

GEOLOGI DAERAH KEDUNGJATI DAN SEKITARNYA, KABUPATEN GROBOGAN, JAWA TENGAH

Rizky Rachmadi Pratomo¹, Edy Sutriyono¹ dan Ugi Kurnia Gusti^{1*}

¹Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

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

ABSTRAK: Daerah Kedungjati di Zona Kendeng memiliki sejarah geologi kompleks yang diakibatkan oleh adanya proses tektonik dan sedimentasi laut dalam yang membentuk variasi geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi. Penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi kondisi geologi dan memahami evolusi pengendapan dari Miosen hingga Pliosen. Metode penelitian ini meliputi pengamatan langsung di lapangan, pengamatan geomorfologi, pengamatan singkapan batuan, pengukuran struktur, pengukuran penampang stratigrafi, serta pengambilan conto batuan. Analisis laboratorium yang dilakukan yakni analisis petrografi berupa sayatan tipis batuan dan analisis mikropaleontologi untuk menentukan umur dan lingkungan pengendapan suatu batuan. Hasil penelitian menunjukkan enam satuan geomorfik utama: Punggungan Antiklin, Punggungan Sinklin, Perbukitan Rendah Denudasional Tererosi Lemah, Perbukitan Rendah Denudasional Tererosi Sedang, *Point Bar*, dan *Channel Irregular Meandering*; dan terdapat tiga formasi batuan (Formasi Kerek, Anggota Banyak Formasi Kalibeng, dan Formasi Kalibeng). Analisis fosil planktonik dan bentonik mengindikasikan rentang umur Miosen Tengah hingga Pliosen Akhir yang menunjukkan umur dan lingkungan pengendapan batuan di daerah penelitian. Struktur geologi di daerah penelitian, yakni berupa lipatan dan sesar berarah NW–SE menunjukkan pengaruh tektonik kompresional yang kuat. Oleh karena itu, pengamatan di lapangan dan interpretasi bawah permukaan bertujuan mengungkap evolusi geologi daerah penelitian dan dapat juga memberikan dasar penting untuk mitigasi bencana serta potensi geologi daerah penelitian dan sekitarnya.

Kata Kunci: Geomorfologi, Stratigrafi, Turbidit, Foraminifera, Sejarah Geologi

ABSTRACT: The Kedungjati area in the Kendeng Zone has a complex geological history resulting from tectonic processes and deep marine sedimentation that have shaped its geomorphology, stratigraphy, and geological structure. This study aims to reconstruct the geological conditions and understand the evolution of sedimentation from the Miocene to the Pliocene. The research methods included direct field observations, geomorphological observations, rock outcrop observations, structural measurements, stratigraphic cross-section measurements, and rock sampling in the field. Laboratory analyses were conducted, namely petrographic analysis of thin rock sections and micropaleontological analysis to determine the age and depositional environment of a rock. The results of the study show six main geomorphic units: Anticline Ridges, Syncline Ridges, Low Denudational Weakly Eroded Hills, Low Denudational Moderately Eroded Hills, Point Bars, and Irregular Meandering Channels. and there are also three rock formations (Kerek Formation, Kalibeng Formation Member, and Kalibeng Formation). Analysis of planktonic and benthic fossils indicates an age range from the Middle Miocene to the Late Pliocene, which shows the age and depositional environment of the rocks in the study area. The geological structures in the study area, namely NW–SE-trending folds and faults, indicate strong compressional tectonic influences. Therefore, field observations and subsurface interpretations aim to reveal the geological evolution of the study area and can also provide an important basis for disaster mitigation and evaluation of the geological potential of the study area and its surroundings.

Keywords : Geomorphology, Stratigraphy, Turbidites, Foraminifera, Geological History

1. Pendahuluan

Daerah Kedungjati di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, merupakan bagian dari Zona Kendeng yang aktif secara tektonik dan memiliki sejarah geologi yang

kompleks. Aktivitas subduksi Lempeng Indo-Australia menyebabkan terbentuknya lipatan, sesar, serta urutan stratigrafi dari lingkungan laut dalam hingga neritik [6][10]. Proses tektonik dan sedimentasi tersebut menghasilkan variasi geomorfologi, seperti punggungan

antiklin-sinklin, perbukitan denudasional, dan bentuk lahan fluvial yang mencerminkan interaksi antara struktur geologi, litologi, dan erosi [9][13][11][16]. Informasi geologi wilayah ini penting untuk memahami evolusi geologi regional, menilai potensi sumber daya, serta mendukung mitigasi bencana dan perencanaan tata ruang perkotaan.

