

Penentuan Fasies, Umur, dan Lingkungan Pengendapan Batuan Karbonat Klastik Formasi Sentolo di Watu Lempeng, Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta

Mohammad Nadhip¹, Apriko Yudhan², Sandi Kurniawan³, Muhammad Erlandi⁴, Al Hussein Flowers Rizqi^{5*}, Audia Shafa Haliza⁶

^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi: alhussein@sttnas.ac.id.

ABSTRAK

Watu Lempeng merupakan tempat wisata yang berada di Sungai Serang yang menghubungkan Desa Banyuroto dan Desa Sendangsari. Belum ada penelitian yang mengkaji detail mengenai kondisi umur dan lingkungan pengendapan di daerah ini sehingga perlu adanya kajian geologi terutama stratigrafi. Bebatuan di lokasi ini cukup menarik karena terlihat seperti lempeng pipih yang tersusun unik di sepanjang aliran Sungai Serang. Secara administratif, daerah penelitian berada pada Daerah Banyuroto, Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo. Secara geografis, terletak berada pada 110°9'59.3"E dan 7°49'24.152"S. Daerah penelitian termasuk ke dalam fisiografi Pegunungan Kulon Progo sebelah timur, tepatnya pada Formasi Sentolo. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi umur dan lingkungan. Metode penelitian meliputi pengambilan data litologi menggunakan metode stratigrafi terukur (MS) untuk menentukan fasies. Pengambilan contoh batuan diambil secara terpilih untuk analisis petrografi dan paleontologi. Kajian mikroskopis batuan secara petrografi akan menginterpretasi fasies batuan yang digunakan sebagai acuan dalam penentuan lingkungan pengendapan. Analisis paleontologi dilakukan untuk analisis umur dan lingkungan pengendapan Berdasarkan data lapangan, lintasan sepanjang 46 meter disusun oleh satuan batugamping *Grainstone*, *Packstone* dan *Wackstone* yang menunjukkan fasies *Foreslope*. Pengendapan batuan tersebut berada pada kisaran umur N13-N14 (Miosen Tengah) dan diendapkan pada bathymetri Neritik Tengah – Neritik Luar (100 – 200 meter).

Kata kunci : Kali Serang, Watu lempeng, Sentolo, umur, lingkungan pengendapan

ABSTRACT

Watu Lempeng is a tourist spot on the Serang River, connecting Banyuroto Village and Sendangsari Village. No research has examined in detail the age conditions and depositional environment in this area, so it is necessary to study geology, especially stratigraphy. The rocks at this location are quite interesting because they look like flat plates that are uniquely arranged along the Serang River. Administratively, the research area is in the Banyuroto Region, Nanggulan District, Kulon Progo Regency. Geographically, it is located at 110°9'59.3"E and 7°49'24.152"S. The research area is included in the physiography of the Kulon Progo Mountains to the east, precisely in the Sentolo Formation. This study aims to identify age and environment. Research methods include collecting lithology data using measured stratigraphy (MS) methods to determine facies. Selected rock samples were taken for petrographic and paleontological analysis. Petrographic microscopic studies of rocks will interpret the rock facies used as a reference in determining the depositional environment. Paleontological research was carried out to analyze the age and depositional environment. Based on field data, the 46-meter long track was composed of limestone units Grainstone, Packstone and wackstone, showing Foreslope facies. The deposition of these rocks is in the age range N13-N14 (Middle Miocene) and was deposited in the Middle Neritic – Outer Neritic bathymetry (100 – 200 meters).

Keywords: Kali Serang, Watulempeng, Sentolo, age, depositional environment

PENDAHULUAN

Daerah penelitian merupakan tempat wisata yang dikenal dengan sebutan Watu Lempeng. Daerah Banyuroto dan daerah Sendangsari dihubungkan oleh Kali Serang dengan singkapan batuan penyusunnya. Watu Lempeng dalam bahasa Indonesia artinya batu yang memiliki bentuk pipih, sehingga kenampakan morfologi pada sungai ini menjadi daya tarik untuk para wisatawan maupun para ahli geologi yang diperlihatkan rekaman suatu singkapan batuan yang ideal untuk mengkaji lebih lanjut. Secara administratif, lokasi penelitian berada pada Daerah Banyuroto, Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo. Daerah

penelitian termasuk dalam fisiografi Pegunungan Kulon Progo sebelah timur yang berada di sebelah barat provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta [1].

Litostratigrafi pada daerah Pegunungan Kulon Progo dari umur tua ke muda, secara berturut – turut adalah Formasi Nanggulan, Formasi Kaligesing, Formasi Dukuh, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo, serta endapan gunung api Kuartar dan endapan aluvial [2] Daerah penelitian termasuk dalam Formasi Sentolo yang berupa batugamping berlapis berumur Miosen Tengah – Pliosen di lintasan sepanjang Kali Serang [3] dan diendapkan di lingkungan neritik sebagai hasil genanglaut pada akhir Miosen Tengah [1]. [4] berpendapat bahwa fase pengendapan Formasi Sentolo dalam keadaan susutlaut bersamaan dengan pembentukan *Graben* Yogyakarta. Formasi Sentolo yang dijumpai pada Kubah Kulonprogo termasuk formasi yang menarik untuk dikaji model fasiesnya. Hal ini disebabkan munculnya sisipan-sisipan batuan vulkanik klastik serta rentang waktu pembentukan yang panjang dari Formasi Sentolo [5]. Sebaran Formasi Sentolo sendiri cukup luas meliputi, bagian timur dari Kubah Kulonprogo menyebar ke timur sampai dataran Yogyakarta [6].

[7] menyebutkan bahwa sedimentasi karbonat pertama terjadi di bagian atas Miosen Awal dan menempati daerah tinggian seperti Kulon Progo menghasilkan Formasi Sentolo dan Formasi Jonggrangan. [8] menyebutkan bahwa terumbu di daerah Kulon Progo dibangun di atas bekas tinggian-tinggian vulkanik. [9] melakukan penelitian fosil karang dari batugamping Formasi Jonggrangan dan menyimpulkan pembentukannya pada lingkungan terumbu karang dangkal dengan struktur *reef* datar.

Kajian mengenai fasies batuan karbonat sangat bermanfaat untuk mengetahui perkembangan lingkungan pengendapan serta sejarah dari cekungan dimana batuan tersebut [10], sehingga pada Formasi Sentolo yang dijumpai pada daerah penelitian ini menarik untuk dikaji model fasiesnya. Struktur geologi daerah Banyuroto, tepatnya pada sepanjang wisata Watu Lempeng belum banyak dibahas oleh beberapa peneliti terdahulu terlebih mengenai kajian stratigrafi pada Formasi Sentolo. Pelamparan Formasi Sentolo yang luas di sisi timur Pegunungan Kulon Progo dibandingkan di sisi barat, dihasilkan dari gaya kompresi dari arah tenggara. Kemunculan Formasi Nanggulan di sisi timur pegunungan Kulon Progo dihasilkan oleh sesar naik akibat gaya kompresi ini [11]. Kontrol sesar mendatar di utara daerah penelitian berupa sesar mendatar mengkanan di utara daerah penelitian (Sungai Niten) pernah dikaji [12].

