk lahan dataran aluvial mencakup ±5% dari luas daerah penelitian. Satuan ini memiliki tingkat keterenggan datar (0% 2%) dengan morfologi dataran. Tersusun atas material lepas hasil pelapukan dari breksi, lapili, batugamping, batupasir serta endapan sungai. Morfodinamis pada satuan dataran aluvial ialah proses pelapukan, erosi, dan sedimentasi.

6. Satuan Bentuk Lahan Perbukitan Karst (K1)

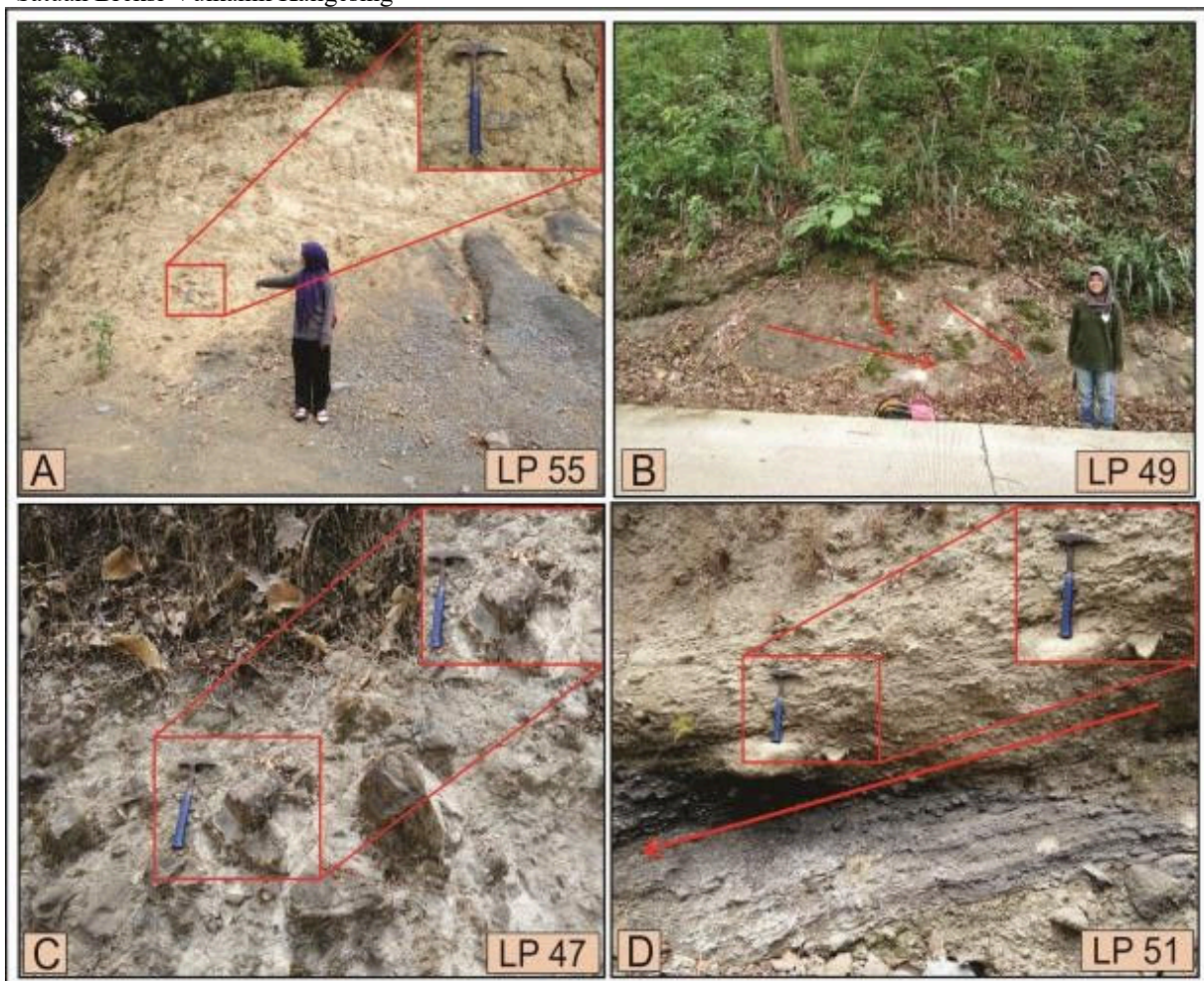
Satuan perbukitan karst mencakup ±38% dari luas daerah penelitian. Tingkat keterenggan agak curam—curam (20% 50%). Di beberapa lokasi pengamatan, ditemukan banyak gua-gua yang didalamnya terdapat stalaktit dan stalagmit. Pada satuan ini, didominasi oleh Formasi Sentolo dengan litologi batugamping klastik dan terumbu ditemukan setempat, dengan resistensi batuan sedang. Pola pengaliran yang berkembang ialah dendritik dengan bentuk lembah “U-V”, dinding lembah agak curam--landai. Struktur geologi ditemukan dengan melihat kelurusan lembah dan bukit, perbedaan kelurusan menginterpretasikan adanya indikasi sesar dan kekar. Morfodinamis yang berlangsung ialah proses pelarutan, pelapukan dan erosi.

7. Satuan Bentuk Lahan Waduk (A1)

Satuan waduk menempati ±5% dari luas daerah penelitian. Waduk ini termasuk dalam satuan bentuk lahan dengan bentuk asal antropogenik dimana terbentuknya waduk ini bukan secara alamiah namun buatan manusia. Di sekitarnya, terdapat litologi berupa breksi vulkanik dan lava andesit dengan resistensi yang tinggi.