Studi sebelumnya menjelaskan bahwa Zona Kendeng mengalami deformasi kompresional yang menghasilkan struktur lipatan dan sesar, disertai dengan pembentukan struktur sedimen dalam yang disebabkan oleh endapan turbidit [1][6]. Selain itu, aktivitas vulkanik juga menyebabkan adanya material tuf di daerah penelitian. Analisis fosil foraminifera planktonik dan bentos digunakan untuk menentukan usia dan lingkungan pengendapan, merujuk pada zonasi Blow [4] dan kedalaman batimetri menurut Barker [2].

Rekonstruksi sejarah geologi secara kronologis berdasarkan data pengamatan langsung di lapangan dan bawah permukaan belum dilakukan mendetail di wilayah ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi satuan geomorfik dan karakter litostratigrafi, (2) menganalisis struktur geologi dan keterkaitannya dengan bentang alam [9], (3) menentukan umur dan lingkungan pengendapan menggunakan analisis foraminifera dan petrografi [2][4][11], serta (4) merekonstruksi sejarah geologi dari Miosen hingga Pliosen berdasarkan kerangka evolusi Zona Kendeng [6]. Hasil penelitian diharapkan memberi kontribusi ilmiah dan menjadi dasar dalam evaluasi potensi geologi serta mitigasi bencana.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini bertujuan menggambarkan kondisi geologi berdasarkan data lapangan dan analisis laboratorium. Metode ini dipilih karena fokus penelitian bukan untuk menguji hipotesis eksperimental, tetapi untuk menginterpretasi hubungan antara geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi di daerah Kedungjati. Secara umum, penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama sebagai berikut:

2.1 Studi Pendahuluan

- Analisis peta geologi dan citra satelit
- Kajian literatur geologi regional Zona Kendeng
- Penentuan titik pengamatan lapangan

2.2 Observasi Lapangan

- Pemetaan bentuk lahan (morfografi, morfometri, morfogenesis)
- Pengamatan litologi dan struktur sedimen
- Pengukuran penampang stratigrafi
- Identifikasi dan pengukuran jurus–kemiringan lapisan
- Dokumentasi lipatan dan sesar
- Pengambilan sampel batuan dan fosil foraminifera

2.3 Analisis Laboratorium

- Analisis petrografi sayatan tipis batuan menggunakan mikroskop polarisasi
- Analisis fosil foraminifera planktonik (umur & lingkungan pengendapan) menggunakan mikroskop binokuler

2.4 Integrasi Data dan Interpretasi

- Penentuan satuan geomorfologi dan stratigrafi
- Analisis hubungan struktur geologi dengan bentang alam
- Penyusunan peta geologi daerah penelitian
- Rekonstruksi sejarah geologi secara kronologis

2.5 Penyusunan Laporan

Seluruh hasil dianalisis dan disusun dalam bentuk laporan ilmiah yang memuat interpretasi kondisi geologi secara menyeluruh.