Penelitian ini bertujuan mengkaji fasies batuan karbonat di Kali Serang dengan lintasan sepanjang kurang lebih 46 meter dan struktur geologi yang berkembang. Secara regional, Formasi Sentolo 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) [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fasies, umur serta lingkungan pengendapan batuan karbonat pada Formasi Sentolo di Desa Berangkal, Banyuroto, Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan kontribusi pemahaman kepada masyarakat umum mengenai karakteristik dan proses pembentukan batuan khususnya di Kali Serang.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan meliputi beberapa tahapan. Tahapan tersebut di antaranya meliputi tahap persiapan, tahap analisis data dan tahap akhir (Gambar 1).

Tahap persiapan dan pengambilan data lapangan

Tahapan persiapan ini terdiri dari studi literatur. Tahapan ini merupakan studi pustaka untuk mencari literatur yang digunakan sebagai pendukung yang terdiri dari pengumpulan data peneliti terdahulu dan beberapa literatur tinjauan tentang stratigrafi Formasi Sentolo terutama di daerah penelitian Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pengambilan data

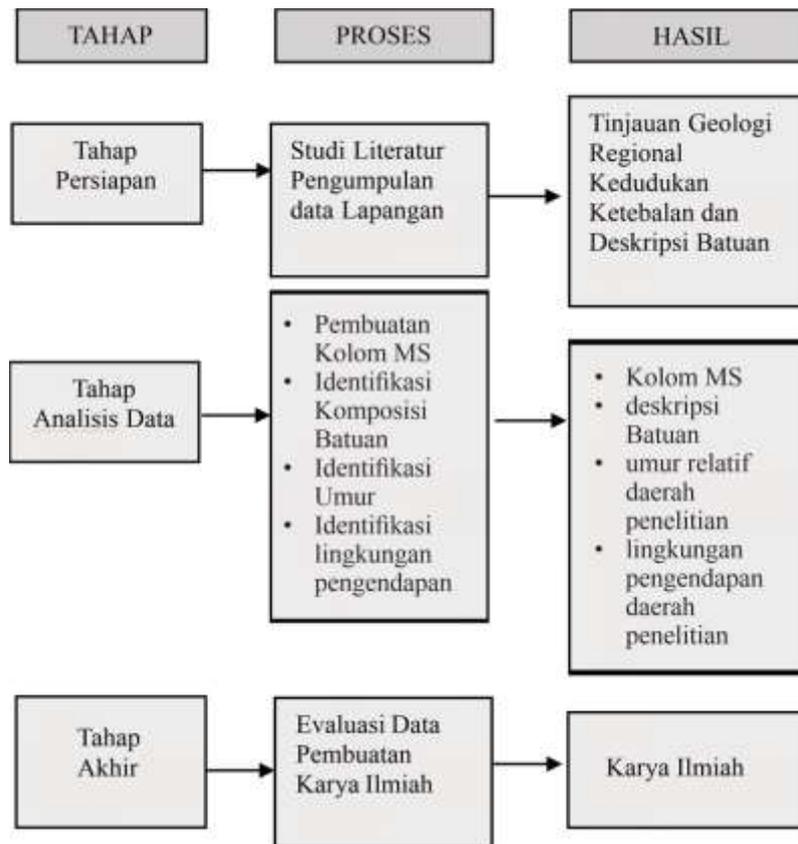
Tahap analisis data

Tahap ini dilakukan pembuatan kolom stratigrafi terukur menggunakan aplikasi *corel draw*. Dari gambaran stratigrafi ini akan terlihat urutan batuan dan dapat dijadikan acuan dalam penentuan lingkungan pengendapan. Pada tahap ini juga dilakukan dengan melakukan analisis petrografi pada sampel batuan yang telah disayat, analisis petrografi ini dilakukan untuk mendapatkan fasies dan lingkungan pengendapan batuan karbonat pada Gua Gadung. Analisis mikrofossil dilakukan pada batuan piroklastik berupa tuf pada Formasi Semilir. Penamaan fasies batuan merujuk pada nama batuan penyusun dari fasies berdasarkan klasifikasi petrografi batuan klasifikasi batuan sedimen karbonat menurut [14] dan [15]. Fasies yang didapatkan akan dibandingkan dengan model fasies karbonat [16] dan [17]. Untuk melengkapi data maka beberapa contoh batuan (5 sampel batuan) dikumpulkan untuk analisis petrografi di laboratorium.

Analisis paleontologi dilakukan pada stratigrafi terukur untuk menentukan umur relatif. Umur relatif ditentukan dengan pengamatan mikrofosil jenis plangtonik. Penentuan umur relatif menggunakan zonasi [18]. Adapun interpretasi lingkungan pengendapan ditentukan dengan determinasi mikrofosil bentonik. Dasar penentuan lingkungan pengendapan menggunakan klasifikasi [19]. Identifikasi dan determinasi nama batuan karbonat secara petrografis akan memberikan gambaran sejarah sedimentasi dan pembentukan batuan karbonat. Model pengendapan diharapkan bisa menghasilkan gambaran sistem pertumbuhan terumbu koral di daerah-daerah penelitian.

Tahap akhir

Penyusunan *draft* artikel ilmiah akan menghasilkan luaran berupa hasil data berupa data-data lapangan, umur batuan pada daerah penelitian, lingkungan pengendapan dan fasies yang terdapat pada batuan di daerah penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