**Stratigrafi**

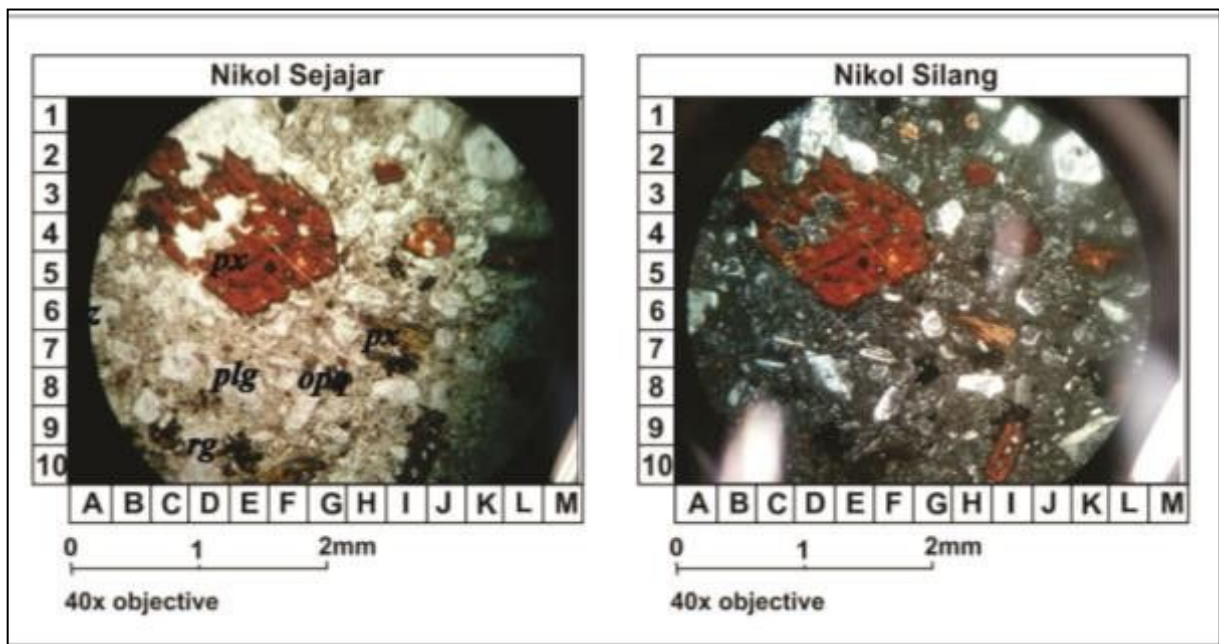
1. Satuan Breksi-Vulkanik Kaligesing



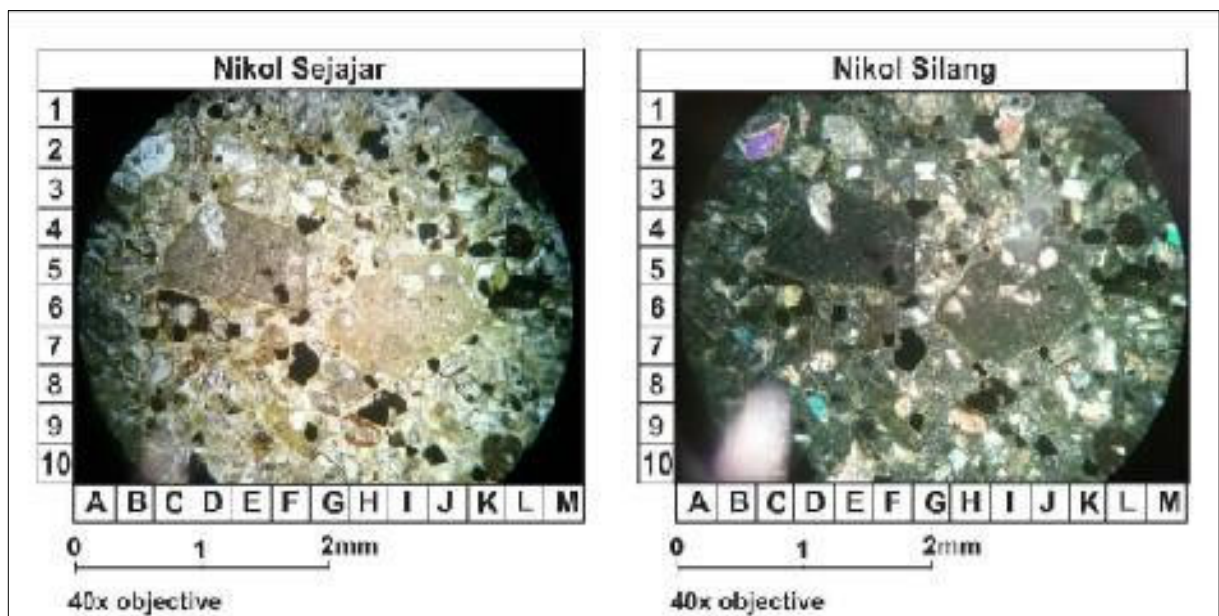
**Gambar 3.** (A) Kenampakan breksi polimik dengan matriks lapilli pada lokasi pengamatan 55; (B) Kenampakan penjajaran mineral breksi dengan arah tenggara pada lokasi pengamatan 49; (C) Kenampakan breksi monomik dengan fragmen andesit dan matriks tuff-lapili pada lokasi pengamatan 47; (D) Kenampakan variasi ukuran fragmen breksi yang menunjukkan arah aliran/perlapisan ke arah tenggara pada lokasi pengamatan 51.

Penamaan satuan breksi-vulkanik Kaligesing didasarkan pada penamaan litostratigrafi tidak resmi dengan melihat kenampakan batuan di lapangan meliputi ciri fisik litologi, dominasi litologi dan variasi litologi. Satuan breksi-vulkanik Kaligesing ini tersusun atas dominan breksi. Secara spesifik, satuan breksi-vulkanik tersusun atas litologi breksi dengan fragmen batuan beku, matriks berupa lapilli, tuff, batupasir, litologi lain yang ditemukan ialah lapilli, tuff, batupasir, dan lava andesit. Di beberapa lokasi pengamatan, breksi menunjukkan penjajaran fragmen yang diindikasikan sebagai perlapisan batuan. Berdasarkan ciri-ciri fisik litologi didapatkan bahwa satuan ini memiliki karakteristik yang sama dengan Formasi Kaligesing (Pringgoprawiro dan Riyanto, 1987), sehingga satuan ini dinamakan satuan breksi-vulkanik Kaligesing.

- Breksi-vulkanik, warna segar abu-abu, warna lapuk coklat, berukuran butir pasir--bongkah (0.5– 8 cm), menyudut, terpilah buruk, kemas terbuka, didukung oleh butiran, komposisi batuan terdiri atas fragmen andesit, litik, matriks: lapilli, tuff, pasir berukuran pasir halus--pasir sedang, struktur masif.
- Batulapili, warna abu-abu, ukuran butir (0,02--0.5 cm), terpilah sedang, kemas tertutup, fragmen: kuarsa, biotit, amphibol, litik, matriks: material berukuran pasir, semen: silika, struktur masif
- Andesit, warna lapuk abu-abu kecoklatan; derajat kristalin hipokristalin; derajat granularitas afanitik-fanirik sedang (0,2 cm); bentuk kristal sub-hedral; relasi inequigranular porfiritik; dengan komposisi mineral plagioklas, piroksen, kuarsa, hornblende, biotit, struktur massif.



Gambar 4. Sayatan Tipis Andesit pada Lokasi Pengamatan 47



Gambar 5. Sayatan Tipis Matriks Pasir pada Lokasi Pengamatan 65



Berdasarkan analisis petrografi pada LP 47 yang merupakan fragmen pada breksi didapatkan nama batuan berupa andesit (Williams, 1954). LP 65 yang merupakan matriks pasir didapatkan nama batuan *feldspatic greywacke* (Pettijohn, 1975). Hubungan stratigrafi antara satuan breksi-vulkanik Kaligesing dengan satuan batugamping klastik Sentolo ialah tidak selaras dengan ketidakselarasan *angular unconformity* dan *disconformity*. Fenomena *angular unconformity* dibuktikan pada penampang geologi dimana kontak antar kedua satuan membentuk suatu sudut. Selain itu, ditemukannya konglomerat pada batas bawah satuan batugamping-klastik Sentolo di *measuring section* lintasan Kali Girinyono yang diartikan sebagai bidang ketidakselarasan akibat erosional.

