

GEOLOGI DAERAH KARANGKEMOJING DAN SEKITARNYA, KABUPATEN DAN SEKITARNYA, KABUPATEN BANYUMAS, PROVINSI JAWA TENGAH

Given Corinthian Panjaitan¹, Edy Sutriyono¹, dan Ugi Kurnia Gusti^{1*}

¹Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author e-mail: ugikgusti@gmail.com

ABSTRAK: Penelitian dilakukan pada Daerah Karangkejoying dan sekitarnya, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. Tujuan penelitian untuk mengidentifikasi keadaan geologi mulai dari aspek struktur geologi, stratigrafi, dan geomorfologi. Hasil analisis kemudian direkonstruksi menjadi sebuah model sejarah geologi dengan menggunakan metode observasi lapangan, analisis laboratorium, analisis studio, dan kartografi. Daerah penelitian terbagi menjadi delapan bentuk lahan, Punggungan Lipatan, Punggungan Sinklin, Lembah Antiklin, Lembah Sinklin, Dataran Denudasional Struktur Patahan, Perbukitan Denudasional Erosi Tinggi, Perbukitan Tinggi Denudasional Erosi Tinggi, dan *Channel Irregular Meander*. Stratigrafi daerah penelitian dengan urutan tua ke muda tersusun oleh Formasi Rambatan, Formasi Halang, Formasi Kumbang, Formasi Tapak, Anggota Batugamping Formasi Tapak dan Kuartir Aluvium. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian yaitu Sesar Karangkejoying I, Sesar Karangkejoying II, Sesar Tipar Kidul, Antiklin Karangkejoying, Antiklin Canduk, Sinklin Canduk, dan Sinklin Cirahab. Sejarah geologi dibagi berdasarkan urutan waktu meliputi, Miosen Tengah terendapkan Formasi Rambatan. Selanjutnya pada Miosen Akhir terendapkan secara menjari Formasi Halang dan Formasi Kumbang. Kemudian pada Pliosen Awal terendapkan Formasi Tapak hingga Pliosen Akhir terendapkan Anggota Batugamping Formasi Tapak. Pada Akhir Pliosen Akhir terjadi deformasi tektonik orde dua yang membentuk rangkaian struktur lipatan dan sesar. Terakhir pada Resen terendapkan Kuartir Aluvium dan terjadi proses denudasional yang berlangsung hingga saat ini.

Kata Kunci: Kabupaten Banyumas, Stratigrafi, Geomorfologi, Struktur Geologi, Sejarah Geologi.

ABSTRACT: The research was conducted in the Karangkejoying area and its surroundings, Banyumas Regency, Central Java. The purpose of the research was to identify geological conditions starting from geomorphological, stratigraphic, and geological structural aspects. The results of the analysis were then reconstructed into a geological history model using field observation, laboratory analysis, studio analysis, and cartography methods. Research area is divided into eight landforms, Fold Ridge, Syncline Ridge, Anticline Valley, Syncline Valley, Denudational Plain of Fault Structure, High Erosion Denudational Hills, High Erosion Denudational Hills, and Irregular Meander Channels. Stratigraphy of the research area in order of oldest to youngest is composed of the Rambatan Formation, Halang Formation, Kumbang Formation, Tapak Formation, Limestone Member of the Tapak Formation and Quaternary Alluvium. The geological structures that developed in the research area are Karangkejoying I Fault, Karangkejoying II Fault, Tipar Kidul Fault, Karangkejoying Anticline, Canduk Anticline, Canduk Syncline, and Cirahab Syncline. The geological history of the section based on time sequence includes, Middle Miocene deposited Rambatan Formation. Furthermore, in Late Miocene, Halang Formation and Kumbang Formation were deposited in a fingering facies. Then in the Early Pliocene, the Tapak Formation was deposited until the Late Pliocene deposited the Limestone Member of the Tapak Formation. At the end of the Late Pliocene, there was a cessation of second-order tectonics which formed a series of fold structures and faults. Finally, in the Recent, the Quaternary Alluvium was deposited and a denudational process occurred which continues to the present day.

Keywords: Banyumas Regency, Stratigraphy, Geomorphology, Geological Structure, Geological History.

1 Pendahuluan

Kondisi suatu daerah dapat diketahui terutama pada aspek kegeologiannya dengan dilakukannya sebuah penelitian berupa pemetaan geologi permukaan, yang

mana hasil dari pemetaan geologi tersebut yang akan menjadi dasar dalam keperluan penelitian, eksplorasi ataupun kajian lainnya.

Pemetaan geologi dilakukan di Daerah Karangemojing dan sekitarnya, Kecamatan Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. Daerah penelitian memiliki luasan area 81 km² dan tersusun atas beberapa formasi dari tua ke muda. Di antaranya yaitu Formasi Rambatan, Formasi Halang, Formasi Kumbang, Formasi Tapak, Formasi Tapak Anggota Batugamping dan Kuarter Aluvium [1]. Daerah penelitian ini merupakan daerah yang kompleks dengan banyaknya struktur geologi yang berkembang sehingga penting dilakukannya penelitian mengenai geologi lokal pada daerah tersebut.

Penelitian regional pada daerah penelitian telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu dan menghasilkan berbagai macam hasil penelitian. Namun belum ditemukannya hasil yang menjelaskan secara detail mengenai geologi lokal pada Daerah Karangemojing dan sekitarnya. Oleh sebab itu diperlukan penelitian terbaru yang mampu menggambarkan kondisi geologi lokal daerah tersebut. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengaplikasikan teori-teori geologi yang telah didapat sebelumnya.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode dengan pendekatan deskriptif yaitu mengumpulkan data secara detail, mendalam, sistematis dan juga aktual pada daerah penelitian serta pendekatan kualitatif yaitu menggunakan data hasil analisis dan memanfaatkan teori sebagai bahan penjabar dengan keluaran berupa interpretasi.

2.1 Studi Pendahuluan

Kajian pustaka atau studi literatur dalam suatu penelitian merupakan tahapan utama dalam tahapan persiapan karena kajian pustaka memiliki tujuan bahan pembelajaran sebelum terjun langsung ke lapangan. Adanya kajian pustaka dilakukan untuk mengetahui seluruh informasi geologi pada daerah penelitian berdasarkan kondisi geologi regional, ataupun melalui hasil penelitian yang terdahulu dapat menjadi referensi yang dapat dipertanggungjawabkan kebenaran dalam pengembangan ilmu pada daerah penelitian guna memaksimalkan pemahaman sebelum terjun ke lapangan.

2.2 Observasi Lapangan

Tahapan observasi lapangan mencakup pengambilan data primer langsung di lapangan berupa pengamatan litologi dan struktur sedimen, pengukuran penampang stratigrafi, pengukuran struktur garis dan struktur bidang, pengambilan sampel batuan untuk analisis fosil

foraminifera, dan dokumentasi foto singkapan. Hasil yang didapatkan dari observasi lapangan kemudian dianalisis di laboratorium dan studio.

2.3 Analisis Laboratorium dan Studio

Analisis laboratorium dan studio merupakan tahapan lanjutan. Pada tahapan ini akan dilakukan analisis lebih rinci terhadap data - data geologi yang sudah diperoleh di lapangan. Analisis laboratorium meliputi analisis fosil foraminifera planktonik (umur & lingkungan pengendapan) menggunakan mikroskop binokuler dan analisis petrografi sayatan tipis batuan menggunakan mikroskop polarisasi.

Analisis studio meliputi analisis geomorfologi menggunakan aplikasi *ArcGis* dan *Global Mapper* yang dilakukan dengan menggabungkan data yang didapatkan di lapangan dengan kenampakan yang digambarkan pada hasil olahan data citra satelit seperti DEM.