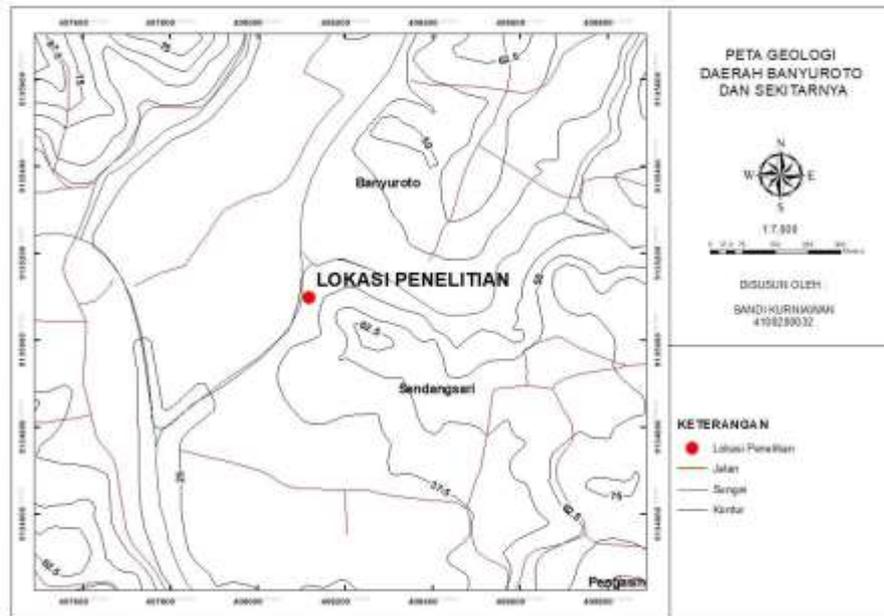
HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian dilakukan di Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, atau pada koordinat S -7.8237998 dan E 110.1667591 (Gambar 2). Untuk menuju pada daerah penelitian jarak yang ditempuh ± 27 km, menggunakan kendaraan roda dua, dan diperlukan waktu ± 60 menit dari kota Yogyakarta untuk menuju ke lokasi penelitian. Pada daerah penelitian terdapat setidaknya tiga lokasi pengamatan dari ujung utara sungai hingga ke selatan. Kemiringan lapisan menunjukkan arah kemiringan ke arah tenggara. Hal ini menandakan semakin ke selatan batuan lebih muda.

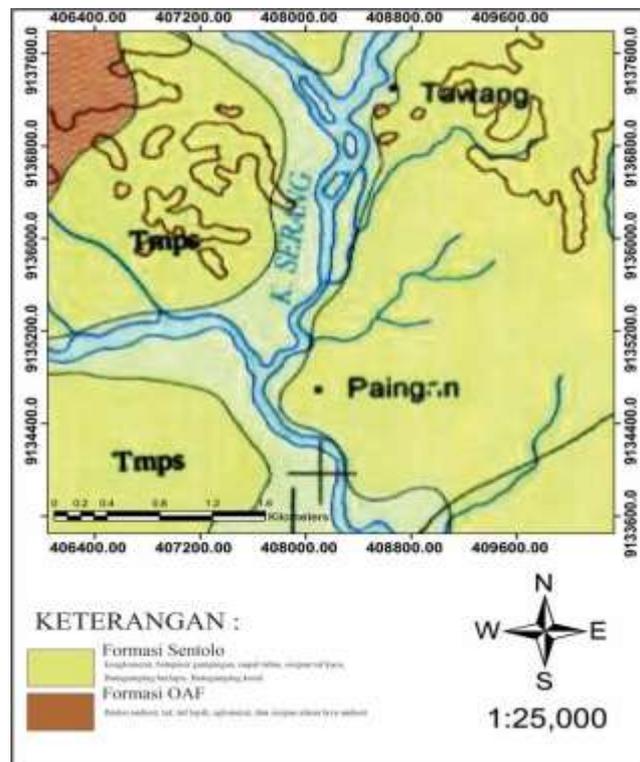
Berdasarkan pada Peta Lembar Geologi Yogyakarta daerah penelitian ini termasuk ke dalam Formasi Sentolo [20] (Gambar 3) yang berskala 1:250.000. Secara regional, Formasi Sentolo ini tersusun atas konglomerat yang ditumpangi batupasir gampingan, napal tufan dan sisipan tuf kaca. Semakin ke atas berubah 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 [13].



Gambar 2. Peta Topografi di Desa Berangkal, Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo.



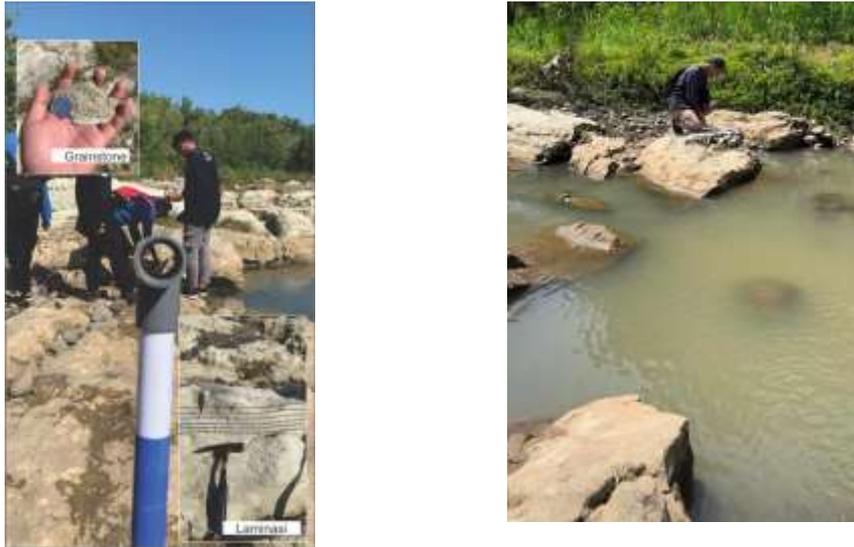
Gambar 3. Lembar Geologi Regional Yogyakarta-Girintontro (Surono dkk, 1992)

Stratigrafi Daerah Penelitian

Litologi Penyusun

Pengamatan litologi dilakukan di sepanjang di Kali Serang, tepatnya pada lokasi wisata Watu Lempeng dilakukan menggunakan pengukuran stratigrafi dengan tongkat jacob. Jalur pengukuran stratigrafi dimulai pada batuan tertua ke muda yaitu dari hulu ke hilir. Pengukuran stratigrafi pada batuan karbonat dengan pengamatan megaskopis pada lokasi pengamatan (LP) 1, 2 dan 3 dengan panjang lintasan 46 meter

Berdasarkan pengukuran stratigrafi daerah penelitian tersusun oleh satuan Batugamping Kalkarenit [14] dengan pemerian klasifikasi [15] pada stasiun 1 merupakan *Grainstone* dengan warna abu-abu kehitaman, kemas terbuka, struktur laminasi (setebal 20 cm). Kenampakan singkapan dijumpai secara spot-spot di antara endapan pasir – lempung. Semakin ke atas dijumpai adanya *packstone* yang kaya akan *sparite* dengan *skeletal grain* berupa *ooids* (Gambar 4)



Gambar 4. Singkapan *Grainstone* (kiri) dan *Packstone* (kanan) pada LP 1 (awal pengukuran)

Pada lokasi pengukuran dan pengamatan 2 merupakan *Packstone* dengan ciri berwarna putih, kemas terbuka, bentuk butir angular, komposisi *skeletal grain* berupa *bivalve* dan pecahan moluska, *sparite* dan sedikit mikrit. Di beberapa tempat terdapat fosil jejak *Planolites sp.*, ke atas dijumpai perlapisan *Packstone* dengan sisipan *Boundstone*, di akhir stasiun ini dijumpai *Packstone* dengan struktur perlapisan dan dijumpai *burrow* (Gambar 5).