Pada satuan breksi--vulkanik Kaligesing penentuan umur mengacu pada peneliti terdahulu yaitu Pringgoprawiro dan Riyanto (1987) dan Soeria-atmadja (1994). Pringgoprawiro dan Riyanto (1987) berdasarkan fosil assemblage menyatakan bahwa Formasi Kaligesing dan Formasi Dukuh berumur Oligosen akhir--Miosen awal (N1-N6) sedangkan Soeria-atmadja (1994) berdasarkan analisis penarikan umur absolut menggunakan radioaktif K-Ar menghasilkan umur absolut K-Ar 29,6 juta tahun—25,4 juta tahun yang lalu atau sama dengan Oligosen Akhir--Miosen Awal (N2--N5).

## 2. Satuan Batugamping-Klastik Sentolo

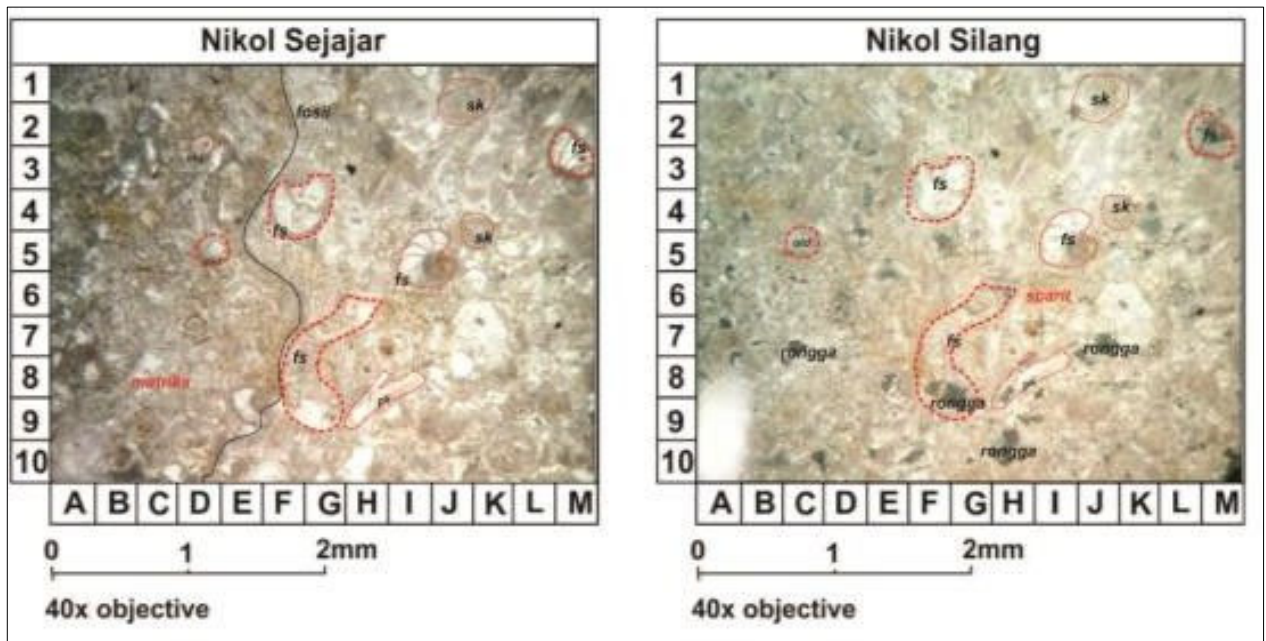
Satuan ini tersusun atas dominan batugamping klastik berukuran butir arenit–lutit kaya akan fosil foraminifera, memiliki struktur perlapisan dengan sudut kemiringan berkisar 3°--20° dan arah kemiringan relatif ke tenggara daerah penelitian. Batugamping non-klastik atau batugamping terumbu ditemukan setempat pada ketinggian tertentu di daerah penelitian. Kontak antara batugamping klastik dan batugamping non-klastik menunjukkan keselarasan perlapisan dengan kedudukan N 10° E/5° dan arah kemiringan relatif timur--tenggara. Pada lintasan *measuring section*, satuan ini tersusun atas kalkarenit, kalsilitut, dan sisipan urat kalsit yang memanjang. Kalkarenit, warna abu-abu, berukuran butir arenit, membundar, terpilah baik, didukung oleh butiran, kemas tertutup, komposisi terdiri atas alochem: skeletal, fosil foraminifera, interklas, mikrit: monomineralik kalsit, sparit: karbonat, struktur perlapisan.



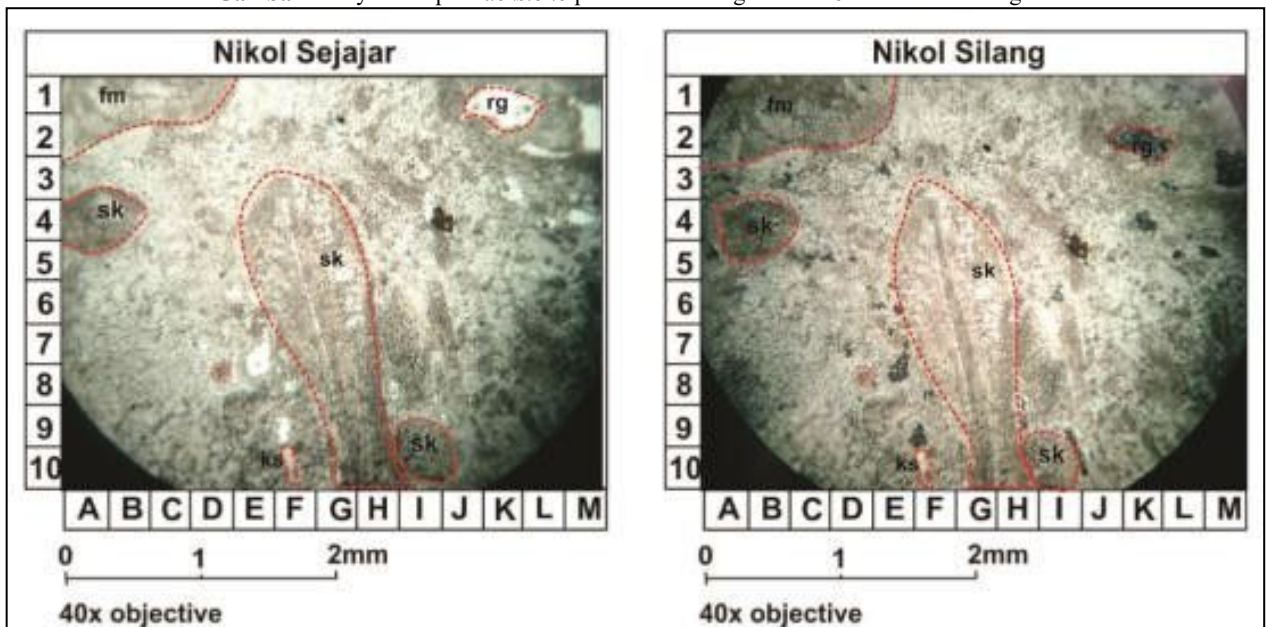
**Gambar 6.** (A) Kenampakan perlapisan kalkarenit kaya foraminifera kecil pada lokasi pengamatan 16, (B) Kenampakan perlapisan kalsirudit pada lokasi pengamatan 105, (C) Kenampakan batugamping terumbu pada ketinggian 100 m tersusun atas foraminifera, moluska, dan lainlain. (D) Kenampakan kontak batugamping klastik dan batugamping nonklastik yang menunjukkan keselarasan.