3. Hasil dan Pembahasan

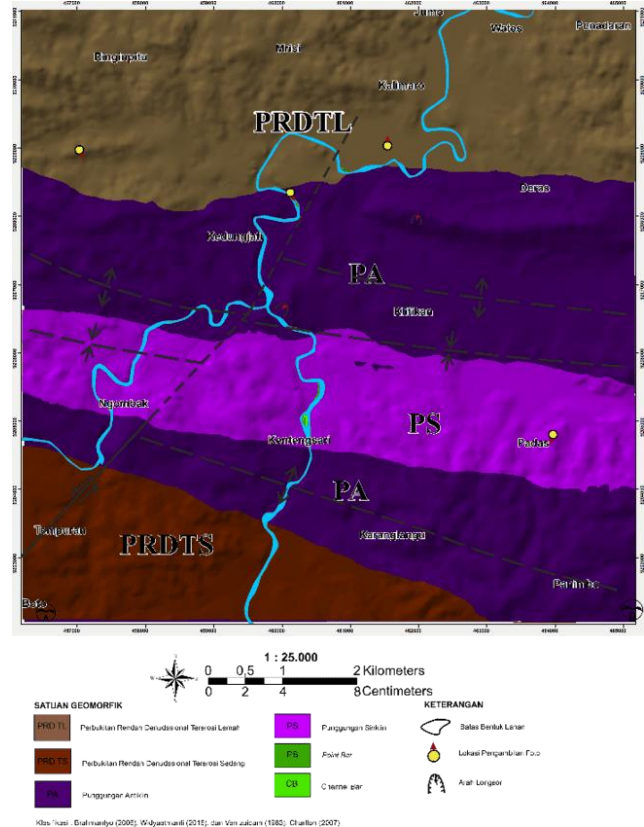
Bab ini menjelaskan hasil interpretasi seluruh rangkaian pengamatan di lapangan dan analisis laboratorium untuk memahami kondisi geologi daerah penelitian secara menyeluruh. Pengamatan dilakukan pada 101 lokasi pengamatan (LP) yang berisikan deskripsi geomorfologi, litologi, struktur geologi, dan stratigrafi yang kemudian digunakan sebagai dasar interpretasi evolusi geologi daerah penelitian. Lalu peneliti memilih beberapa sampel batuan yang paling representatif untuk dianalisis di laboratorium, menghasilkan lima (5) sayatan tipis batuan (*thin section*) petrografi guna mengidentifikasi komposisi mineral dan klasifikasi batuan sedimen berdasarkan Pettijohn [11]. Selain itu, dilakukan analisis paleontologi fosil foraminifera pada enam lokasi pengamatan, merujuk pada klasifikasi foraminifera

bentonik menurut Barker [2] dan penentuan umur fosil foraminifera planktonik menurut Blow [4].

3.1 Satuan Geomorfik

Daerah penelitian terdiri atas enam satuan geomorfik, yaitu Punggungan Antiklin (PA), Punggungan Sinklin (PS), Perbukitan Rendah Denudasional Tererosi Lemah (PRDTL), Perbukitan Rendah Denudasional Tererosi Sedang (PRDTS), *Point Bar* (PB), dan *Channel Irregular Meandering* (CIM) [14] (Gambar 1). Punggungan Antiklin dan Sinklin mencerminkan pengaruh struktur geologi karena terbentuk akibat aktivitas tektonik kompresional yang menghasilkan lipatan berarah timur laut-barat daya [6], dimana antiklin muncul sebagai punggungan yang lebih tinggi dan sinklin sebagai bentuk lahan yang lebih rendah. Perbedaan morfologi pada kedua satuan ini juga dipengaruhi oleh litologi penyusunnya dan tingkat erosi, sebab batuan yang lebih resisten membentuk relief lebih tinggi [9]. Satuan perbukitan denudasional menunjukkan dominasi proses pelapukan dan erosi, dengan PRDTL memiliki relief halus dan lereng landai, sedangkan PRDTS mengalami erosi lebih intensif sehingga menghasilkan lereng lebih curam [11]. Di bagian topografi rendah, bentuk lahan fluvial seperti *Point Bar* terbentuk akibat sedimentasi lateral di sisi dalam meander sungai, sedangkan *Channel Irregular Meandering* menunjukkan dinamika aliran sungai yang dipengaruhi variasi litologi dasar, debit air, dan kemiringan lereng [5]. Kombinasi bentuk lahan struktural, denudasional, dan fluvial ini memperlihatkan keterkaitan erat antara tektonik,