Gambar 5. Singkapan *packstone* (kanan) dan fosil jejak *Chondrites sp.* pada LP 2

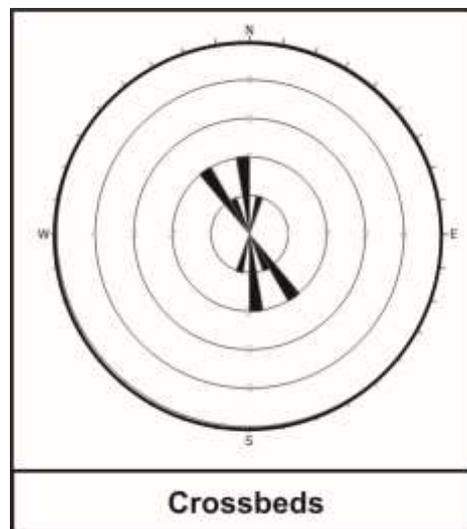
Pada lokasi pengukuran dan pengamatan 3, tersusun atas *Packstone* dengan struktur *flute cast* dan *stylolite*. *Flute cast* menandakan arah arus pengerosian dan penggerusan sedimen. Ke arah atas perlapisan didominasi oleh batuan berupa *Wackestone* dengan struktur yang berkembang perlapisan dan dijumpai adanya *crossbed*. Di beberapa lapisan dijumpai kenampakan *sand clast* pada lapisan *wackestone* (Gambar 6).



Gambar 6. Singkapan *carbonate sand clast* (kanan) dan struktur sedimen *flute cast* pada LP 3

Penentuan Arah Arus Purba

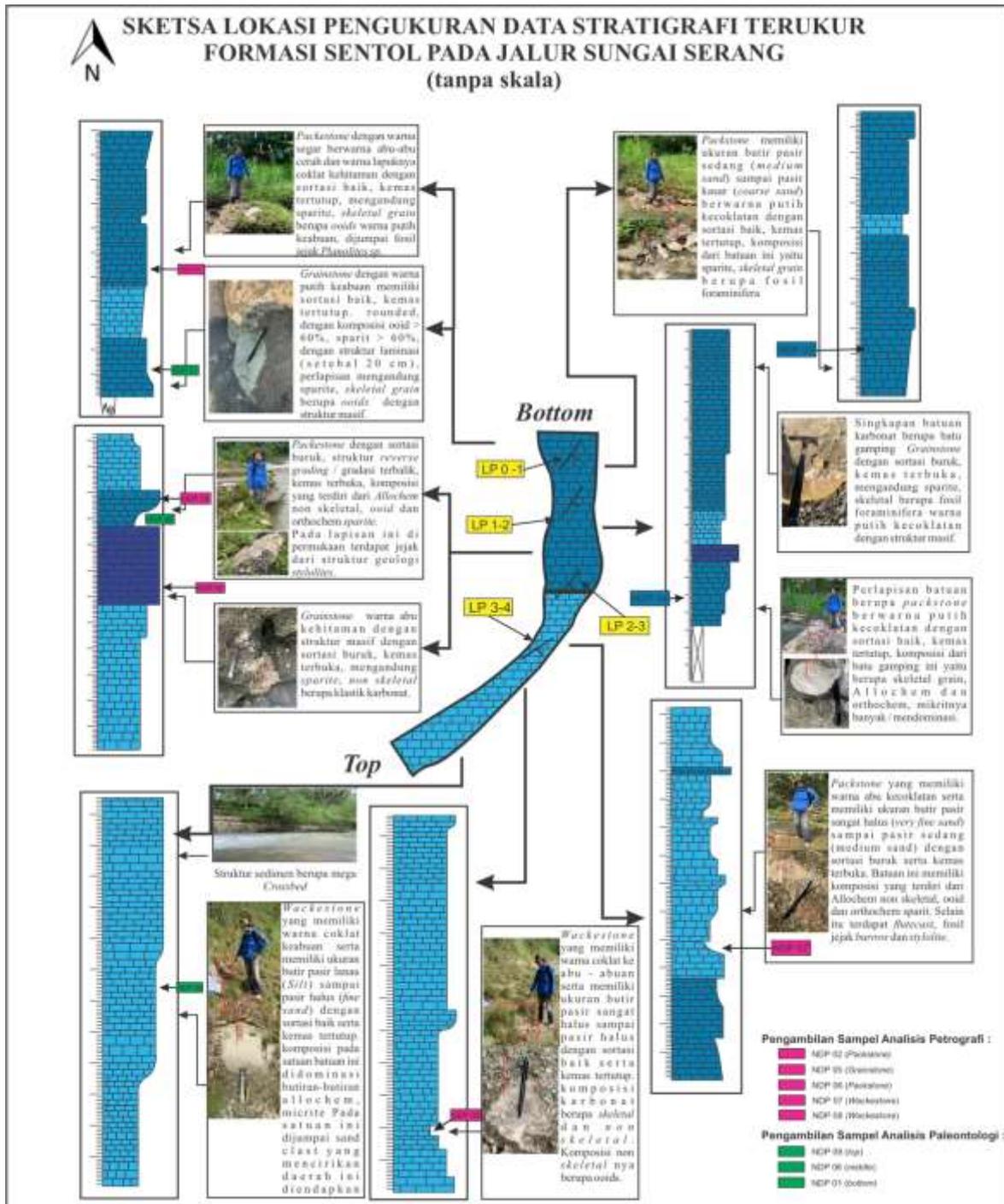
Pengukuran data *crossbed* dilakukan pada lokasi pengamatan 3. Data pengukuran tersebut berupa data jurus dan kemiringan batuan dengan mendapatkan data sebagai berikut ini : N 85° E/15°, N 65° E/20°, N 100° E/15°, N 85° E/5°, N 50° E/5° dan N 50° E/10°. Hasil pengukuran tersebut diolah dan didapatkan gambaran arah arus purba yang relatif berarah utara – barat laut dan selatan – tenggara (Gambar 7). Hal ini menandakan bahwa sumber material karbonat berasal dari utara daerah penelitian.