Berdasarkan analisis petrografi, pada lokasi pengamatan 16 daerah Karang Sari yang merupakan batugamping klastik didapatkan nama berupa *packstone* menurut Dunham (1962) yang disempurnakan oleh Embry & Klovan (1971).

Batugamping pada daerah Sendangsari menunjukkan warna abu-abu, tekstur klastik meliputi ukuran butir 0,1—3 mm, pemilahan buruk, *grain supported*. Komposisi mineral terusun atas alochem skeletal grain, kalsit, fosil foraminifera, Ooids, mikrit monomineralik kalsit, sparit karbonat. rongga menyebar dalam sayatan. Berdasarkan deksripsi petrografis, nama batuan ialah *packstone* (Embry dan Klovan, 1971).



Gambar 7. Sayatan Tipis *Packstone* pada Lokasi Pengamatan 16 di Daerah Karangsari



Gambar 8. Sayatan Tipis *Packstone* pada Lokasi Pengamatan 105 di Daerah Sendangsari

Berdasarkan analisis paleontologi, ditemukan fosil indeks yang terdiri atas *Globigerina praebulloides*, *Gobigerinoides immaturus*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoides subquadratus*, dan *Globorotalia siakensis*. Hasil analisis menunjukkan satuan batugamping-klastik Sentolo memiliki umur Miosen tengah--Miosen akhir (N14-N16). Berdasarkan analisis foraminifera bentonik, ditemukan berupa *Planulina wuellerstorfi*, *Dentalina subsoluta*, *Planulina ariminensis*, *Cassidulina subglobosa*, *Vulvulina pennatula*, *Bolivina semicustata*, *Eponides umbonatus* serta ditemukannya terumbu (*reef*) maka satuan batugamping-klastik Sentolo terendapkan pada laut dangkal.

Hubungan stratigrafi satuan batugamping klastik Sentolo dengan satuan endapan aluvial ialah tidak selaras. Suatu bukti ketidakselarasan ialah ditemukan fragmen batuan yang lebih tua seperti batugamping dan breksi pada endapan aluvial artinya telah terjadi proses erosi dan pelapukan serta transportasi hingga bercampur dengan endapan aluvial. Pengendapan aluvial memiliki waktu yang berbeda dengan pengendapan satuan yang lebih tua. Dari perbedaan waktu pengendapan



tersebut, maka hubungan antara satuan batugamping-klastik Sentolo dengan satuan endapan aluvial yakni ketidakselarasan.

### 3. Satuan Endapan Aluvial

Satuan endapan aluvial tersusun atas material hasil rombakan batuan yang tak terkonsolidasi dan berukuran butir kerikil—lempung. Material ini juga merupakan hasil dari erosi serta pelapukan batuan asal yang lebih tua seperti batugamping, breksi, lapilli, dan batupasir. Hubungan Stratigrafi satuan ini terhadap satuan yang lebih tua yaitu satuan batugamping klastik Sentolo yaitu ketidakselarasan. Fase terakhir pengendapan batugamping Formasi Sentolo di daerah penelitian tidak diketahui, karena tertutup aluvium.



Gambar 9. Material Penyusun Endapan Aluvial

### Struktur Geologi

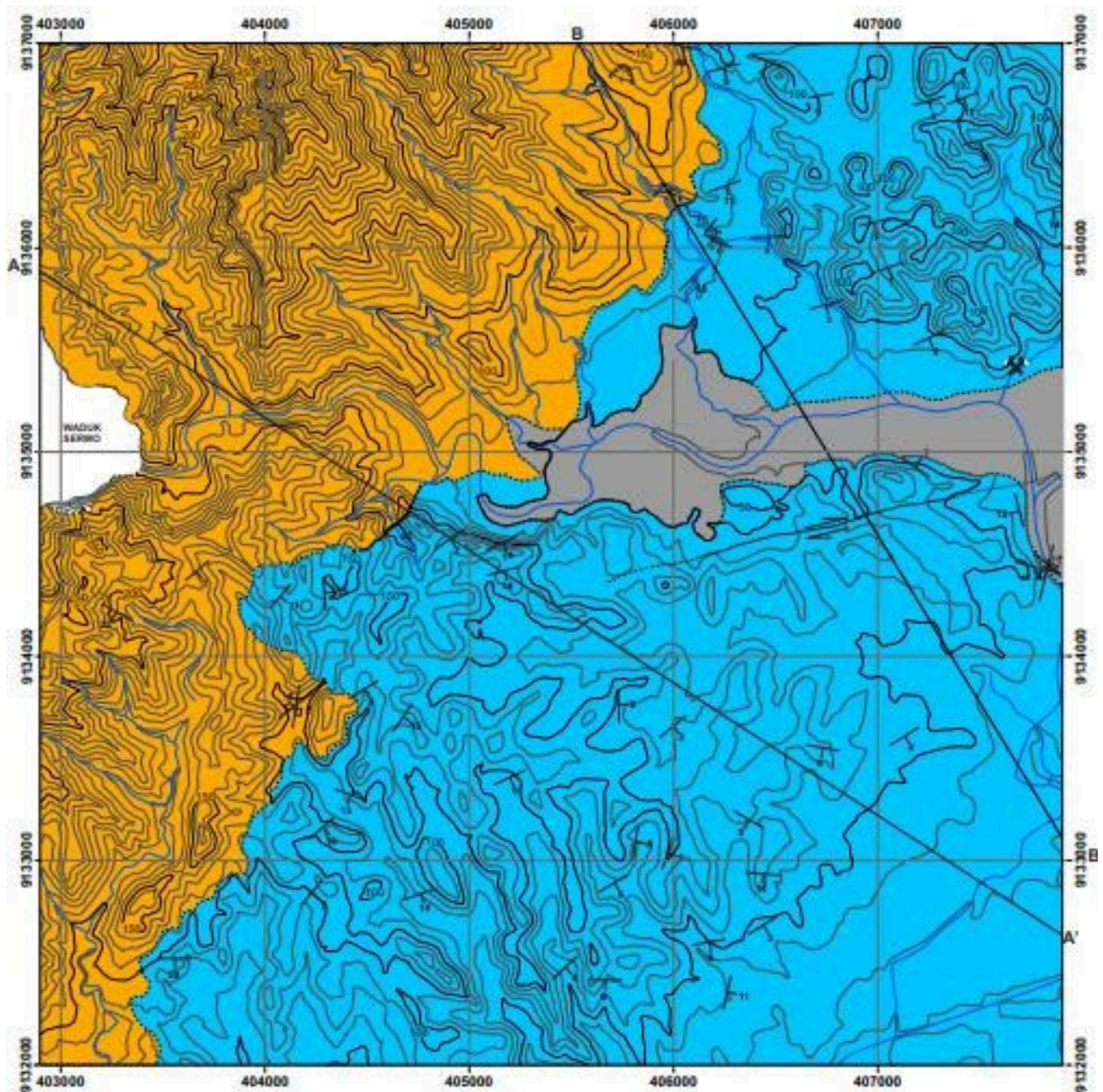
Struktur geologi yang dijumpai pada daerah penelitian berupa kekar dan sesar. Berdasarkan analisis struktur geologi didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Kekar berpasangan (*shear joint*) Shear joint pada lokasi pengamatan 22 ditemukan pada litologi berupa batugamping. Pada lokasi pengamatan, diambil 10 pasang data kekar, untuk mendapatkan arah umum dari *shear joint* tersebut. Hasil analisis struktur kekar didapatkan arah baratdaya--timur laut dengan tegasan  $N256^{\circ}E/80^{\circ}$  dan tenggara--baratlaut  $N166^{\circ}E/85^{\circ}$ .
2. Sesar pada lokasi pengamatan 24 ditemukan indikasi sesar berupa *shear fracture*, *gash fracture* dan bidang sesar. Sesar ini memiliki arah kelurusan relatif barat-timur. Berdasarkan hasil analisis stereografis didapatkan nama sesar *normal right slip fault* (Rickard, 1972).