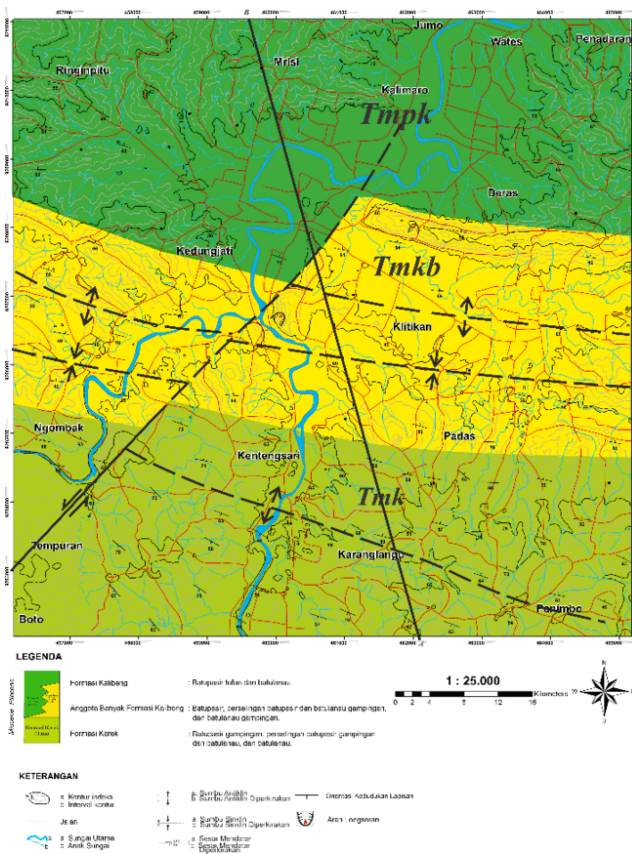
litologi, dan proses geomorfologi dalam pembentukan bentang alam daerah penelitian [13].



Gambar 1. Peta Geomorfologi

3.2 Stratigrafi

Stratigrafi wilayah penelitian memiliki karakteristik litostratigrafi yang meliputi jenis batuan, komponen, kondisi, dan kenampakan fisik batuan yang diamati pada singkapan di lapangan. Data stratigrafi dikumpulkan dari 101 lokasi pengamatan yang mencakup informasi tentang litologi, paleontologi, dan petrografi. Data ini kemudian disusun dalam tabel lapangan, dimodelkan dalam peta lintasan, dan menjadi dasar untuk pembuatan peta geologi wilayah penelitian (Gambar 2). Batas stratigrafi ditetapkan berdasarkan kesamaan jenis batuan, dengan mengacu pada kenampakan fisik dan analisis petrografi. Selanjutnya, penentuan umur batuan dan lingkungan pengendapan dilakukan melalui analisis paleontologi, serta dengan mempertimbangkan kondisi regional dan hasil penelitian sebelumnya.

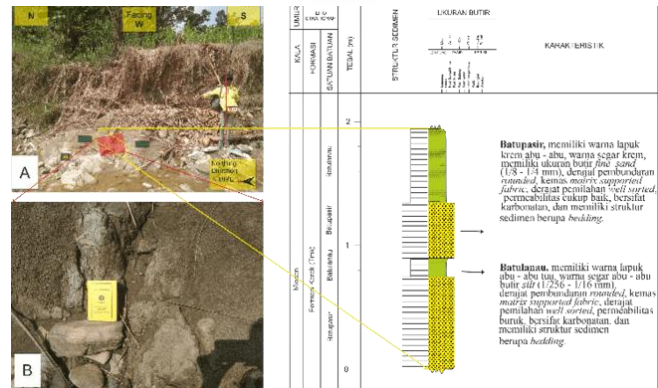


Gambar 2. Peta Geologi Daerah Kedungjati dan sekitarnya

3.2.1. Formasi Kerek (Tmk)

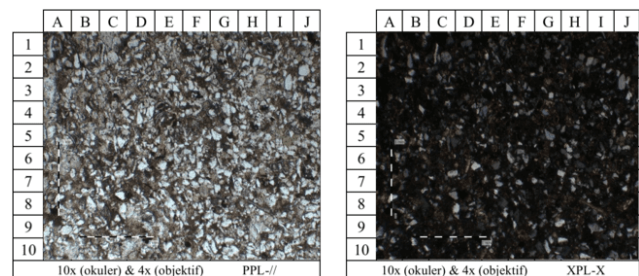
3.2.1.1 Satuan Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk)