Gambar 7. Arah arus purba pada pengendapan batuan di daerah penelitian berarah utara – selatan dan barat laut - tenggara

Fasies di Daerah Penelitian

Pembagian fasies di daerah penelitian didasarkan pada ciri fisik di lapangan dan diinterpretasi untuk penentuan lingkungan pengendapan batuan karbonat klastik. Pengambilan contoh batuan pada jalur stratigrafi terukur berada pada no sampel NDP 2, NDP, 5, NDP 6, NDP 8 dan NDP 9. Sampel tersebut diambil secara terpilih berdasarkan variasi litologi dan digunakan dalam analisis petrografi. Fasies di daerah penelitian secara umum berupa *grainstone*, *packstone* dan *wackestone*. Adapun fasies tersebut secara jelas dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Sketsa jalur pengukuran stratigrafi dan kolom stratigrafi Formasi Sentolo di daerah penelitian

Fasies Batugamping Grainstone

Batugamping *grainstone* merupakan batuan yang tidak banyak kita temukan pada lintasan ini, batuan ini memiliki tingkat keseragaman butir yang cukup banyak. Batugamping *grainstone* pada lintasan ini memiliki komposisi klastiklas dan ditemukan juga *trace fossil* yang termasuk dalam skolitosis behavior *fodinichnia* selanjutnya termasuk *orthochem*, mikrit tinggi dan memiliki warna putih ke abu abuan hingga abu abu, sortasinya sedang dengan kemas tertutup memiliki ukuran butir yang bervariasi mulai dari *very coarse sand* dan *coarse sand* (Gambar 9). Pada pengamatan mikroskopis sayatan pada NDP-1 dilakukan pada perbesaran

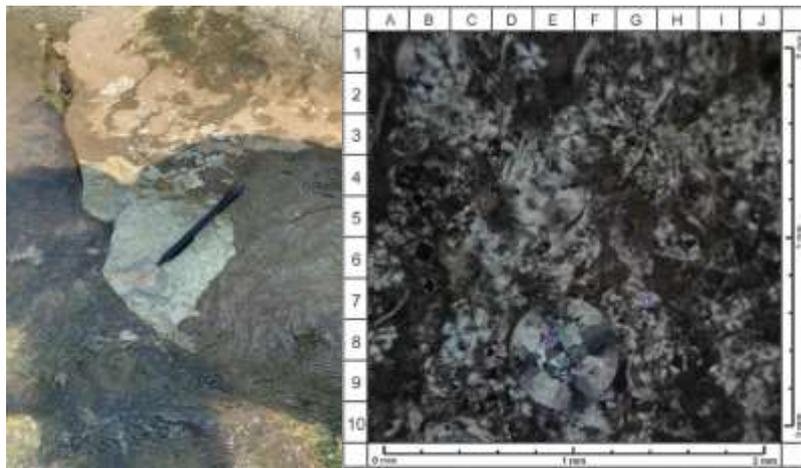
okuler 10x dan perbesaran objektif 4x. berdasarkan hasil pengamatan, diketahui struktur masif, tekstur meliputi ukuran butir >2 mm, sortasi sedang, kemas tertutup. Komposisi batuan berupa fosil (45%), mikrit kalsit (5%), Sparit (48%), gaunkonit (1%), dan mineral opak (1%). Batuan bernama Grainstone [15].



Gambar 9. Kenampakan megaskopis satuan batugamping *Grainstone* (kiri) dan kenampakan petrografis XPL (kanan) pada lintasan Kali Serang

Fasies Batugamping *Packstone*

Satuan batugamping *packstone* merupakan satuan batuan yang ditemukan di bagian utara daerah penelitian dan pada lintasan ini dapat kita lihat terdapat batugamping yang memiliki ukuran butir pasir sedang (*medium sand*) sampai pasir halus (*fine sand*) dengan warna segar berwarna abu-abu cerah dan warna lapuknya kuning kecoklatan, komposisi pada batuan berupa *pisoid*, interklas, klastika karbonat yang termasuk dalam *non skeletal*, *allochem*, dengan penamaan kalkarenit (Grabau, 1904) atau *Packstone* [15] (Gambar 10). Pada pengamatan sayatan tipis dilakukan pada sampel NDP-6 dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 4x dan pada pengamatan diketahui struktur masif, tekstur meliputi ukuran butir 1/16 - 2 mm, sortasi baik, kemas tertutup. Komposisi batuan berupa fosil (70%), sparit (28%) glaukonit (1%) dan mineral opak (1%). Berdasarkan komposisi tersebut maka nama batuan adalah *Packstone* [15].



Gambar 10. Kenampakan megaskopis satuan batugamping *Packstone* (kiri) dan kenampakan petrografi (kanan)

Fasies Batugamping *Wackestone*

Pada satuan fasies batugamping *wackestone* ini terdapat pada bagian atas pada urutan stratigrafi terukur. fasies ini mempunyai ketebalan antara 22 meter. Satuan batugamping *wackestone* pada lintasan ini memiliki warna abu-abu kecoklatan, yang memiliki ukuran butir pasir halus sampai dengan lanau, dan memiliki sortasi baik yang berkomposisi memiliki *skeletal grain*, dengan kemas tertutup. Fasies batugamping *wackestone* ini mendominasi cukup banyak pada akhir lintasan ini yang pada kenampakan megaskopis mempunyai struktur batuan berlapis-lapis (Gambar 11). Pada pengamatan sayatan tipis pada sampel NDP-8 dengan perbesaran

okuler 10x dan perbesaran objektif 4x dan pada pengamatan diketahui struktur masif, tekstur meliputi ukuran butir $>1/256 - 0,5$ mm, sortasi baik, kemas tertutup. Komposisi batuan berupa fosil (74%), sparit (25%), dan mineral opak (1%) (Gambar 11). Batuan tersebut secara petrografis bernama *Wackstone* [15].



Gambar 11. Kenampakan satuan batugamping *Wackstone* pada lintasan Kali Serang

Identifikasi Umur Daerah Penelitian

Identifikasi umur pada penelitian ini dilakukan pada lapisan *top*, *middle* dan *bottom* yang kemudian ditentukan melalui fosil foraminifera planktonik. Penamaan fosil dan penarikan umur fosil menggunakan klasifikasi [18].

Identifikasi Umur Lapisan Bawah (*Bottom*)

Identifikasi umur dilakukan dengan metode pengambilan sampel pada lapisan bawah yang merupakan fasies *packstone*, dengan kode sampel NDP01. Berdasarkan analisis mikroskopis dengan perbesaran 40x dijumpai fosil foraminifera planktonik berupa *Globigerinoides cf. altiapertura*, *Orbulina universa*, *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalia pseudominicica*, *Globigerina angiporooides*, *Globorotalia mayeri*, *Globorotalia menardi* yang dapat kita lihat pada (Gambar 12) :



Gambar 12. Kenampakan fosil foraminifera planktonik lapisan bawah

Berdasarkan dari (Tabel 1) maka didapatkan umur relatif dari formasi sentolo pada daerah penelitian bagian bawah (*Bottom*) yaitu N13 (Miosen Tengah), dan juga ditemukannya fosil *Globigerina angiporooides* berumur Eosen Akhir – Oligosen Tengah yang menandakan bahwa fosil ini terbawa (*rework*) dari formasi yang lebih tua yaitu Formasi Nanggulan.