2.4 Penyusunan Laporan

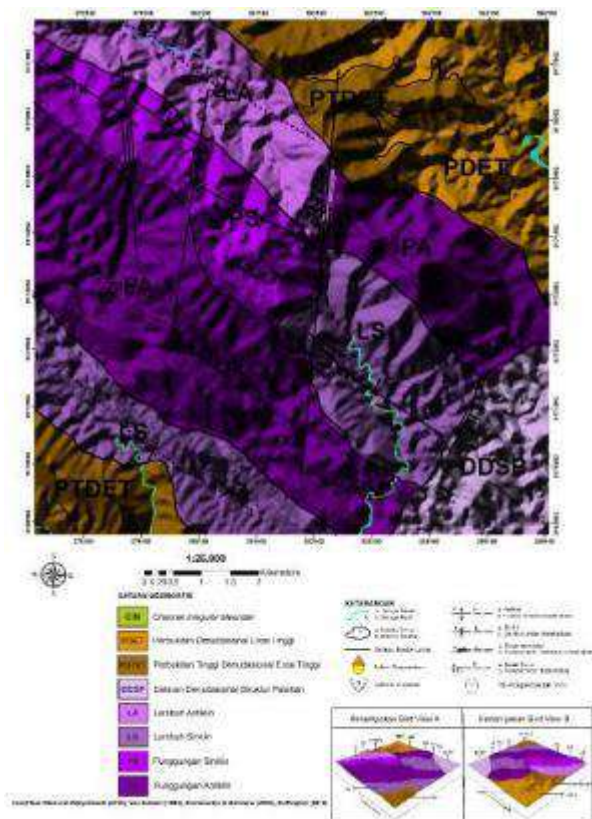
Penyusunan laporan merupakan tahap akhir atau tahap penyelesaian dalam kegiatan penelitian. Laporan mengandung isi berupa pemaparan data hasil penelitian dan penarikan kesimpulan atas ruang lingkup permasalahan yang berkaitan dengan daerah penelitian dengan didukung bukti fisik yang diambil di lapangan berupa foto singkapan dan objek penelitian serta model geologi berupa peta dan penampang. Data dari lapangan kemudian dikompilasikan dengan analisis laboratorium dan analisis studio. Laporan disusun mulai dari rumusan masalah hingga kesimpulan. Informasi yang dibahas meliputi informasi stratigrafi, geomorfologi, struktur geologi, dan sejarah geologi.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Satuan Geomorfik

Pembagian satuan geomorfik dilakukan berdasarkan beberapa aspek, diantaranya morfografi, morfometri, morfogenesis dan pola pengaliran sungai. Penentuan satuan geomorfik dilakukan berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh [9][12][15]. Aspek-aspek tersebut dikorelasikan dengan data lapangan untuk mengetahui satuan bentuk lahan di daerah penelitian. Terdapat delapan satuan geomorfik yang terdapat di daerah penelitian, di antaranya Punggungan Lipatan (PL), Punggungan Sinklin (PS), Lembah Antiklin (LA), Lembah Sinklin (LS), Dataran Denudasional Struktur Patahan (DDSP), Perbukitan Denudasional Erosi Tinggi (PDET), Perbukitan Tinggi Denudasional Erosi Tinggi

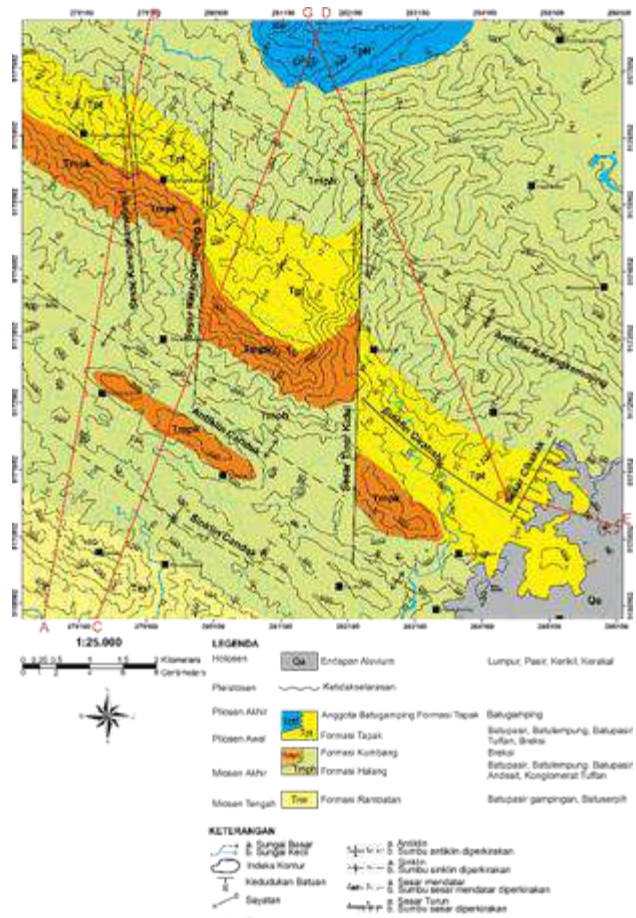
(PDTET), dan *Channel Irregular Meander* (CIM) terlampir pada (Gambar 3.1.1).



Gambar 3.1.1 Peta Geomorfologi Daerah Penelitian.

3.2 Stratigrafi

Terdapat 111 lokasi pengamatan dengan luas area 9x9 km² digunakan untuk analisis stratigrafi. Satuan stratigrafi ditentukan berdasarkan karakteristik litostratigrafi dengan mengelompokkan satuan batuan pada lokasi penelitian dengan melihat kenampakan fisik batuan dan analisis petrografinya yang diperoleh, komposisi mineral, dan jenis batuan sehingga dapat menjadi dasar dalam penarikan umur formasi. Secara regional, stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda terdiri atas 6 formasi yaitu Formasi Rambatan (Tmr), Formasi Halang (Tmph), Formasi Kumbang (Tmpk), Formasi Tapak (Tpt), Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl), dan Kuarter Aluvium (Qa) yang dimodelkan dalam Peta Geologi (Gambar 3.2.1).

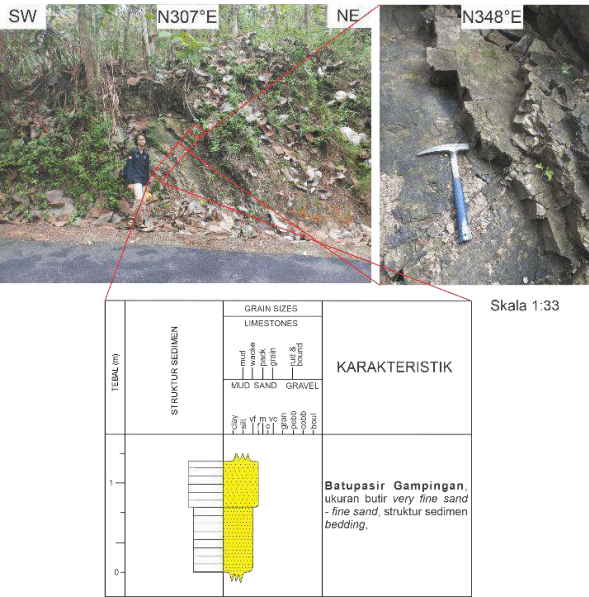


Gambar 3.2.1 Peta Geologi Daerah Penelitian.

3.2.1 Formasi Rambatan

Formasi Rambatan (Tmr) merupakan formasi tertua yang ditemui pada daerah penelitian, berumur Miosen Tengah. Formasi ini disimbolkan dengan warna krem pada Peta Geologi (Gambar 3.2.1) dan luas daerah penelitian mencakup 8% luas pada daerah penelitian. Satuan batuan yang ditemukan pada formasi ini ditemukan litologi berupa batupasir gampingan dan batuserpih.

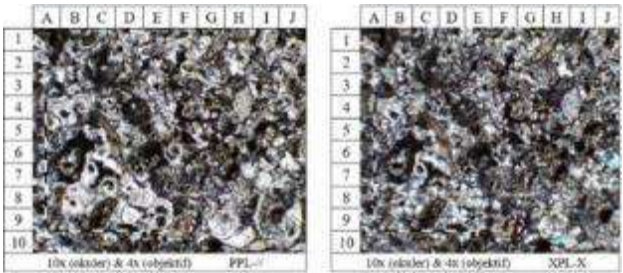
Batupasir gampingan secara megaskopis memiliki karakteristik warna lapuk abu gelap dan warna segar abu terang, derajat kebundaran *rounded*, ukuran butir *very fine sand – fine sand* (1/16 – 1/8 mm) berdasarkan skala Wentworth (1992), kemas tertutup, *well sorted*, kompak, struktur sedimen *bedding*, dan karbonatan. Terdapat fragmen kuarsa, biotit, dan feldspar dengan matriks lempung dan semen kalsit (Gambar 3.2.1.1).



Gambar 3.2.1.1 Profil Singkapan LP 86 Batupasir Gampingan Formasi Rambatan (Tmr).