### ANALISIS PALEOBATIMETRI FORMASI SENTOLO

Dalam menentukan paleobatimetri, data primer yang digunakan ialah data hasil measuring section di lintasan Kali Girinyono. Data primer yang didapatkan berupa data litologi, data singkapan, data pengukuran kedudukan, dan *sampling* batuan. *Sampling* batuan dilakukan dengan mempertimbangkan litofasies serta urutan batuan. Sampel batuan ini digunakan untuk analisis paleobatimetri. Sebelum dilakukan analisis, sampel dipreparasi terlebih dahulu. Sampel batuan terdiri atas SN-01, SN-02, SN-03, SN-04, SN-05, dan SN-06 yang memiliki berat kurang lebih 1 gram. Analisis paleobatimetri terbagi atas 2 yaitu, analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik kecil dengan 4 referensi dan analisis kuantitatif menggunakan rasio P/B.





Gambar 10. Peta Geologi Daerah Penelitian

## METODE ANALISIS PALEOBATIMETRI

### 1. Analisis Kualitatif: Spesies Foraminifera Bentonik

Analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik kecil dilakukan dengan mengacu pada empat peneliti yaitu Phleger (1951), Barker (1960), Tipsword (1966), dan van Marle (1988) sehingga didapatkan suatu kisaran lingkungan kedalaman. Hasil analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik kecil dengan 4 (empat) referensi menunjukkan paleobatimetri sebagai berikut:

- a. Paleobatimetri menurut Phleger (1951) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Planulina wuellerstorfi* (520--3.100 meter), *Planulina ariminensis* (63--520 meter), *Cassidulina subglobosa* (90--510 meter) pada sampel SN-01, *Eponides umbonatus* (90--3.100 meter), *Planulina wuellerstorfi* (520--3.100 meter) pada sampel SN-02, *Planulina wuellerstorfi* (520--3.100 meter) pada sampel SN-03, *Planulina wuellerstorfi* (520--3.100 meter) pada sampel SN-04, *Bolivina subspinescens* (30--2.000 meter), *Planulina wuellerstorfi* (520--3.100 meter), *Cassidulina subglobosa* (90--510 meter) pada sampel SN-06.
- b. Paleobatimetri menurut Barker (1960) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Vulvulina pennatula* (713 meter), *Amphistegina gibosa* (796 meter), *Planulina wuellerstorfi* (503 meter), *Dentalina subsoluta* (713 meter), *Planulina ariminensis* (640 meter), *Cassidulina subglobosa* (631,35 meter) pada sampel SN-01, *Planulina wuellerstorfi* (503 meter), *Amphicoryna intercollutaris* (796 meter), *Dentalina subsoluta* (713 meter), *Nodorotalia pentagonica* (219 meter), *Cibicides subhaidingeri* (283 meter), *Cibicides pseudougerianus* (1.577



meter), *Bolivinita quadrilatura* (750 meter), *Astacolus crepidulii* (823 meter), *Bolivina semicustata* (283 meter), *Dolina melo* (183 meter), *Cribrogoesella robusta* (713 meter) pada sampel SN-02, *Vulvulina pennatula* (713 meter), *Planulina wuellerstorfi* (503 meter), *Gyroidina neosoldanii* (2.653 meter), *Dentalina subsoluta* (713 meter), *Fissurina semimarginata* (274,5 meter), *Globobulimina pasifica* (823,5 meter), *Pleurostomella* sp (236 meter), *Amphistegina gibosa* (796 meter) pada sampel SN-03, *Planulina wuellerstorfi* (503 meter) pada sampel SN-04, *Bolivina quadrilateral* (750,3 meter) pada sampel SN-05, *Planulina wuellerstorfi* (503 meter), *Fronicularia bradii* (1.061,4 meter), *Bolivina subspinescens* (334,89 meter), *Nodosaria albatrosi* (823,5 meter), *Globobulimina pasifica* (823,5 meter), *Rectoglandulina torrida* (713 meter), *Planobulinella larvata* (32,94 meter), *Planobulinella* sp. (32,94 meter), *Amphistegina gibosa* (796 meter), *Cassidulina subglobosa* (631,35 meter), *Astrononion fififense* (494,1 meter), *Fissurina bradii* (91,5--274,5 meter), *Ceratobulimina pasifica* (1.061,4 meter), *Bulimina costata* (631,35 meter) pada sampel SN- 06.

- c. Paleobatimetri menurut Tipsword (1966) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Cassidulina subglobosa* (20–100 meter) pada sampel SN-01, *Bulimina pupoides* (20–100 meter), *Eponides umbonatus* (100–200 meter), *Cibicides pseudougerianus* (500–2.000 meter) pada sampel SN-02, *Cassidulina subglobosa* (20–100 meter) pada sampel SN-06.
- d. Paleobatimetri menurut Van Marle (1988) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Vulvulina pennatula* (400–1.400 meter), *Planulina wuellerstorfi* (1.400–2.120 meter), *Rectobolivina dimorpha* (400–1.400 meter) pada sampel SN-01, *Planulina wuellerstorfi* (1.400–2.120 meter) pada sampel SN-02, *Vulvulina pennatula* (400–1.400 meter), *Planulina wuellerstorfi* (1.400–2.120 meter), *Gyroidina neosoldanii* (200–2.120 meter) pada sampel SN-03, *Planulina wuellerstorfi* (1.400–2.120 meter) pada sampel SN-04, *Planulina wuellerstorfi* (1.400–2.120 meter), *Ceratobulimina pasifica* (1.400–2.120 meter) pada sampel SN-06.

Berdasarkan analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik enam sampel, hasil paleobatimetri enam sampel menunjukkan zona neritik tengah--abisal (20 meter--3.100 meter).