Globigerina baroemenensis, *Pracorbulina transitoria*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerina druryi* yang dapat kita lihat pada (Gambar 14). Berdasarkan dari (Tabel 3) maka didapatkan umur relatif dari Formasi Sentolo pada daerah penelitian bagian atas (*top*) yaitu N14 (Miosen Tengah). Pada lapisan *top* ini ditemukan beraneka ragam fosil plangtonik yang melimpah tetapi sulit ditemukan fosil benthonik.



Gambar 14. Hasil analisis fosil foraminifera planktonik lapisan atas

Tabel 3 Hasil penarikan umur lapisan atas

BLOK/2008	EOGEN			OLIGOGEN				MIOSEN										PLIOSEN			PLEISTOSEN									
	MID	LATE		ERL	MID	LATE		AWAL	TENGAH					AKHIR																
	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23
<i>Globorotalia Mayeri</i>																														
<i>Globorotalia Manardi</i>																														
<i>Globorotalia Pseudominica</i>																														
<i>Orbulina</i>																														
<i>Globigerina Baroemenensis</i>																														
<i>Pracorbulina transitoria</i>																														
<i>Globigerinoides Trilobus</i>																														
<i>Globigerina Druryi</i>																														

Hasil Penarikan Umur Top, Middle, dan Bottom

Berdasarkan hasil analisis foraminifera plangtonik dari tiga titik pengambilan sampel (Tabel 4) yaitu pada lapisan atas (*top*) merupakan fasies *grainstone* yang memiliki umur N13, lapisan tengah (*middle*) merupakan fasies *packstone* yang memiliki umur N13 dan lapisan atas (*top*) merupakan fasies *wackestone* yang memiliki umur N14, maka didapatkan umur relatif dari Formasi Sentolo yang berada di daerah penelitian yaitu berada pada kisaran N13-N14 (Miosen Tengah).



Tabel 4 Penarikan umur relatif berdasarkan fosil foraminifera Plangtonik lapisan *top*, *middle*, dan *bottom*

BLOW 1969	EOSEN			OLIGOSEN			MIOSEN										PLIOSEN			PLEISTOSEN											
	MID		LATE	ERI	MID	LATE	AWAL			TENGAH				AKHIR			P19			P20			P21								
	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	
<i>Globorotalia Mayeri</i>																															
<i>Globorotalia Manardi</i>																															
<i>Globorotalia Pseudonatica</i>																															
<i>Orbulina</i>																															
<i>Globigerina Barroisnensis</i>																															
<i>Fracorbalina transitona</i>																															
<i>Globigerinoides trilobus</i>																															
<i>Globigerina Druryi</i>																															
BLOW 1969																															
<i>Globigerina cf. altaperturus</i>																															
<i>sphaerodentalia subdehiscens</i>																															
<i>Globorotalia mayeri</i>																															
<i>Orbulina</i>																															
<i>Globigerina trilobus</i>																															
<i>Globorotalia opima</i>																															
<i>Globigerina anguloroides minima</i>																															
BLOW 1969																															
<i>Globigerina cf. altaperturus</i>																															
<i>Orbulina Univera</i>																															
<i>Globigerinoides trilobus</i>																															
<i>Globorotalia pseudonatica</i>																															
<i>Globorotalia mayeri</i>																															
<i>Globorotalia manardi</i>																															
<i>Globigerina anguloroides minima</i>																															

Interpretasi Lingkungan Pengendapan

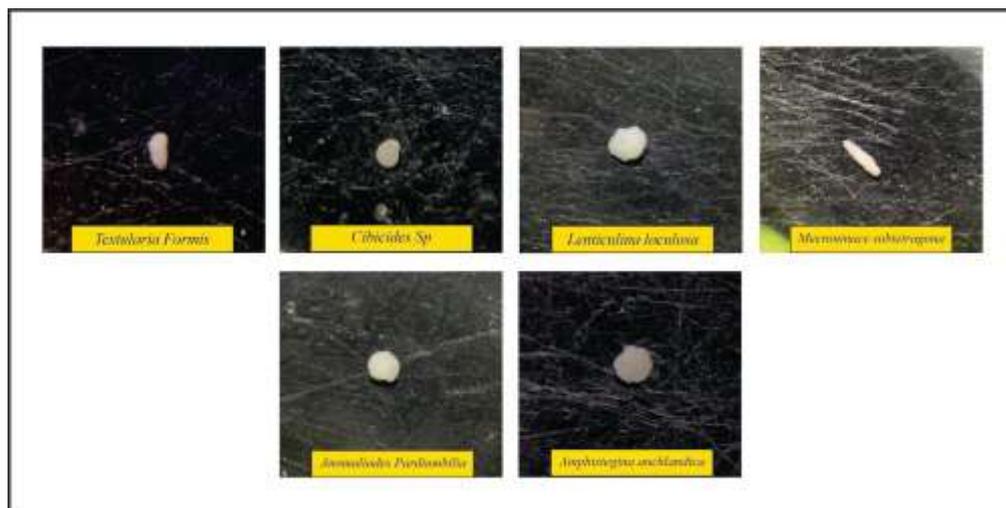
Interpretasi lingkungan pengendapan dilakukan dengan analisis paleontologi (bentonik) dan interpretasi fosil jejak yang terdapat di daerah penelitian.

Interpretasi Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Fosil Benthonik

Analisis lingkungan pengendapan dilakukan pada lapisan *bottom* dengan kode sampel NDP01, *middle* dengan kode sampe NDP06 dan *top* dengan menggunakan kode sampel NDP09. Kemudian kita dapat ditentukan melalui fosil foraminifera benthonik.

Sampel NDP 01

Sampel NDP 01 ini kita ambil pada lapisan bawah (*bottom*) yang merupakan fasies *packstone*, berdasarkan analisis mikroskopis dijumpai fosil foraminifera bentonik berupa *Textularia formis*, *cibicides sp*, *Lenticulina loculosa*, *Mucroninace subtetragona*, *Anomaliodes pardiumbilla*, *Ampphistegina auchlandica* (Tabel 5) yang dapat kita lihat pada (Gambar 15) :



Gambar 11 Hasil analisis fosil foraminifera benthonik lapisan bawah

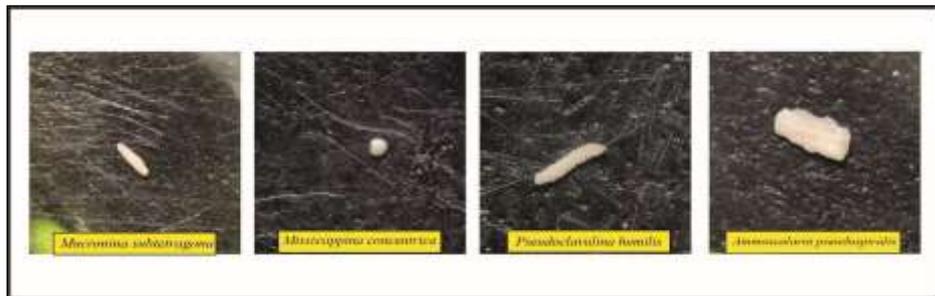
Berdasarkan (Tabel 5) maka didapatkan lingkungan pengendapan dari lapisan bawah (*bottom*) daerah penelitian yaitu Neritik Tengah dengan kedalaman berkisar 200 meter. Zona neritik adalah bagian laut yang memiliki kedalaman 0-200 m dan sering disebut daerah paparan atau dangkalan. Pada daerah ini sinar matahari masih bisa mencapai bagian dasar laut sehingga memungkinkan plankton untuk hidup dan berkembang biak.