Batupasir gampingan secara megaskopis memiliki karakteristik warna lapuk abu gelap dan warna segar abu terang, derajat kebundaran *rounded*, ukuran butir *very fine sand – fine sand* (1/16 – 1/8 mm) berdasarkan skala Wentworth (1992), kemas tertutup, *well sorted*, kompak, struktur sedimen *bedding*, dan karbonatan. Terdapat fragmen kuarsa, biotit, dan feldspar dengan matriks lempung dan semen kalsit (Gambar 3.2.1.1).

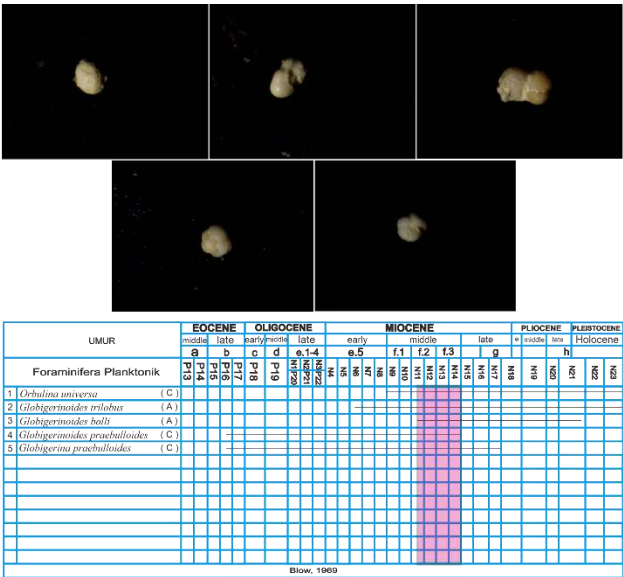
Berdasarkan kenampakan mikroskopis, sayatan tipis batuan sedimen karbonat dengan pembesaran 40x dengan warna abu – abu hingga kecoklatan pada PPL dan warna interferensi biru muda hingga merah muda orde III dengan nilai *birefringence* 0.050 – 0.053, memiliki ukuran butir 0.07 – 0.63 mm (*very fine arenite - coarse arenite*), ukuran matriks 0.02 – 0.03 mm (*medium lutite*), ukuran semen 0.02 – 0.16 mm (*medium lutite – fine arenite*), kemas terbuka (*matrix supported fabric*), hubungan antar butir *floating contact* dan *point contact*, sortasi baik, tipe porositas *intragranular* dan *intergranular*, terdiri dari *skeletal grain* berupa planktonik (*Orbulina* sp., *Praeorbulina* sp.) dan bentonik (*Amphistegina* sp., *Geinitzina* sp.), mikrit, dan sparit (Gambar 3.2.1.2).



Gambar 3.2.1.2 Sayatan tipis LP 86 Batupasir Gampingan Formasi Rambatan (Tmr).

Penamaan dengan melihat persentase kandungan *mud* dan komposisi *grain*-nya, pada sampel ini terdapat kandungan *mud* dan *grain* dengan lebih dominan *grain*, dimana terdapat *grain* berukuran besar <2 mm dengan persentase *grain* <10% dan batuan ini tergolong kedalam *matrix supported fabric*, didapat penamaan batuannya ialah *Wackestone* (Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971) dan *Sorted Biosparite* (Folk, 1962).

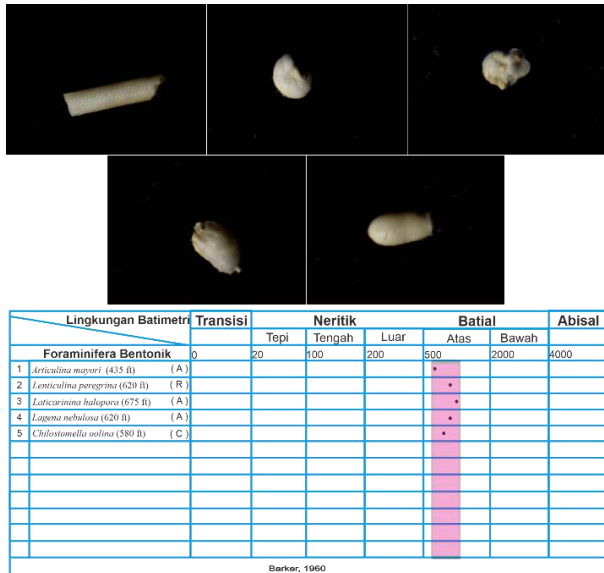
Pada satuan batupasir gampingan dilakukan juga analisis mikropaleontologi untuk menentukan umur relatif dan lingkungan pengendapannya. Analisis ini dilakukan dengan mengambil sampel batupasir gampingan pada LP 52 yang terletak di Desa Besuki. Berdasarkan hasil analisis didapatkan 5 fosil planktonik (Gambar 3.2.1.3) dan 5 fosil bentonik (Gambar 3.2.1.4).



Gambar 3.2.1.3 Fosil dan Penarikan Umur Foraminifera Planktonik LP 52 Formasi Rambatan (Tmr).

Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi batupasir gampingan Formasi

Rambatan adalah *Middle Miocene* (N11 – N14) (Gambar 3.2.1.3). Berdasarkan 5 fosil foraminifera bentonik yang didapatkan pada litologi batupasir gampingan Formasi Rambatan (Tmr) didapatkan lingkungan pengendapan batuan tersebut yaitu batial atas (796 – 1235 m) (Gambar 3.2.1.4).

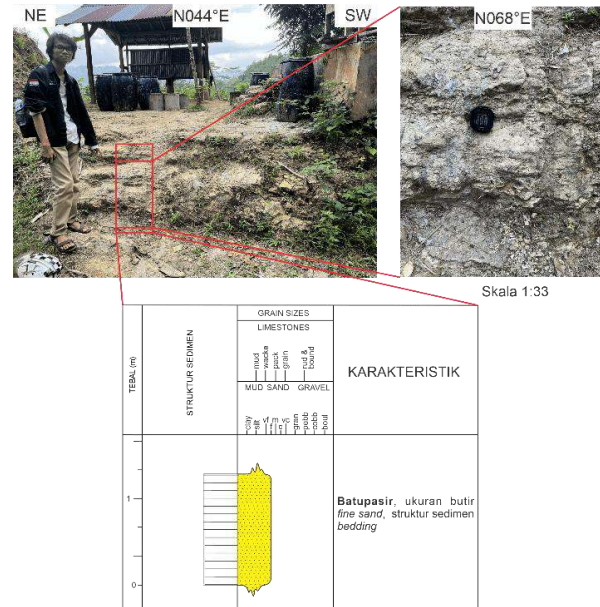


Gambar 3.2.1.4 Fosil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Bentonik LP 52 Formasi Rambatan (Tmr).

3.2.2 Formasi Halang

Formasi Halang (Tmph) merupakan yang berumur Miosen Akhir berdasarkan Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal [1]. Formasi ini disimbolkan dengan warna hijau tua pada Peta Geologi (Gambar 3.2.1) dan luas daerah penelitian mencakup 40% luas pada daerah penelitian. Pada formasi ini ditemukan litologi berupa perselingan batupasir dan batulempung, konglomerat tuffan dan batupasir andesit.

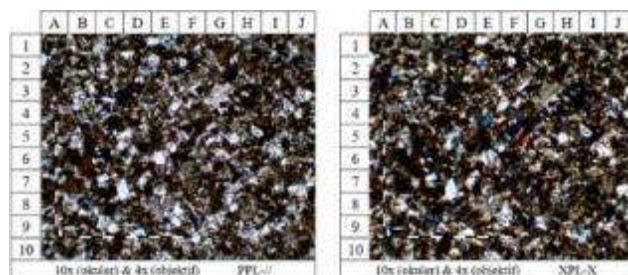
Satuan batupasir secara megaskopis memiliki warna lapuk coklat kehitaman dan warna segar abu - abu, derajat kebulatan *rounded*, ukuran butir *very fine sand* - *fine sand* (1/8 – 1/16 mm) berdasarkan skala Wentworth (1992), kemas tertutup, *well sorted*, kompak, struktur sedimen *bedding*, dan karbonatan. Terdapat fragmen kuarsa dan feldspar dengan matriks lempung dan semen kalsit (Gambar 3.2.2.1).



Gambar 3.2.2.1 Profil Batupasir Formasi Halang (Tmph).

Formasi Halang (Tmph) merupakan yang berumur Miosen Akhir yang disimbolkan dengan warna hijau tua pada Peta Geologi (Gambar 3.2.1) dan luas daerah penelitian mencakup 40% luas daerah penelitian. Pada formasi ini ditemukan litologi berupa perselingan batupasir dan batulempung, konglomerat tuffan dan batupasir andesit.