Batupasir karbonatan pada Formasi Kerek (Tmk) diendapkan pada Miosen Akhir dalam lingkungan laut dalam (batial) melalui mekanisme arus turbidit. Litologi ini tersusun atas perselingan batupasir gampingan dan batulanau, foraminifera planktonik, butiran kuarsa, dan fragmen batuan lainnya yang terikat oleh semen kalsit, sehingga bersifat kompak dan menunjukkan karakter karbonatan. Struktur sedimen yang tampak berupa sekuen Bouma dan perlapisan (graded bedding) mencerminkan penghalusan butir ke arah atas sebagai ciri khas endapan turbidit (Gambar 3). Keberadaan struktur ini menguatkan bahwa material berasal dari lingkungan lebih dangkal dan diendapkan secara gravitasi ke laut dalam melalui aliran turbidit [1][4].



Gambar 3. Profil dan Foto singkapan Lokasi Pengamatan/LP 23 UTM 460137 9203820, Singkapan jarak jauh (A), dan foto jarak dekat (B) Perselingan Batupasir Gampingan dan Batulanau Formasi Kerek (Tmk)

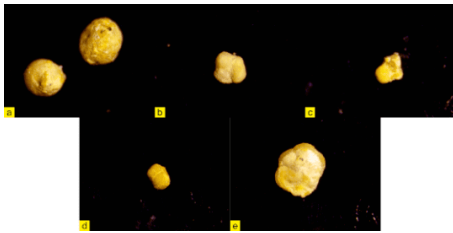
Pengamatan mikroskopis melalui sayatan tipis pada Batupasir LP23 dengan perbesaran 40x menunjukkan warna krem kecoklatan pada PPL dan warna interferensi abu-abu kehitaman pada XPL yang dapat dilihat pada Gambar 4. Ukuran butir berkisar 0,1–1,5 mm dengan matriks sekitar 0,02 mm dan semen 0,01–0,02 mm. Derajat kebundaran termasuk sub-rounded, low sphericity, memiliki grain supported fabric, dan tingkat sortasi moderately sorted. Hubungan antar butir berupa floating contact dengan tipe porositas intercorpucules. Komposisi mineral penyusun meliputi fragmen skeletal grain, kuarsa, plagioklas, ortoklas, litik, glaukonit, dan semen berupa lempung (clay). Berdasarkan komposisi mineral dan hasil penarikan persentase mineral, batupasir ini diklasifikasikan sebagai calcareous subarkose menurut Pettijohn [11].



Gambar 4. Foto Mikrograf Batupasir Formasi Kerek (Tmk) LP23 (skeletal grain: G4, kuarsa: J2, plagioclase: G10, orthoclase: E10, lithic: F4, glaukonit: I5, dan clay: E8).

Analisis mikropaleontologi dilakukan pada sampel batupasir karbonatan dari lokasi LP18 di Desa Karanglangu untuk menentukan umur dan lingkungan

pengendapan. Hasil pengamatan menunjukkan keberadaan lima jenis foraminifera planktonik (*Orbulina universa*, *Globorotalia siakensis*, *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinoides trilobus*, dan *Globorotalia miocenica*) pada Gambar 5 serta lima jenis foraminifera bentonik (*Alveolophragmium scitulum*, *Pyrgoella sphaera*, *Vaginulina americana*, *Dentalina subsoluta*, dan *Reophax nodulosus*) pada Gambar 6. Asosiasi fosil tersebut menunjukkan bahwa Formasi Kerek berumur Miosen Tengah berdasarkan zonasi planktonik Blow [4] dan kedalaman batimetri foraminifera bentonik menurut Barker [2], sehingga diinterpretasikan diendapkan pada lingkungan laut dalam, yaitu zona batial atas hingga batial bawah.