Tabel 5 Penentuan lingkungan pengendapan Sampel NDP 01[19]

Spesies Foraminifera Benthonik	Lingkungan Batimetri (m)						
	Transisi	Neritik			Bathyal		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
	0	20	100	200	500	2000	4000
<i>Textularia Formis</i>			→				
<i>Cibicides Sp</i>			→				
<i>Lenticulina loculosa</i>		→	→	→	→	→	→
<i>Mucroninace Subtetragona</i>			→	→	→		
<i>Amphistegina Auchlandica</i>				→			
<i>Anomaliodes Pardiumbilia</i>					→	→	

Sample NDP 06

Sampel NDP 06 ini kita ambil pada lapisan tengah (*middle*) yang masih merupakan fasies *packstone*, berdasarkan analisis mikroskopis dijumpai fosil foraminifera benthonik berupa *Mucroninace subtetragona*, *Mississippiina concentrica*, *Pseudoclavulina humilis* dan *Ammoscalaria pseudospiralis* (Tabel 6) yang dapat kita lihat pada (Gambar 12):



Gambar 12 Hasil analisis fosil foraminifera benthonik lapisan tengah

Berdasarkan (Tabel 6) maka didapatkan lingkungan pengendapan dari lapisan tengah (*middle*) daerah penelitian yaitu Neritik luar dengan kedalaman berkisar 200 meter.

Tabel 6 Penentuan lingkungan pengendapan Sampel NDP 06 [19]

Spesies Foraminifera Benthonik	Lingkungan Batimetri (m)						
	Transisi	Neritik			Bathyal		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
	0	20	100	200	500	2000	4000
<i>Mucroninace subtetragona</i>				→	→	→	→
<i>Mississippiina concentrica</i>				→			
<i>Pseudoclavulina humilis</i>				→			
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>			→	→			

Sample NDP 09

Pada sampel NDP 09 terdapat pada lapisan atas (*top*) yang merupakan fasies *wackstone*. Berdasarkan analisis mikroskopis yang telah dilakukan pada sampel ini tidak dijumpai fosil benthonik tetapi dijumpai fosil planktonik yang melimpah.



Interpretasi Model Lingkungan Pengendapan

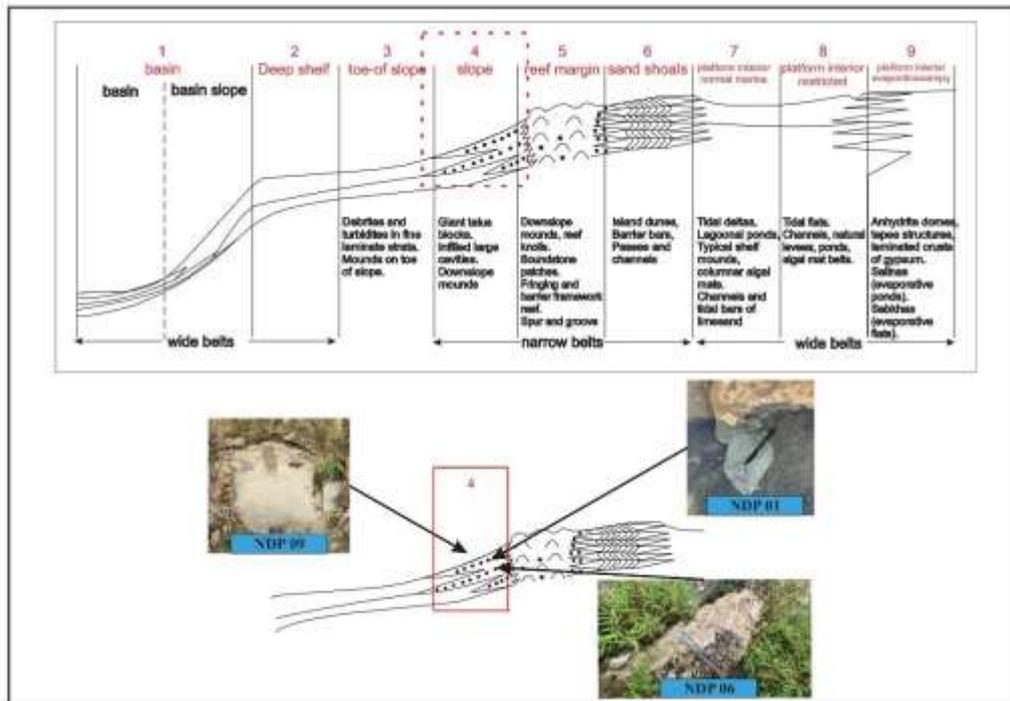
Asosiasi fasies mencerminkan suatu proses mekanisme pengendapan tertentu yang dipengaruhi banyak faktor yang bekerja secara serentak. Dalam suatu asosiasi fasies mungkin terdapat beberapa fasies atau kombinasi beberapa fasies yang membentuk suatu tubuh batuan. Untuk menentukan lingkungan pengendapan berdasarkan Fasies Wilson (1975) kita dapat menentukan bahwa Pengendapan batuan karbonat di Formasi Sentolo.

Pengendapan batuan di daerah penelitian diawali dan disusun oleh perselingan antara *Grainstone* dan *Packstone* yang menunjukkan pada daerah ini menunjukkan struktur komposisi fosil coral (*Paleocyprida/Bivalve*) yang sebagian porositas terisi oleh sparit. Pada fasies ini mencirikan lingkungan pengendapan yang berada di tepi paparan (*Platform Margin*).

Foreslope dijumpai di bagian atas pada satuan batu gamping dengan ketebalan mencapai 10 m. Satuan ini disusun oleh perselingan antara *Packstone* dan *Wackstone* yang menunjukkan pada daerah ini *low energy foreslope* yang menunjukkan lingkungan pengendapan berada di lereng paparan (*Foreslope Margin*). Hal ini juga menandakan bahwa lingkungan pengendapan pada daerah *Slope*. Kemudian untuk satuan batugamping wackstone memiliki warna abu abu kecoklatan, memiliki sortasi baik memiliki *skeletal grain*, dengan kemas tertutup. Pada batuan ini juga ditemukan fosil yang cukup melimpah sehingga dapat kita interpretasikan lingkungan pengendapan nya berada di daerah *Slope* (Gambar 13).