Berdasarkan kenampakan mikroskopis, sayatan tipis batuan sedimen silisiklastik dengan pembesaran 40x dengan warna *colourless* hingga kecoklatan pada kenampakan PPL dan warna interferensi putih orde I hingga biru muda orde III dengan nilai *birefringence* 0.006 – 0.053, memiliki ukuran butir 0.04 – 0.33 mm (*coarse silt – medium sand*), ukuran matriks 0.03 – 0.04 mm (*medium silt – coarse silt*), dan ukuran semen 0.04 – 0.22 mm (*coarse silt – fine sand*), kebulatan *sub angular – sub rounded*, kebulatan *low sphericity – high sphericity*, kemas terbuka (*matrix supported fabric*), sortasi baik (*well sorted*), kontak *point contact – long contact*, tipe porositas *intragranular*, terdiri dari butir berupa kuarsa, plagioklas, biotit, mineral opak, litik vulkanik, *skeletal grain* yang berupa foraminifera bentonik (*Cycloclypeus* sp.), muskovit, memiliki matriks berupa material organik, dan semen berupa mineral lempung dan semen mineral kalsit. (Gambar 3.2.2.2).



Gambar 3.2.2.2 Sayatan Tipis Batupasir Karbonatan Formasi Halang (Tmph).

Penamaan menggunakan klasifikasi batuan sedimen silisiklastik, yaitu Pettijohn (1975). Penamaan dengan melihat persentase nilai dari Kuarsa (25%), Feldspar (40,63%), dan Litik (34,37%) serta komposisi matriks (16%), dengan fitur khusus karbonatan, didapat penamaan batuanannya ialah *Calcareous Feldspathic Wacke*.

Pengamatan mikropaleontologi juga dilakukan untuk mendapatkan data umur relatif formasi beserta lingkungan pengendapannya. Analisis ini dilakukan dengan mengambil sampel batupasir karbonatan pada LP25 yang terletak di desa Cikakak. Berdasarkan hasil analisis didapatkan 5 fosil planktonik (Gambar 3.2.2.3) dan 5 fosil bentonik (Gambar 3.2.2.4).



UMUR	Eocene				Oligocene								Miocene								Pliocene				Pleistocene			
	early		late		early		late		early		late		early		late		early		late		early		late		early		late	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	aa	ab
Foraminifera Planktonik																												
1. <i>Globobulimina subcylindrica</i> (R)																												
2. <i>Globobulimina baltica</i> (A)																												
3. <i>Orbulina universa</i> (R)																												
4. <i>Globobulimina minutissima</i> (R)																												
5. <i>Globobulimina minutissima</i> (R)																												

Gambar 3.2.2.3 Fosil dan Penarikan Umur Foraminifera Planktonik LP 25 Formasi Halang (Tmph).

Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi batupasir karbonatan Formasi Halang adalah *Late Miocene* (N15 - N17) (Gambar 3.2.2.3). Berdasarkan 5 fosil bentonik yang telah ditentukan kedalamannya menurut Barker, (1960)

didapatkan lingkungan pengendapan batuan tersebut pada Batial Atas (796 m – 1156 m) (Gambar 3.2.2.4).



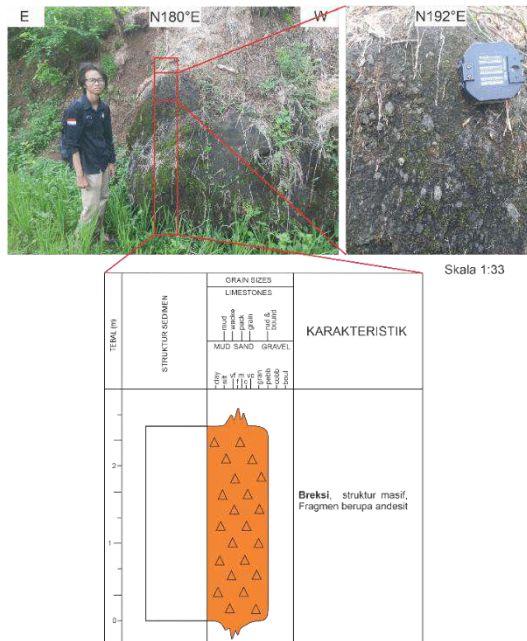
Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
Foraminifera Bentonik							
1. <i>Articulina mayori</i> (435 ft) (R)					*		
2. <i>Lugena aspera</i> (620 ft) (A)					*		
3. <i>Cyrtolites brachyatus</i> (580 ft) (C)					*		
4. <i>Elphidium orbiculare</i> (632 ft) (R)					*		
5. <i>Horosina globulifera</i> (630 ft) (R)					*		

Gambar 3.2.2.4 Fosil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Bentonik LP 25 Formasi Halang (Tmph).

3.2.3 Formasi Kumbang

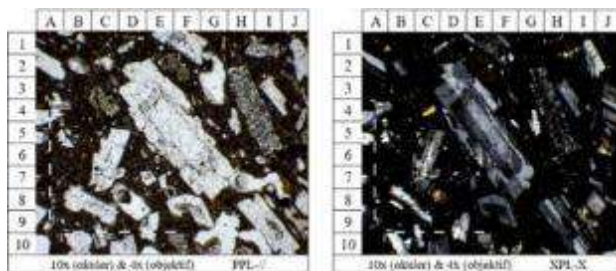
Formasi Kumbang (TmPk) merupakan formasi yang memiliki umur yang sama dengan Formasi Halang (Tmph) dan terendapkan secara menjari yang ditemui pada daerah penelitian, berumur Miosen Tengah berdasarkan Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal [1]. Formasi ini disimbolkan dengan warna jingga pada Peta Geologi (Gambar 3.2.1) dan luas daerah penelitian mencakup 20% luas daerah penelitian. Pada formasi ini ditemukan litologi berupa breksi dan tuff.

Pada satuan breksi secara megaskopis memiliki warna lapuk hitam, warna segar abu kecoklatan, kebundaran *angular - sub rounded*, berukuran *pebble - cobble* (4 - 256 mm) berdasarkan skala Wentworth (1992), dengan kemas terbuka, *very poorly sorted*, kompak, struktur masif, dan non - karbonatan. Fragmen berupa andesit dengan massa dasar berupa batupasir serta semen silika (Gambar 3.2.3.1).



Gambar 3.2.3.1 Profil Breksi Formasi Kumbang (TmPk).

Berdasarkan kenampakan mikroskopis, sayatan tipis batuan beku vulkanik dengan pembesaran 40x dengan warna *colourless* pada kenampakan PPL dan warna interferensi abu – abu hingga kuning pada orde I - II dengan nilai *birefringence* 0,003 – 0,013 tingkat kristalinitas *hipocrystalline*, ukuran kristal: fenokris 0,04 - 1,37 mm (*fine – medium crystalline*) dan massa dasar <0,004 (*cryptocrystalline*), bentuk kristal *euhedral*, granularitas *inequigranular*, hubungan antar kristal *idiomorphic*, memiliki tekstur khusus *zoning* dan *sieve*, dan terdiri dari mineral primer kuarsa, plagioklas, ortoklas, klinopiroksen, dan mineral opak dengan tambahan mineral sekunder serisit dengan massa dasar berupa gelas (Gambar 3.2.3.2).



Gambar 3.2.3.2 Sayatan Tipis Breksi Formasi Kumbang (TmPk).