Gambar 5. Fossil Foraminifera Planktonik Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk): (A) *Orbulina universa*, (B) *Globorotalia siakensis*, (C) *Globigerinoides immaturus*, (D) *Globigerinoides trilobus*, dan (E) *Globorotalia miocenica*

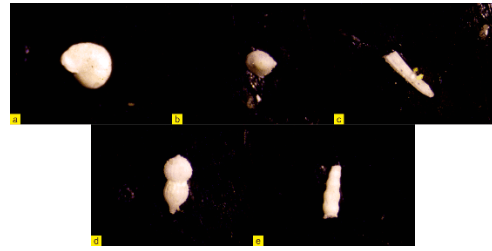
Tabel 1. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan planktonik pada litologi Batupasir Gampingan LP18 [4]

UMUR	EOCENE		OLIGOCENE		MIOCENE										PLIOCENE		PLEISTOCENE	
	early	late	early	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	late
Foraminifera Planktonik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 <i>Orbulina universa</i> (A)																		
2 <i>Globorotalia siakensis</i> (B)																		
3 <i>Globigerinoides immaturus</i> (C)																		
4 <i>Globigerinoides trilobus</i> (D)																		
5 <i>Globorotalia miocenica</i> (E)																		

Blow, 1969

Penentuan umur relatif batuan didasarkan pada rentang keberadaan fosil, yaitu kemunculan pertama dan kepunahan terakhir. Berdasarkan hasil analisis, fosil yang muncul paling akhir adalah *Globigerinoides immaturus*, sedangkan fosil yang punah paling awal adalah *Globorotalia siakensis*, keduanya menunjukkan rentang umur N14 (Miosen Tengah). Dengan demikian, litologi

Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk) ditetapkan berumur Miosen Tengah (N14) (Tabel 1).



Gambar 6. Fossil Foraminifera Planktonik Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk): (A) *Orbulina universa*, (B) *Globorotalia siakensis*, (C) *Globigerinoides immaturus*, (D) *Globigerinoides trilobus*, dan (E) *Globorotalia miocenica*

Tabel 2. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan planktonik pada litologi Batupasir Gampingan LP18 [3]

Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
Foraminifera Bentonik	1	20	100	200	500	2000	4000
1 <i>Alveolophragmium scitulum</i> (342 ft) (R)							
2 <i>Pyrgoella sphaera</i> (2050 ft) (R)							
3 <i>Vaginulina americana</i> (190 ft) (R)							
4 <i>Dentalina subsoluta</i> (450 ft) (R)							
5 <i>Reophax nodulosus</i> (1900 ft) (C)							

Barker, 1960

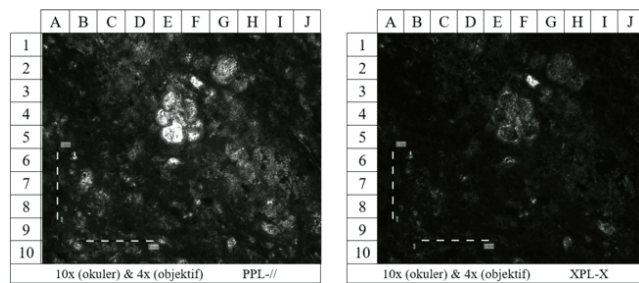
Lingkungan pengendapan ditentukan berdasarkan kedalaman sebaran fosil bentonik dengan acuan zona dari paling dangkal hingga terdalam. Berdasarkan lima fosil bentonik dan kedalaman menurut Barker [2], Batupasir Gampingan Formasi Kerek berada pada lingkungan batial atas hingga batial bawah (Tabel 2).

3.2.1.2. Satuan Batulanau Formasi Kerek (Tmk)

Satuan batulanau Formasi Kerek (Tmk) memiliki ketebalan bervariasi dengan warna lapuk abu-abu tua dan segar abu-abu muda, tersusun dominan oleh mineral lempung dan lanau berukuran silt. Analisis petrografi pada sampel LP23 (40x) menunjukkan warna coklat kehitaman (PPL) dan abu-abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0,3–1 mm, matriks 0,01–0,05 mm, semen 0,01–0,02 mm, kebundaran *sub-rounded*, *low sphericity*, *fabric matrix supported*, *moderately sorted*, kontak butir *floating* dan *point*, serta porositas *intercorpucules* (Gambar 7). Mineral penyusun terdiri atas fragmen skeletal, kuarsa, dan *clay* sebagai matriks serta semen. Berdasarkan komposisi

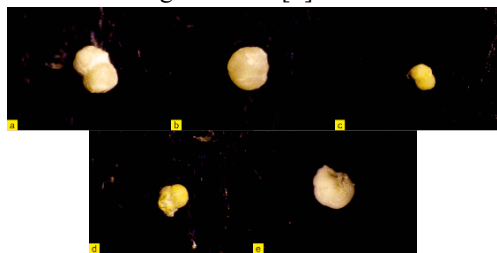
Seminar Nasional AVoER 17 Palembang, 5 – 6 November 2025

mineral dan persentase butir, batuan ini diklasifikasikan sebagai *calcareous mudrock* menurut Pettijohn [11].