Penentuan lingkungan pengendapan juga dilakukan berdasarkan keberadaan fosil jejak. Berdasarkan identifikasi pada fosil jejak *Chondrites*, maka daerah penelitian termasuk ke dalam *Ichnofasies Cruziana* [21]. Munculnya *Chondrites* menunjukkan bahwa daerah penelitian termasuk lingkungan pengendapan daerah transisi. *Chondrites* sendiri terbentuk pada lingkungan pengendapan zona bathyal di daerah *continental slope* [9]. Selain itu lingkungan pengendapannya berupa lingkungan pengendapan arus turbid [22].

Ichnofasies Cruziana ditemukan pada lingkungan *Marine* dengan kedalaman air laut cukup dangkal daerah Laguna. Fasies *Cruziana* merupakan penciri laut Neritik dalam. Memiliki energi menengah hingga rendah. Paleobathimetri *Cruziana* pada lokasi penelitian berada di kedalaman kisaran 100-500 meter yaitu zona Subteritorial sampai Bathyal Atas. Hal ini juga berkaitan dengan keberadaan fosil bentonik yang diendapkan pada Neritik Tengah – Neritik Luar (100-200 meter).



Gambar 13. Model lingkungan pengendapan dalam standard sabuk fasies batu gamping ([17]; modifikasi dari [16]).

Lingkungan pengendapan batugamping Formasi Sentolo secara umum berkondisi susut laut, yang diawali dengan runtutan batuan dari tepi landaian dalam, yang segera bergeser menjadi runtutan lereng depan

dan sayap terumbu. Batugamping di bagian tengah formasi masih terendapkan di lingkungan sayap terumbu, bergeser menjadi lerengan lokal terumbu belakang hingga tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi. Sedimentologi bagian atas runtunan batugamping berulang, dari tepi landaian dalam yang bergeser menjadi tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi hingga lerengan lokal terumbu belakang, dan diakhiri dengan tepi landaian dalam [23]. Hal ini juga serupa dengan penentuan lingkungan pengendapan di daerah pada wisata Watu Lempeng yang diendapkan pada fasies *slope*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah memfasilitasi laboratorium untuk analisis petrografi dan analisis paleontologi. Penulis juga mengucapkan kepada para asisten petrografi Vivi Fistina Audrey untuk diskusi dan analisis petrografi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Van Bemmelen, R.W., 1949. The Geology of Indonesia. Vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, Government Printing Office, The Hague.
- [2] Kusumayudha, S. B., Kaesmetan, D., & Purwanto, H. S. (2019). Hubungan Batu Gamping Formasi Sentolo dan Breksi Vulkanik Kulon Progo: Sebuah Koreksi Stratigrafi Studi Kasus di Daerah Wonotopo, Kecamatan Gebang, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 3(1), 1-10.
- [3] Maryanto, S. (2015). Perkembangan sedimentologi batugamping berdasarkan data petrografi pada Formasi Sentolo di sepanjang lintasan Pengasih, Kulonprogo. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 16(3), 129-139.
- [4] Barianto, D.H., Kuncoro, P., Watanabe, K., 2010. The Use of Foraminifera Fossils for Reconstructing the Yogyakarta Graben, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of South East Asian Applied Geology*, Vol 2(2), pp 138-143.
- [5] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, HMD., 1995. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- [6] Pandita, H., & Pambudi, S. (2012). MODEL FASIES BAGIAN TENGAH-ATAS DARI FORMASI SENTOLO DI LINTASAN GEJAWAN. *Jurnal teknologi Nasional*, 15(2), 21-35.
- [7] Satyana, A.H. dan Purwaningsih, M.E.M., 2003. Oligo-Miocene Carbonates of Java: Tectonic setting and effects of Vulcanism. Proceedings of Joint Convention Jakarta 2003, The 32nd IAGI and 28th HAGI Annual Convention and Exhibition.
- [8] Satyana, A.H., 2005. Oligo-Miocene Carbonates of Java, Indonesia : Tectonic-Volcanic Setting and Petroleum Implications. Proceedings Indonesian Petroleum Association
- [9] Sulistyoningrum, D. dan Rahardjo, W., 2010. Identification and Paleocology of Coraline Fossil (Cnidaria: Anthozoa) from Jonggrangan Limestone, Western Slope of Kucir Hill, West Progo Area, Yogyakarta Special Province. Proceedings PIT IAGI Lombok.
- [10] Krumbein and Sloss, 1963, Stratigraphy and Sedimentation, W. H. Freeman and co., San Francisco
- [11] Rizqi, A. H. F. (2019). Identifikasi Struktur Geologi dan Implikasinya terhadap Penyebaran Batuan Formasi Andesit Tua-Sentolo di Sungai Finiten, Giripurwo, Kulon Progo. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 11(2), 152-163.
- [12] Widagdo, A., Pramumijoyo, S., & Harijoko, A. (2020). Kontrol Struktur Geologi Terhadap Kemunculan Formasi Nanggulan di Daerah Kecamatan Nanggulan Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal GEOSAPTA Vol*, 6(2), 97.
- [13] Pringgoprawiro, H. (1969). On the age of the Sentolo Formation based on planctonic foraminifera. *Dept. Geol. Contr.*
- [14] Grabau, A. 1904. On The Classification of Sedimentary Rocks, New Jersey: Princeton University.
- [15] Dunham, R.J. 1962, *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*: American Association of Petroleum Geologists, Memoir, v. 1, p. 108- 121.
- [16] Wilson, J. L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer Verlag, New York, 471.
- [17] Schlager, W., 2005. *Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy*, SPEM, Tulsa, Oklahoma.
- [18] Blow, W. H. (1969, January). Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Proceedings of the first international conference on planktonic microfossils (Vol. 1, pp. 199-422). Leiden: Eij Brill.
- [19] Tipsword, H. L, Setzer, F. M, dan Smith, F. L. JR. 1966. *Interpretation of Depositional Environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from Paleocology and Related Stratigraphy*. Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans.



ISSN: 1907-5995

- [20] Surono, Toha, B. dan Sudarno. 1992. Peta Geologi Lembar Surakarta dan Giritontro, Jawa; Sekala 1 : 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [21] Seilacher, A. (1967). Bathymetry of trace fossils. *Marine geology*, 5(5-6), 413-428.
- [22] Ekdale, A.A., Bromley, R.G and Pemberton, S.G., 1984, Ichnology: The use of Trace Fossils in Sedimentology and Stratigraphy, SEPM, Tulsa-Oklahoma.
- [23] Maryanto, S. (2012). Limestone diagenetic records based on petrographic data of Sentolo Formation at Hargorejo traverse, Kokap, Kulonprogo. *Indonesian Journal on Geoscience*, 7(2), 87-99.