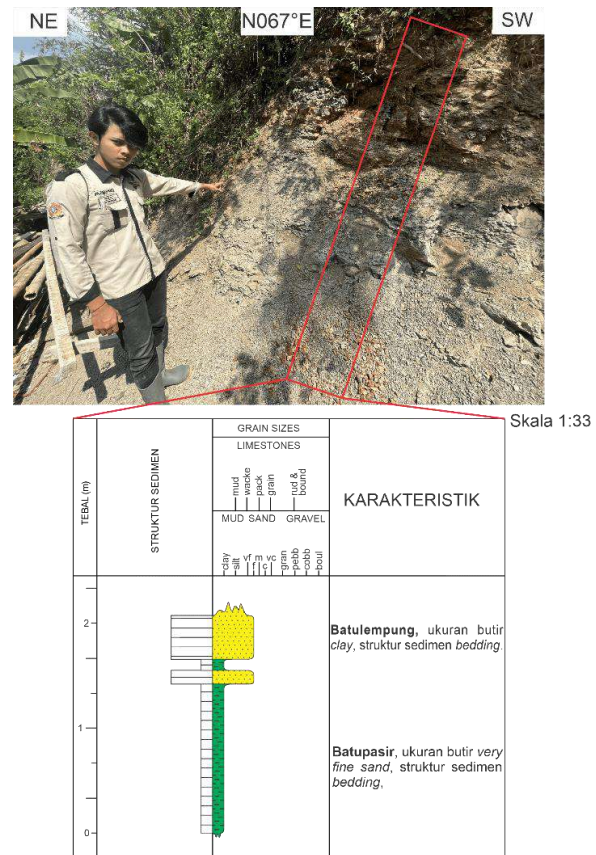
Untuk penamaan pada batuan menggunakan klasifikasi batuan sedimen vulkanik, yaitu Streckeisen, (1976); IUGS, (1989). Penamaan dengan melihat

persentase nilai dari Kuarsa (2%), Alkali Feldspar (4%), dan Plagioklas (40%) didapat penamaan batuan nya ialah *Andesite*.

3.2.4 Formasi Tapak

Formasi Tapak (Tpt) merupakan formasi tertua yang ditemui pada daerah penelitian, berumur Pliosen Awal – Pliosen Akhir. Formasi ini disimbolkan dengan warna kuning pada Peta Geologi (Gambar 3.2.1) dan luas daerah penelitian mencakup 20% luas pada daerah penelitian. Pada formasi ini ditemukan litologi berupa batupasir tuffan, batupasir, batulempung dan breksi.

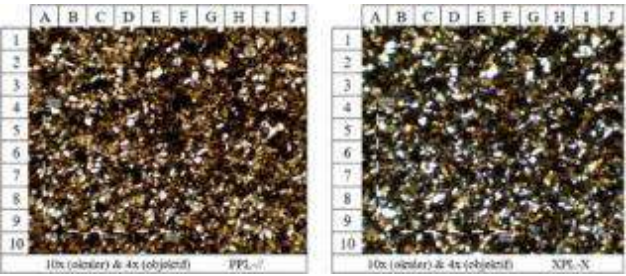
Pada batupasir secara megaskopis memiliki warna lapuk coklat tua, warna segar coklat muda. Ukuran butir *finessand* (1/8 – 1/2 mm) berdasarkan skala Wentworth (1992), memiliki kebundaran *rounded*, kemas tertutup, *very well sorted*, kompak, karbonatan, dengan struktur *bedding*. Fragmen kuarsa dengan matriks pasir halus dan semen silika (Gambar 3.2.4.1).



Gambar 3.2.4.1 Profil Batupasir Formasi Tapak.

Berdasarkan kenampakan mikroskopis, Sayatan tipis batuan sedimen silisiklastik dengan pembesaran 40x

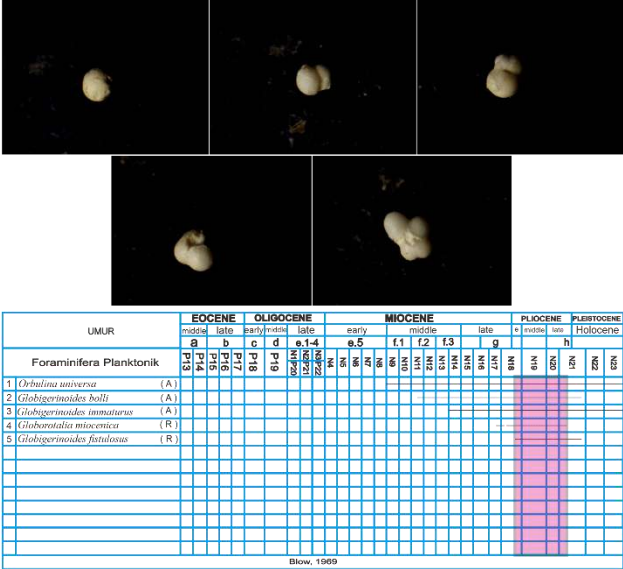
dengan warna *colourless* hingga kehitaman pada kenampakan PPL dan warna interferensi putih orde I hingga biru muda orde III dengan nilai *birefringence* 0.006 - 0.053, memiliki ukuran butir 0.04 – 0.24 mm (*coarse silt – fine sand*), matriks berukuran 0.02 – 0.03 mm (*medium silt*), dan semen berukuran 0.04 – 0.19 mm (*coarse silt – fine sand*), kebundaran *sub angular – rounded*, kebulatan *high sphericity*, kemas tertutup (*grain supported fabric*), sortasi baik (*well sorted*), kontak *point contact – long contact*, tipe porositas *intragranular*, terdiri dari butir berupa *skeletal grain* yang berupa fosil foraminifera planktonik (*Orbulina* sp.), kuarsa, plagioklas, mineral opak, dan litik vulkanik, matriks terdiri dari matriks mineral lempung dan semen terdiri dari semen mineral lempung dan mineral kalsit (Gambar 3.2.4.2)



Gambar 3.2.4.2 Sayatan Tipis Batupasir Formasi Tapak (Tpt).

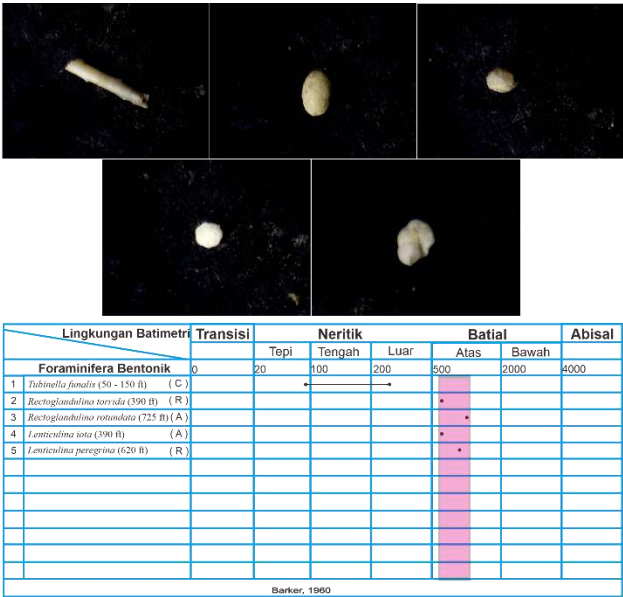
Untuk penamaan pada batuan menggunakan klasifikasi batuan sedimen silisiklastik, yaitu Pettijohn (1975). Penamaan dengan melihat persentase nilai dari Kuarsa (58,33%), Feldspar (25%), dan Litik (16,67%) serta komposisi matriks (18%), dengan fitur khusus karbonatan, didapat penamaan batumannya ialah *Calcareous Feldspathic Wacke*.

Pengamatan mikropaleontologi juga dilakukan untuk mendapatkan data umur relatif formasi beserta lingkungan pengendapannya. Analisis ini dilakukan dengan mengambil sampel batupasir karbonatan pada LP 103 yang terletak di Desa Paningkaban. Berdasarkan hasil analisis didapatkan 5 fosil planktonik (Gambar 3.2.4.3) dan 5 fosil bentonik (Gambar 3.2.4.4).



Gambar 3.2.4.3 Fosil dan Penarikan Umur Foraminifera Planktonik LP 103 Formasi Tapak (Tpt).

Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi batupasir karbonatan Formasi Tapak adalah *Early Pliocene – Late Pliocene* (N18 – N21) (Gambar 3.2.4.3). Berdasarkan 5 fosil bentonik yang telah ditentukan kedalaman nya menurut Barker, (1960) didapatkan lingkungan pengendapan batuan tersebut pada Batial Atas (713 - 1326 m) (Gambar 3.2.4.4).

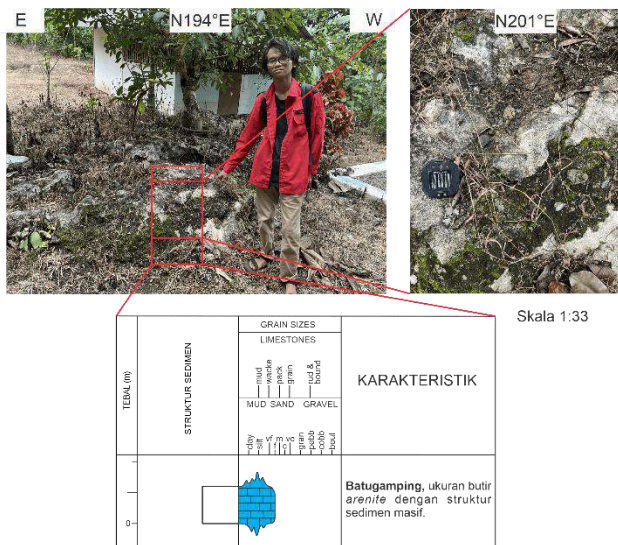


Gambar 3.2.4.4 Fosil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Bentonik LP 103 Formasi Tapak (Tpt).