Gambar 7. Foto Mikrograf Batulanau Formasi Kerek (Tmk) LP23 (skeletal grain: E4, kuarsa: F3, plagioclase: G10, clay: E8 dan F5).

Analisis foraminifera pada sampel batulanau Formasi Kerek di LP18A menemukan beberapa spesies planktonik seperti *Globigerinoides immaturus*, *Globorotalia mayeri*, *Globigerinoides trilobus*, *Sphaeroidinellopsis paenedehiscens*, dan *Globorotalia scitula* (Gambar 8). Data fosil ini digunakan untuk menentukan umur relatif Formasi Kerek dengan mengacu pada zonasi biostratigrafi Blow [4].



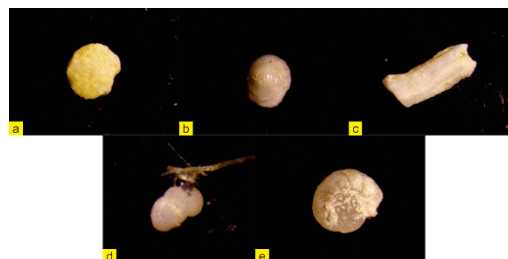
Gambar 8. Fosil Foraminifera Planktonik Batulanau Formasi Kerek (Tmk): (A) *Globigerinoides immaturus*, (B) *Globorotalia mayeri*, (C) *Globigerinoides trilobus*, (D) *Sphaeroidinellopsis paenedehiscens*, dan (E) *Globorotalia scitula*.

Tabel 3. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan planktonik pada litologi Batupasir Gampingan LP18A [4]

UMUR	EOCENE		OLIGOCENE		MIOCENE										PLIOCENE		PLEISTOCENE	
	moda	late	early	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle
Foraminifera Planktonik																		
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2																		
3																		
4																		
5																		

Blow, 1969

Penentuan umur relatif dilakukan berdasarkan rentang keberadaan fosil. Fosil yang muncul paling akhir adalah *Globigerinoides immaturus*, sedangkan fosil yang punah paling awal adalah *Globorotalia mayeri*, keduanya menunjukkan zona N14 (Miosen Tengah). Dengan demikian, litologi Batulanau Formasi Kerek (Tmk) ditafsirkan berumur Miosen Tengah (N14) (Tabel 3).



Gambar 9. Fosil Foraminifera Bentonik Batulanau Formasi Kerek (Tmk): (A) *Elphidium orbiculare*, (B) *Lenticulina convergens*, (C) *Psammosiphonella discreta*, (D) *Lenticulina peregrina*, dan (E) *Anomalina globulosa*.

Tabel 4. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil bentonik pada litologi Batulanau LP18A [3]

Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
Foraminifera Bentonik	0	20	100	200	500	2000	4000
1							
2							
3							
4							
5							

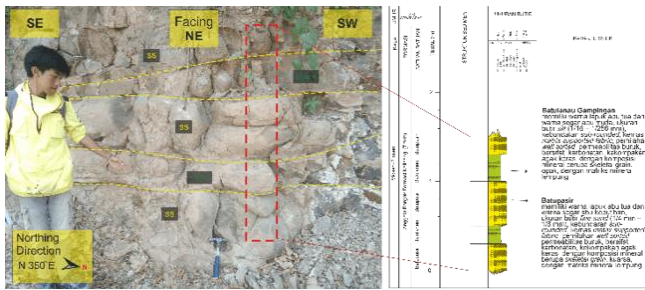
Barker, 1960

Lingkungan pengendapan ditentukan berdasarkan kedalaman sebaran fosil bentonik (Gambar 9) dari zona paling dangkal hingga terdalam. Berdasarkan lima fosil bentonik dan kedalaman menurut Barker [3], Batulanau Formasi Kerek berada pada lingkungan batial atas hingga batial bawah (Tabel 4).