## 2. Analisis kuantitatif: Rasio P/B

Analisis kuantitatif menggunakan rasio planktonik dan bentonik memerlukan jumlah individu foraminifera tanpa mengetahui jenis spesies foraminifera. Oleh karena itu, jumlah individu foraminifera berperan penting dalam menentukan lingkungan kedalaman. Berdasarkan perhitungan rasio P/B, keenam sampel memiliki rasio lebih dari 90% yang menandakan bahwa paleobatimetri menunjukkan zona batial bawah.

## PALEOBATIMETRI FORMASI SENTOLO

Penentuan paleobatimetri formasi Sentolo didapatkan dari hasil pendekatan dengan beberapa metode di antaranya:

1. Berdasarkan fosil foraminifera bentonik yang telah diidentifikasi dan dideterminasi, paleobatimetri menunjukkan kedalaman zona neritik tengah--abisal.
2. Berdasarkan rasio P/B atau jumlah fosil foraminifera planktonik dan bentonik, paleobatimetri menunjukkan kedalaman zona batial bawah.
3. Berdasarkan karakteristik fisik cangkang fosil foraminifera, maka dapat diketahui bahwa dinding cangkang fosil foraminifera berkomposisi hyalin (gampingan). Sifat gampingan pada cangkang foraminifera mencerminkan bahwa fosil tersebut terendapkan pada lingkungan laut dangkal atau zona neritik.
4. Berdasarkan litologi formasi Sentolo ditemukan batugamping terumbu (*reef*) yang terbentuk pada lingkungan laut dangkal atau zona neritik.

Berdasarkan penelitian ini, hasil yang didapatkan dari analisis paleobatimetri menunjukkan bahwa satuan batugamping--klastik Sentolo pada lintasan MS di Kali Girinyono mengalami perubahan lingkungan kedalaman yang dibuktikan dengan keberadaan foraminifera bentonik pada batuan serta jumlah yang berbeda. Perubahan lingkungan kedalaman dan rasio P/B ditunjukkan oleh suatu grafik. Berdasarkan grafik lingkungan kedalaman dan rasio P/B, dapat diketahui bahwa terjadi proses transgresi maksimum pada sampel SN-03 dan regresi maksimum pada sampel SN-05. Perubahan paleobatimetri tersebut dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Fase Transgresi Pertama

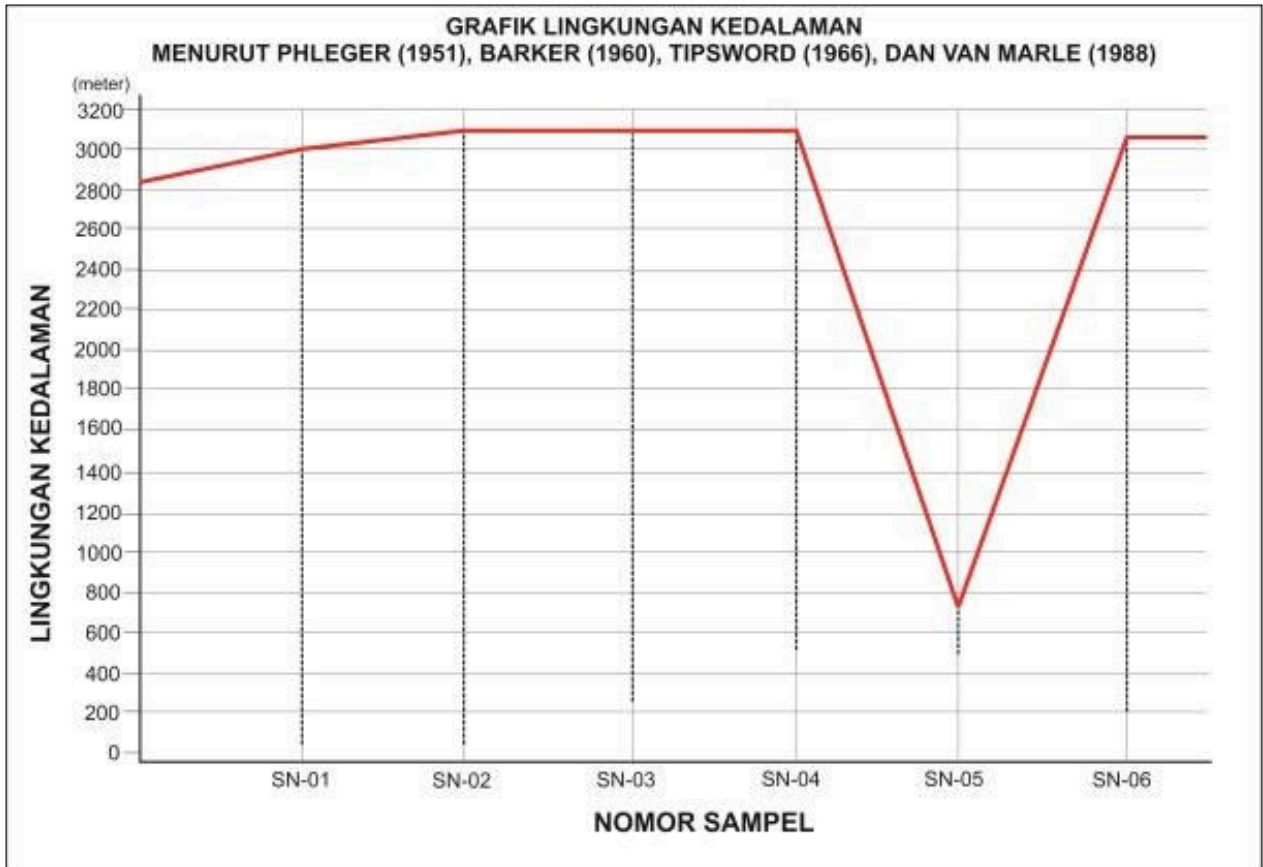
Pada awal pengendapan Kala Miosen Tengah, terjadi fase transgresi pada sampel SN-06 dengan kedalaman 1.400 meter yang dicirikan dengan hadirnya fosil penciri *Bolivina subspinescens*, *Planulina wuellerstorfi*, dan *Cassidulina subglobosa* serta rasio P/B 97.25%.