3.2.5 Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl)

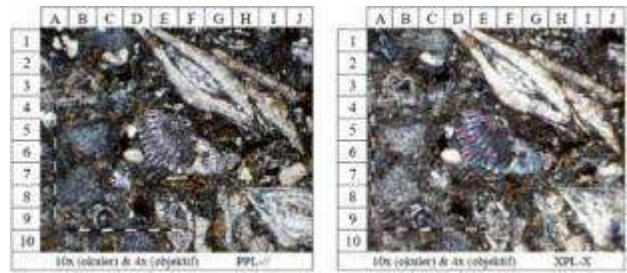
Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl) merupakan formasi yang ditemui berumur Pliosen Akhir. Formasi ini disimbolkan dengan warna biru pada Peta Geologi (Gambar 3.2.1) dan luas daerah penelitian mencakup 10% luas pada daerah penelitian. Pada formasi ini ditemukan litologi berupa batugamping klastik.

Pada satuan batugamping memiliki warna lapuk abu-abu tua, warna segar abu-abu muda, ukuran butir *arenite* (1/16 – 2 mm) berdasarkan skala Wentworth (1992,) dengan derajat pemilihan *well sorted* serta kebundaran *rounded* dengan struktur sedimen masif, kemas tertutup, dan karbonatan tinggi (Gambar 3.2.5.1).



Gambar 3.2.5.1 Profil Batugamping Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl).

Berdasarkan kenampakan mikroskopis, Sayatan tipis batuan sedimen karbonat dengan pembesaran 40x dengan warna abu – abu hingga kecoklatan pada kenampakan PPL dan warna interferensi putih orde I hingga biru muda kemerahan orde III dengan nilai 0.006 – 0.053, memiliki ukuran butir 0.17 – 2.01 (*fine arenite* – *fine rudite*), ukuran matriks 0.04 – 0.05 mm (*coarse lutite*), ukuran semen 0.02 – 0.17 mm (*very fine arenite* – *fine arenite*), kemas terbuka (*matrix supported fabric*), sortasi buruk (*poorly sorted*), hubungan antar butir *point contact* – *floating contact*, tipe porositas *intergranular* dan *intragranular*. Terdiri dari *skeletal grain* yang berupa fosil foraminifera planktonik (*Globorotalia* sp., *Globigerinoides* sp.) dan fosil foraminifera bentonik (*Amphistegina* sp., *Vulvulina* sp.), mikrit, sparit, kuarsa. (Gambar 3.2.5.2).



Gambar 3.2.5.2 Sayatan Tipis LP 33 Batugamping Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl).

Penamaan dengan melihat persentase kandungan *mud* dan komposisi *grain*-nya, pada sampel ini terdapat kandungan *mud* dan *grain* dengan lebih dominan *grain*, dimana terdapat *grain* berukuran besar <2 mm dengan persentase *grain* >10% dan batuan ini tergolong kedalam *grain supported fabric*, didapat penamaan batuanannya ialah *Rudstone* (Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971) dan *Packed Biomicrite* (Folk, 1962).

Analisis mikropaleontologi dilakukan dengan mengambil sampel batugamping pada LP 33 yang terletak pada Desa Karangkemojing. Berdasarkan hasil analisis didapatkan 5 fosil planktonik (Gambar 3.2.5.3) dan 5 fosil bentonik (Gambar 3.2.5.4).



UMUR	EOCENE		OLIGOCENE		MIOCENE										PLIOCENE		PLEISTOCENE	
	early	late	early	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle
Foraminifera Planktonik	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1. <i>Orbulina universa</i> (A)																		
2. <i>Globigerinoides imitator</i> (A)																		
3. <i>Globigerinoides bolli</i> (C)																		
4. <i>Globigerina neptunus</i> (R)																		
5. <i>Globigerina borealis</i> (C)																		

Gambar 3.2.5.3 Fosil dan Penarikan Umur Foraminifera Planktonik LP 33 Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl).

Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi batugamping Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl) adalah *Late Pliocene*

(N20) (Gambar 3.2.5.3). Berdasarkan 5 fosil bentonik yang telah ditentukan kedalamannya menurut Barker, (1960) didapatkan lingkungan pengendapan batuan tersebut pada Neritik Tepi - Neritik Tengah (37 – 183 m) (Gambar 3.2.5.4).

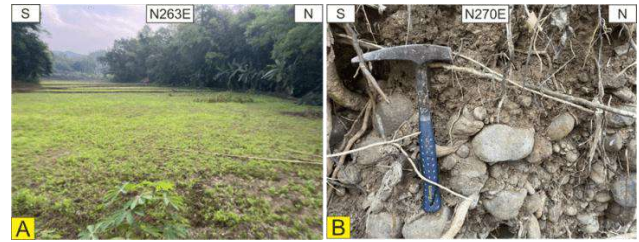
[illegible]

Gambar 3.2.5.4 Fosil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Bentonik LP 33 Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl).

3.2.6 Kwartir Aluvium (Qa)

Kuarter Aluvium (Qa) merupakan formasi termuda yang ditemui pada daerah penelitian, berumur Holosen berdasarkan Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal [1]. Formasi ini disimbolkan dengan warna abu - abu pada Peta Geologi (Gambar 3.2.1) dan luas pada daerah penelitian mencakup 4% luas daerah penelitian.

Endapan Aluvial di lokasi penelitian didominasi oleh material lepas sedimen dengan ukuran lempung, sehingga di lokasi penelitian tidak jarang ditemukan dataran aluvial yang sudah menjadi hamparan sawah yang luas, lahan pertanian, dan pemukiman penduduk, serta berbagai fasilitas umum seperti pasar dan terminal. Tak hanya itu, terdapat material lepas sedimen berbutir halus ditemukan juga endapan material sedimen yang belum terkompakkan (Gambar 3.2.6.1).



Gambar 3.2.6.1 Material lepas sedimen yang telah menjadi sawah (A), Material sedimen dengan ukuran lempung, pasir, dan bongkah berukuran *gravel* (*pebble – cobble*) (B).

3.3 Hubungan Stratigrafi

Formasi Rambatan merupakan formasi yang paling tua dengan umur Miosen Tengah, terdapat batupasir gampingan, perselingan batupasir gampingan dan batuserpih, batuserpih dengan sisipan batupasir gampingan. Pada pengamatan di lapangan Formasi ini memiliki struktur sedimen berupa *inverted graded bedding*, *parallel lamination*, *wavy lamination* dan *convolute bedding*. Formasi ini terendapkan pada lingkungan *submarine fan* tepatnya di *middle fan* (Walker, 1978). Hal ini selaras dengan analisis fosil yang telah dilakukan dan didapat lingkungan pengendapannya yaitu di Batial Atas.

Selanjutnya pada Miosen Akhir terendapkan Formasi Halang (Tmph) secara menjari dengan Formasi Kumbang (Tmpk). Formasi ini terendapkan pada lingkungan *submarine fan* tepatnya di *middle fan* (Walker, 1978). Hal ini selaras dengan analisis fosil yang telah dilakukan dan didapatkan fosil yang sama pada kedua formasi tersebut. Pada Formasi Halang (Tmph) terdapat *bouma sequence* yang mencirikan adanya arus turbidit. Pada pengamatan di lapangan formasi ini memiliki struktur sedimen berupa *bedding*, *parallel lamination*, *wavy lamination*. Selanjutnya Formasi Kumbang (Tmpk) yang secara lateral terendapkan bersamaan dengan Formasi Halang (Tmph). Formasi ini berisikan litologi piroklastik berupa breksi vulkanik, dan tuff. Sama seperti Formasi Halang (Tmph), Formasi Kumbang terendapkan pada *submarine fan* yaitu di *middle fan*. Pada Pliosen Awal terendapkan Formasi Tapak dengan litologi batupasir, batupasir tuffan, batulempung, dan breksi. Pada formasi ini juga terdapat arus turbidit ditandai dengan adanya struktur sedimen berupa *parallel lamination*, *wavy lamination*, dan *bedding*. Proses pengendapan Formasi Tapak (Tpt) terus berlanjut hingga Pliosen Akhir terendapkan formasi baru yaitu Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl).