### 2. Fase Regresi Pertama (Maksimum)

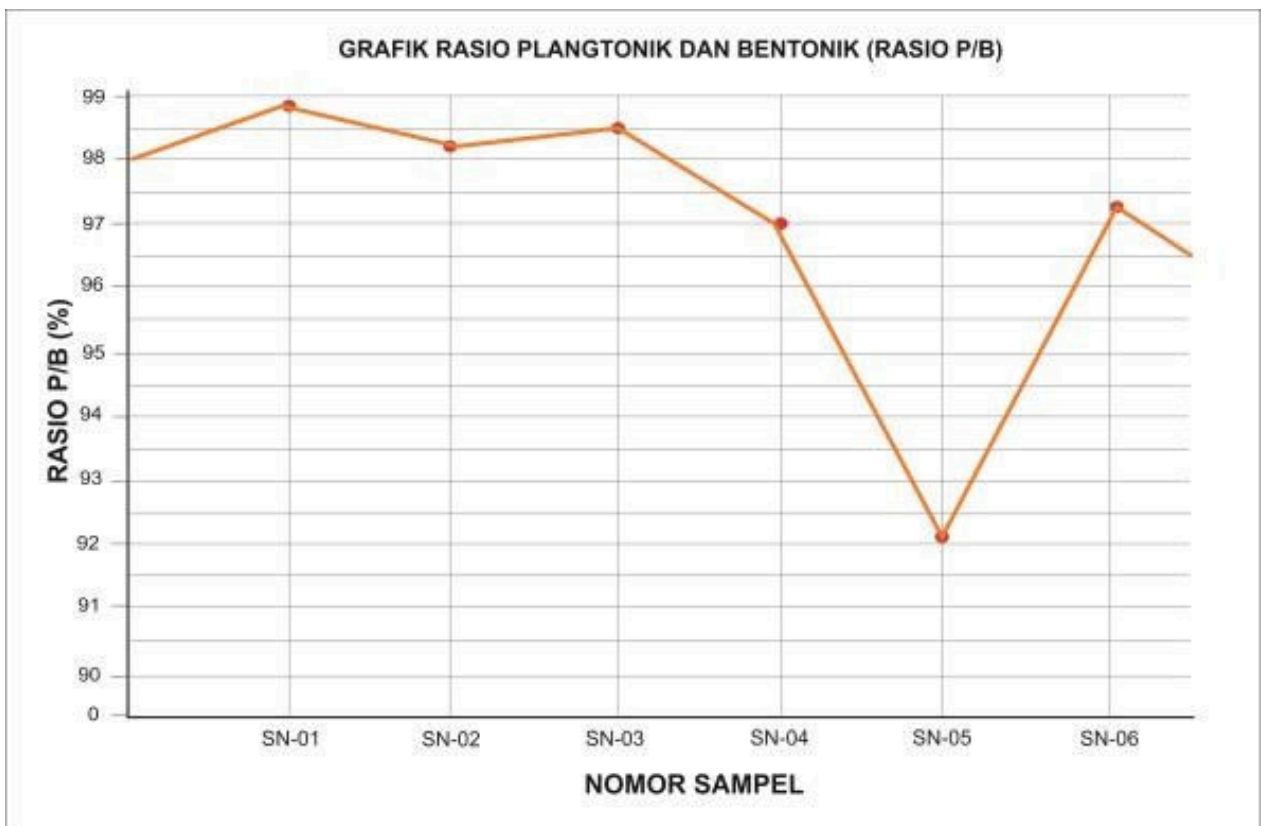
Selanjutnya, pada sampel SN-05 mengalami fase regresi maksimum yang diinterpretasikan berakhirnya fase vulkanisme. Hasil analisis sampel SN-05 dengan kedalaman 500 meter--750 meter yang dicirikan dengan hadirnya fosil *Bolivina quadrilateral* serta rasio P/B 92.31%. Jumlah individu fosil foraminifera pada sampel SN-05 mengalami penurunan. Sampel SN-05 terendapkan pada Oligosen akhir sama seperti umur pada satuan breksi--vulkanik Kaligesing.

### 3. Fase Transgresi Kedua (Maksimum)

Selanjutnya, kala Miosen tengah--Miosen akhir kembali terjadi fase transgresi pada sampel SN-03 hingga mencapai kedalaman 2.653 meter yang dicirikan oleh kehadiran fosil penciri *Gyroidina neosoldanii*, *Planulina wuellerstorfi*, dan *Dentalina subsoluta* dengan rasio P/B 98.56%.



Gambar 11. Grafik Lingkungan Kedalaman



Gambar 12. Grafik Rasio P/B



## Potensi Geologi

Pada daerah telitian di temukan 2 jenis potensi geologi, yakni potensi positif dan potensi negatif. Potensi positif berupa bahan galian industri (tambang batugamping) dan geowisata. Sedangkan potensi negatif berupa gerakan tanah.