Formasi ini berisikan litologi batugamping klastik. Kemudian terjadinya hiatus pengendapan selama Kala Pleistosen hingga Holosen terendapkan material – material lepas yang membentuk Kuartir Aluvium (Qa) (Gambar 3.3.1).

UMUR			LITOSTRATIGRAFI			
Masa	Zaman	Kala	Simbol	Satuan Batuan	Litologi	Lingkungan Pengendapan
Kenozoikum	Kuartir	Holosen	Qa	Kuartir Aluvium	Lumpur, Pasir, Kerikil, Koral	Darat
		Pleistosen				
	Pliosen	Akhir				
		Awal				
	Neogen	Akhir	Tpt	Anggola Batugamping Formasi Tapak	Batugamping Klastik	Fore Reef
		Tengah	Tpt	Formasi Tapak	Batu pasir, Batulumpur, Batu pasir Tuffan, Breksi	Submarine Fan (Upper - Middle Fan)
	Miosen	Awal				
		Akhir	Tmpk	Formasi Kumpang	Tuf dan Batu Volkanik	Submarine Fan (Upper - Middle Fan)
			Tmph	Formasi Halang	Batu pasir, Batulumpur, Batu pasir, Batu pasir Tuffan	Submarine Fan (Upper - Middle Fan)
		Tengah	Tmr	Formasi Rambatan	Batu pasir, Batu pasir gamping	Submarine Fan (Middle Fan)

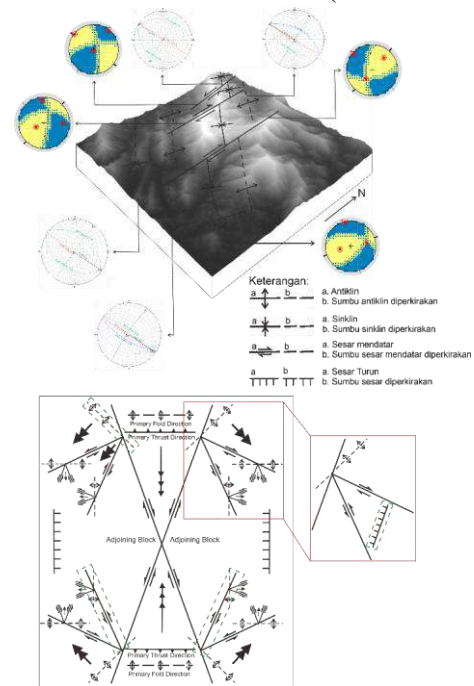
Gambar 3.3.1 Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian

3.4 Struktur Geologi

Secara regional, pada Kala Pliosen – Pleistosen terjadi aktivitas tektonik yang merupakan puncak kompresional Pulau Jawa sehingga menyebabkan adanya pensesaran dan pelipatan yang terjadi hingga pada daerah penelitian (Pulunggono & Martodjojo, 1994) [6]. Aktivitas tektonik yang terjadi pada daerah penelitian merupakan rezim kompresional berarah timur laut – barat daya. Aktivitas ini menyebabkan batuan mengalami pengangkatan dan membentuk struktur-struktur geologi berupa rangkaian lipatan, sesar turun dan sesar mendatar pada daerah penelitian.

Terdapat empat struktur lipatan di daerah penelitian, di antaranya Antiklin Karangkemojing, Antiklin Canduk, Sinklin Canduk, Sinklin Cirahab. Selain itu, terdapat empat sesar yang terdapat pada daerah penelitian, di antaranya Sesar Karangkemojing I, Sesar Karangkemojing II, Sesar Tipar Kidul, dan Sesar Cikakak. Struktur lipatan di lokasi penelitian mempunyai orientasi sumbu cenderung tenggara – barat laut. Adapun sesar turun yaitu Sesar Cikakak yang terbentuk di daerah penelitian juga memiliki orientasi yang berbeda, yaitu timur laut – barat daya. Sesar ini tegak lurus terhadap pola jurus perlapisan batuan yang terdapat di daerah penelitian, yang mana blok yang berada di bagian timur bergerak relatif turun terhadap blok di bagian barat. Selain sesar turun, terdapat tiga sesar mendatar pada lokasi penelitian yaitu Sesar Karangkemojing I, Sesar Karangkemojing II, dan Sesar Tipar Kidul. Sesar Karangkemojing I memiliki orientasi utara barat laut – selatan tenggara dengan

pergerakan *sinistral*. Sedangkan Sesar Karangkemojing II memiliki orientasi utara timur laut – selatan barat daya dengan pergerakan *dextral*. Kemudian Sesar Tipar Kidul memiliki orientasi utara – selatan dengan pergerakan *dextral* juga. Semua struktur pada daerah penelitian termasuk ke dalam struktur orde dua (Gambar 3.4.1).



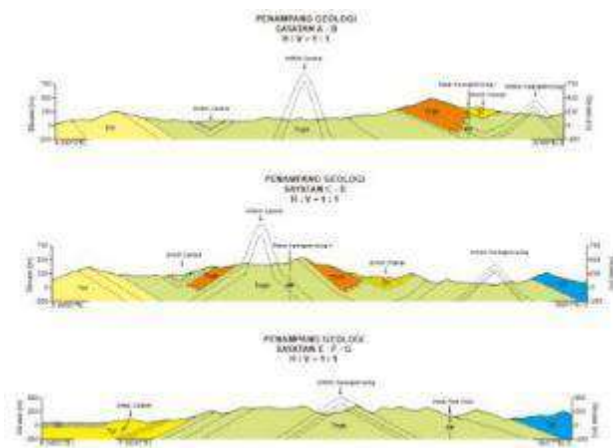
Gambar 3.4.1 Model Struktur Geologi Orde II Berdasarkan Konsep Moody dan Hill, (1956).

3.5 Interpretasi Geologi Bawah Permukaan

Berdasarkan hasil rekonstruksi penampang geologi pada sayatan A-B, C-D, E-F-G dengan skala 1:25.000, terdapat 8 struktur geologi di daerah penelitian, yaitu empat lipatan dan empat sesar. Hasil analisis stereonet, geometri lipatan di daerah penelitian umumnya memiliki kemiringan bidang sumbu yang cenderung vertikal dengan sudut penunjaman yang horizontal. Seluruh lipatan di daerah penelitian memiliki sudut penunjaman yang landai. Masing-masing sumbu lipatan memiliki orientasi sumbu yang relatif berarah barat laut - tenggara. Hal ini diinterpretasikan terjadi karena tegasan utama yang membentuk lipatan di daerah penelitian berasal dari arah timur laut – barat daya. Hasil analisis stereonet menunjukkan bahwa tegasan utama yang membentuk lipatan di daerah penelitian memiliki nilai *plunge* yang cenderung horizontal, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa lipatan di daerah penelitian dipengaruhi oleh aktivitas tektonik. Secara keseluruhan, di bagian utara daerah penelitian, sudut antar sayap (*interlimb angle*)

pada masing-masing lipatan relatif lebih terbuka (*gentle* dan *open*) dibandingkan lipatan di bagian selatan daerah penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa batuan yang terdapat di bagian selatan daerah penelitian terlipat lebih kuat dibandingkan batuan yang berada di bagian utara.

Daerah penelitian terdiri atas empat sesar. Sesar tersebut umumnya memiliki kemiringan bidang sesar yang relatif vertikal. Berdasarkan sifat pergeseran relatif sebenarnya, sesar yang terdapat di daerah penelitian terbagi menjadi dua jenis, yaitu sesar *strike-slip* dan sesar *dip-slip*. Sesar *strike-slip* pada daerah penelitian terbagi menjadi dua jenis pergerakan yaitu *sinistral* (mengiri) dan *dextral* (menganan). Sesar *sinistral* yaitu Sesar Karangemojing I dan sesar *dextral* yaitu Sesar Karangemojing II dan Sesar Tipar Kidul. Sesar – sesar ini cenderung membentuk *dip* yang cukup tegak. Kemudian sesar *dip-slip* pada daerah penelitian hanya ada satu jenis yaitu sesar normal (turun). Sesar normal ini yaitu Sesar Cikakak. Untuk menentukan seberapa besar pergeseran relatif pada sesar pada daerah penelitian, ditinjau dari segi *heave*, *throw*, dan *net slip* di lapangan. Dengan mengetahui nilai tersebut, kita dapat melihat seberapa jauh sesar itu bergeser pada penampang geologi (Gambar 3.5.1).