## KESIMPULAN

Dari data hasil pemetaan geologi dan hasil analisis laboratorium didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Geomorfologi daerah penelitian memiliki bentuk asal denudasional, karst, fluvial, dan antropogenik serta terdiri dari 7 satuan bentuk lahan berdasarkan aspek-aspek geomorfologi, antara lain perbukitan bergelombang kuat (D1), lereng bergelombang kuat (D2), dataran bergelombang kuat (D3), perbukitan karst (K1), sungai (F1), dataran aluvial (F2), dan waduk (A1).
2. Pola pengaliran daerah penelitian dibagi menjadi 2 yaitu dendritik (DR), dan sub-dendritik (SDR).
3. Stratigrafi daerah penelitian terbagi atas 3 (tiga) satuan batuan dari tua ke muda yaitu, satuan breksi-vulkanik Kaligesing, satuan batugamping- klastik Sentolo, dan satuan endapan aluvial. Satuan breksi-vulkanik Kaligesing berumur Oligosen Akhir--Miosen Awal. Satuan batugamping-klastik Sentolo didapatkan pada umur Miosen Tengah--Miosen Akhir (N14--N16) secara tidak selaras di atas satuan breksi-vulkanik Kaligesing. Pada kala Holosen didapatkan secara tidak selaras satuan Endapan Aluvial.
4. Struktur geologi di daerah Karang Sari dan sekitarnya yaitu sesar normal *right slip fault* yang menunjukkan arah umum barat--timur dan kekar berpasangan (*shear joint*) didapatkan arah baratdaya--timurlaut dengan tegasan N256°E/80° dan tenggara--baratlaut N166°E/85°.
5. Penentuan paleobatimetri menggunakan analisis kuantitatif menggunakan rasio P/B menunjukkan hasil bahwa 6 sampel memiliki nilai > 90% yang berarti paleobatimetri pada zona batial bawah.
6. Hasil analisis kualitatif menggunakan spesies foraminifera bentonik kecil dengan 4 (empat) referensi menunjukkan paleobatimetri sebagai berikut :
  - a. Paleobatimetri menurut Phleger (1951) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Planulina wuellerstorfi* (520--3.100 meter), *Planulina ariminensis* (63--520 meter), *Cassidulina subglobosa* (90--510 meter), *Eponides umbonatus* (90--3.100 meter), *Bolivina subspinescens* (30--2.000 meter) menunjukkan zona kedalaman neritik tengah--abisal (30 meter--3.100 meter).
  - b. Paleobatimetri menurut Barker (1960) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Vulvulina pennatula* (713 meter), *Planulina ariminensis* (640 meter), *Cassidulina subglobosa* (631,35 meter), *Amphicoryna intercollutaria* (796 meter), *Nodorotalia pentagonica* (219 meter), *Cibicides subhaidingeri* (283 meter), *Cibicides pseudougerianus* (1.577 meter), *Bolivinita quadrilatura* (750 meter), *Astacolus crepidului* (823 meter), *Bolivina semicustata* (283 meter), *Dolina melo* (183 meter), *Cribrogoesella robusta* (713 meter), *Gyroidina neosoldanii* (2.653 meter), *Fissurina semimarginata* (274,5 meter), *Globobulimina pasifica* (823,5 meter), *Pleurostomella* sp (236 meter), *Fronidularia bradii* (1.061,4 meter), *Bolivina subspinescens* (334,89 meter), *Nodosaria albatrosi* (823,5 meter), *Rectoglandulina torrida* (713 meter), *Planobulimina larvata* (32,94 meter), *Planobulimina* sp. (32,94 meter), *Astrononion fififense* (494,1 meter), *Fissurina bradii* (91,5--274,5 meter), *Ceratobulimina pacifica* (1,061,4 meter), *Bulimina costata* (631,35 meter) menunjukkan zona kedalaman neritik tengah--batial (91,5 meter--1.061,4 meter).
  - c. Paleobatimetri menurut Tipson (1966) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Cassidulina subglobosa* (20--100 meter), *Bulimina pupoides* (20--100 meter), *Eponides umbonatus* (100--200 meter), *Cibicides pseudougerianus* (500--2.000 meter) menunjukkan zona kedalaman neritik tengah--batial bawah (20 meter--2.000 meter).
  - d. Paleobatimetri menurut van Marle (1988) yaitu dengan adanya kandungan fosil foraminifera bentonik kecil seperti *Vulvulina pennatula* (400--1.400 meter), *Planulina wuellerstorfi* (1.400--2.120 meter), *Rectobulimina dimorpha* (400--1.400 meter), *Gyroidina neosoldanii* (200--2.120 meter), *Ceratobulimina pasifica* (1.400--2.120 meter) menunjukkan zona kedalaman neritik luar--abisal (200 meter--2.120 meter).
7. Terdapat 3 kali perubahan lingkungan kedalaman, dimulai dari fase transgresi pada sampel SN-06, lalu mengalami regresi maksimum pada sampel SN-05, kemudian terjadi transgresi maksimum pada sampel SN-03.
8. Berdasarkan karakteristik fisik cangkang fosil foraminifera, maka dapat diketahui bahwa dinding cangkang fosil foraminifera berkomposisi hyalin (gampingan). Sifat gampingan pada cangkang foraminifera mencerminkan bahwa fosil tersebut terendapkan pada lingkungan laut dangkal atau zona neritik.
9. Formasi Sentolo yang terdapat pada daerah penelitian ditemukan batugamping terumbu (*reef*) yang terbentuk pada lingkungan laut dangkal atau zona neritik.
10. Dari beberapa pendekatan, dilihat dari komposisi dinding cangkang fosil yang bersifat hyalin (gampingan), ditemukannya terumbu, identifikasi fosil foraminifera bentonik, dan jumlah fosil foraminifera (rasio P/B) maka dapat disimpulkan bahwa paleobatimetri formasi Sentolo menunjukkan lingkungan laut dangkal.
11. Potensi geologi pada daerah telitian dibagi menjadi dua yaitu potensi positif dan potensi negatif. Potensi positif pada daerah telitian yaitu potensi geowisata dan bahan galian tambang batugamping, sedangkan potensi negatif yaitu gerakan tanah pada daerah penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Barker, R. W., 1960, *Taxonomic Notes*, Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Oklahoma, United States of America
- Blow, W. H., 1969, *The Cenozoic Foraminifera, v. I & II*, E. J. Brill, Leiden.
- Dunham, R. J., 1962, *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture dalam: Classification of Carbonate Rocks (ed. W.E. Ham)*, Memorial American Association Petroleum Geologists. Tulsa, USA.
- Kadar, D., 1975, Planktonic Foraminifera from The Lower Part of The Sentolo Formation, Central Java, Indonesia, *Journal of Foraminiferal Research* V.5, no. 1, p. 1-20, pls. 1-8, January 1975.
- Maryanto, S., 2015, Perkembangan Sedimentologi Batugamping Berdasarkan Data Petrografi pada Formasi Sentolo di Sepanjang Lintasan Pengasih, Kulonprogo, *J.G.S.M Vol. 16*. hal. 129-139.
- Pambudi, dkk., 2019, Sedimentation Dynamics of the Lower Part of Sentolo Formation at Niten Stream Traverse, Girimulyo, West Progo, *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology vol.9* no. 1 ISSN: 2088-5334.
- Pandita, dkk., 2016, Kajian Biostratigrafi dan Formasi Sentolo di Daerah Guluhrejo dan Ngaran Kabupaten Bantul untuk Mengidentifikasi Keberadaan Sesar Progo, *Prosiding Seminar Nasional ke-3 Fakultas Teknik Geologi UNPAD "Peran Geologi dalam Pengembangan Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Kebencanaan"* ISSN: 2407 – 4314 Vol. 3 No. 2 Tahun 2016. Bandung
- Pettijohn, F.J., 1975, *Sedimentary Rocks, 3rd ed.*, Harper and Row Publishing Co., New York, 628h.
- Phleger, F.B., 1951, *Ecology of Foraminifera*, Northwest Gulf of Mexico, The Geological Society of America, memorial 46.
- Pringgoprawiro, H. & Riyanto B., 1987, Formasi Andesit Tua: Suatu Revisi, *Prosiding, PIT IAGI XVI*. Bandung.
- Pringgoprawiro, H. dan Kapid, R., 2000, *Foraminifera: Pengenalan Mikrofosil dan Aplikasi Biostratigrafi*, Jurusan Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Rahardjo, W., Rumidi, S., & Rosidi, H.M.D., 1977, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Skala 1:100.000*, Geological Survey of Indonesia. 1-15.
- Soeriaatmadja, R., 1994., Tertiary Magmatic Belts in Java, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences, Vol. 9, No. 1/2*, pp. 13-27, 1994, Jurusan Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Thornburry, W. D., 1969, *Principles of Geomorphology*, New York: John Wiley
- Tipword, H.I, Setzer, F.M. Smith, Jr, F.L., 1956, *Introduction of Depositional Environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from Paleontology and Related Stratigraphy*. Houston
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia Vol. IA*, Martinus Nijhoff: Netherland.
- Van Marle. L.J., 1988, Bathymetric Distribution of Benthic Foraminifera on The Australian-Irian Jaya Continental Margin, Eastern Indonesian. *Marine Micropaleontology, 13 (1988): 97-152*, Geomarine Centre Amsterdam, Institute for Earth Sciences, Free University. Amsterdam, The Netherlands.
- Van Marle, L. J., 1989, Recent and Fossil Benthic Foraminifera and Late Cenozoic Paleobathymetry of Seram, Eastern Indonesia, *Netherlands Journal of Sea Research 24 (4): 445-457 (1989)*, Geomarine Centre Amsterdam, Institute of Earth Sciences, Free University. Amsterdam, The Netherlands
- Valchev, B. 2003. *On the Potential of Small Benthic Foraminifera as Paleoecological Indicators: Recent Advances*. 50 Years University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" v46(I), 189-194. Geology and geophysics, Sofia.
- Widagdo, dkk., 2018, Tectonostratigraphy-Volcanic of Gajah-Ijo-Menoreh Tertiary Volcanic Formations in Kulon Progo Mountain Area. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 212 012052*.
- Wilson, J.L., 1975, *Carbonate Facies in Geologic*, H. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 471 p.