Gambar 3.5.1 Rekonstruksi penampang geologi sayatan A-B, C-D, E-F-G merujuk pada Gambar 3.2.1.

3.6 Sejarah Geologi

Pada kala Miosen Tengah, diendapkan Formasi Rambatan (Tmr) yang terdiri dari litologi berupa perselingan batupasir dan batulempung. Material sedimen di Formasi Rambatan diendapkan dengan mekanisme aliran gravitasi (*gravity flow*) pada sistem kipas laut dalam. Mekanisme aliran gravitasi tersebut menghasilkan arus turbid yang membawa material sedimen bervariasi,

mulai dari yang berukuran kasar hingga halus. Material kasar terbawa secara traksi sedangkan material yang berukuran halus terbawa secara suspensi. Proses ini menghasilkan suatu sekuen bouma.

Miosen Akhir. Formasi Halang terendapkan secara selaras di atas Formasi Rambatan dan terendapkan secara bersamaan dengan formasi yang lebih muda dari Formasi Halang ini yaitu Formasi Kumbang. Formasi Kumbang ini diendapkan dengan arus debris laut dalam tepatnya di *submarine fan* (*upper - middle fan*).

Pada Kala Pliosen terendapkan Formasi Tapak yang mana pada formasi ini terendapkan secara selaras di atas Formasi Halang. Formasi ini terendapkan karena adanya kenaikan muka air laut atau transgresi pada saat peralihan Pliosen Awal – Pliosen Tengah. Pada kala ini masuk ke dalam fase tenang dimana tidak adanya aktifitas tektonik dan vulkanik yang berlangsung. Pada Pliosen Awal hingga Pliosen Akhir dapat diinterpretasikan terjadinya regresi yang menyebabkan turunnya muka air laut sehingga material sedimen yang berasal dari fluvial terbawa ke arah laut. Maka dari itu, akomodasi material sedimen pada formasi ini didapatkan dari hasil regresi. Formasi Tapak ini terendapkan selaras dengan Formasi yang lebih tua, yaitu Formasi Halang dan Formasi Kumbang namun terendapkan secara bersamaan dengan formasi yang sedikit lebih muda dari Formasi Tapak ini, yaitu Anggota Batugamping Formasi Tapak. Pada kedua formasi ini terendapkan secara bersamaan dengan umur Pliosen Awal – Pliosen Akhir. Pada Pliosen Akhir terjadi lagi kenaikan muka air laut (transgresi) sehingga menyebabkan terbentuknya fasies menjari antara Formasi Tapak dan Anggota Batugamping Formasi Tapak.

Pada Kala Pliosen Akhir terjadi aktivitas tektonik berupa rezim kompresional dengan tegasan utama yang berarah timur laut – barat daya (NW-SE) (Martodjojo, 1994). Aktivitas ini menyebabkan terjadinya pengangkatan dan pembentukan struktur-struktur geologi berupa rangkaian lipatan (*fold train*). Rangkaian lipatan ini membentuk suatu antiklinorium dengan sumbu yang cenderung berarah tenggara – barat laut.

Pada Kala Pliosen Akhir - Pleistosen kondisi batuan mulai berubah menjadi lebih getas. Hal ini diinterpretasikan terjadi karena batuan yang terangkat mulai tersingkap di permukaan, sehingga batuan berada pada temperatur yang lebih rendah. Selain itu, pembentukan struktur lipatan juga membuat kondisi batuan menjadi lebih kompak. Temperatur di permukaan yang lebih rendah menyebabkan proses deformasi mulai berubah dari yang semula didominasi oleh *ductile*

deformation berubah menjadi *brittle deformation*. Sehingga pada tahap ini terbentuk sesar *dextral* dan *sinistral* dan sesar normal

Pada Kala Resen kondisi geologi di daerah penelitian digambarkan dengan kenampakan morfologi punggung lipatan hingga perbukitan denudasional. Pada fase ini proses erosional terus berlangsung, baik yang diakibatkan oleh pengaruh aliran sungai, kelerengan yang curam hingga pengaruh gravitasi. Proses ini digambarkan oleh adanya longsor hingga keberadaan endapan - endapan aluvium seperti terlihat pada saat ini.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisis data secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa sejarah geologi lokasi penelitian dibagi berdasarkan urutan waktu menjadi beberapa bagian meliputi Miosen Tengah menunjukkan pengendapan Formasi Rambatan pada lingkungan *submarine fan* dengan arus turbidit. Selanjutnya pada Miosen Akhir terendapkan secara bersamaan Formasi Halang dan Formasi Kumbang. Pengendapan kedua formasi tersebut terjadi longsor bawah laut yang membawa sebagian material vulkanik menuju *submarine fan*, sehingga menghasilkan breksi dengan fragmen andesit. Setelah seluruh proses pengendapan formasi telah selesai, maka pada kala Pliosen – Pleistosen menjadi puncak rezim reaktifasi dan proses tektonik yang menyebabkan keterbentukan struktur yang berada pada orde dua. Setelah semua formasi terendapkan dan mengalami deformasi, proses erosional terus berlangsung, baik yang diakibatkan oleh pengaruh aliran sungai, kelerengan yang curam, ataupun denudasional. Proses ini mengakibatkan perubahan morfologi pada daerah penelitian sehingga terbentuk morfologi yang terlihat seperti sekarang pada daerah penelitian.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada koordinator program studi teknik geologi atas arahan dan izin untuk mempublikasikan hasil pemetaan ini, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan dan penyelesaian *paper* ini. Tidak lupa, saya juga menyampaikan rasa terima kasih teruntuk seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses pengumpulan data, analisis, hingga penyusunan *paper* ini, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] A. Pulunggono dan Martodjojo, S. (1994). *Perubahan Tektonik Paleogen - Neogen Merupakan Peristiwa Terpending di Jawa*. Proceedings Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa: 37 – 50.
- [2] Barker. (1960). *Taxonomic Notes, The Special Publication No. 9 Society of Economic Paleontologist and Mineralogist*. Tulsa.
- [3] Blow. (1969). *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy*. Geneva: In: P.B. and H.H. Renz Editors.
- [4] Charlton, R. (2008). *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. USA: Routledge.
- [5] Dunham, J. R. (1962). *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*, in Ham, W. E. *Classification of Carbonate Rocks*: AAPG Memoir 1, p.108-121.
- [6] Folk, R.L., (1959), *Practical petrographic classification of limestones*: American Association of Petroleum Geologists Bulletin.
- [7] Huggett, R. J. (2011). *Fundamental of Geomorphology (3rd edition)*. USA and Canada: Routledge.
- [8] M. Djuri, H. Samodra, T.C. Amin, dan S. Gafoer, (1996). *Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [9] Moody, J. D. dan Hill M. J. (1956). *Wrench-Fault Tectonics*. Bulletin of the Geological Society of America vol. 67(1956), h. 1207-1246.
- [10] Pettijohn, F. J. (1975). *Sedimentary Rocks*. Harper and Row: New York, 3rd edition.
- [11] Schmid, R. (1981). *Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments*. Recommendations of IUGS Sub Commission on the Systematic of Igneous Rocks. Geology, 9, 41-43.
- [12] Shanmugam, G. dan Moiola, R.J. (1985). *Submarine fan models: Problems and solutions*. In: A.H. Bouma, W.R. Normark and N.E. Barnes (Editors), *Submarine Fans and Related Turbidite Systems*. Springer-Verlag, New York, N.Y., pp. 29-34. Society Malaysia Bulletin pp 43-64.
- [13] Streckeisen. (1991). *The IUGS Systematics of Igneous Rocks*. Journal of the Geological Society, Geological Society of London.
- [14] Sukendar, Asikin. (1974). *Evolusi Geologi Jawa Tengah dan Sekitarnya, Ditinjau Dari Segi Tektonik*. Bandung: Penerbit ITB.

- [15] Walker, R.G. (1978). *Deep-water Sandstone Facies and Ancient Submarine Fans: Models For Exploration For Stratigraphic Traps*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 62, hlm. 932–966.
- [16] Widyatmanti, W. I. (2016). *Identification of topographic elements composition based on landform boundaries from radar interferometry segmentation (preliminary study on digital landform mapping)*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 37(1).