3.2.2. Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb)

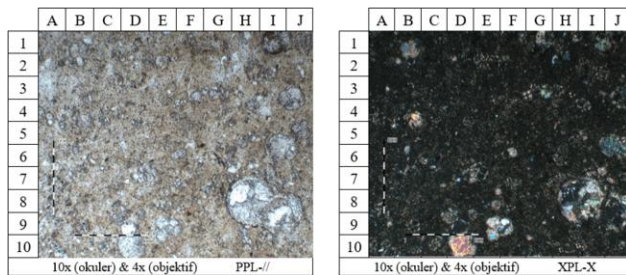
3.2.2.1 Satuan Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb)

Batupasir ini menunjukkan struktur sedimen khas turbidit berupa *Bouma sequence* dan *graded bedding*, di mana ukuran butir menghalus ke arah atas (Gambar 10). Kehadiran struktur ini menjadi bukti pengendapan oleh arus turbidit yang membawa material dari lingkungan dangkal ke laut dalam.



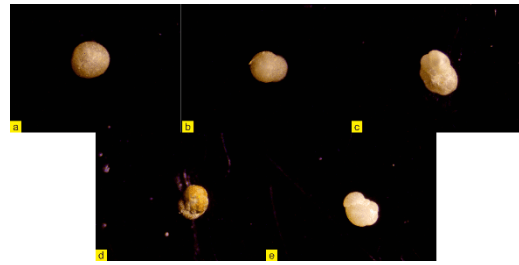
Gambar 10. Profil dan Foto singkapan Lokasi Pengamatan/LP 76 UTM 460137 9203820, Singkapan jarak jauh Perselingan Batupasir dan Batulanau Gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb)

Sayatan tipis Batupasir LP76 (40x) menunjukkan warna krem kecoklatan (PPL) dan abu-abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0,1–2 mm, matriks 0,02–0,05 mm, semen 0,01–0,02 mm, kebundaran *sub-rounded*, *low sphericity*, *fabric matrix supported*, *moderately sorted*, kontak butir *floating-point*, dan porositas *intercorpucules* (Gambar 11). Komposisi terdiri atas *skeletal grain*, *lithic*, matriks mikro-kuarsa dan *clay* serta semen *clay*. Berdasarkan komposisi dan persentase mineral, batuan diklasifikasikan sebagai *Calcareous Lithic Wacke* menurut Pettijohn [11].



Gambar 11. Foto Mikrograf Batulanau Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) LP76 (skeletal grain: B1, I1, J3, J5, H8 dan D10, lithic: G1, mikro - kuarsa: D7, Clay: E5 dan G8).

Analisis foraminifera pada sampel batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng di LP80 menemukan beberapa spesies planktonik seperti *Orbulina universa*, *Orbulina bilobata*, *Globorotalia plesiotumida*, *Globigerinoides trilobus*, dan *Globigerina venezuelana* (Gambar 12). Data fosil ini digunakan untuk menentukan umur relatif formasi dengan mengacu pada zonasi biostratigrafi Blow [4].



Gambar 12. Fosil Foraminifera Planktonik Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb): (A) *Orbulina universa*, (B) *Orbulina bilobata*, (C) *Globorotalia plesiotumida*, (D) *Globigerinoides trilobus*, dan (E) *Globigerina venezuelana*.

Tabel 5. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan planktonik pada litologi Batupasir Gampingan LP80 [4]

UMUR	EOCENE		OLIGOCENE		MIOCENE										PLIOCENE		PLEISTOCENE	
	sub-late	late	early	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	early	middle
Foraminifera Planktonik																		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

Penentuan umur relatif dilakukan berdasarkan rentang keberadaan fosil. Fosil yang muncul paling akhir adalah *Globorotalia plesiotumida* (N17, Miosen Akhir), sedangkan fosil yang punah paling awal adalah *Globigerina venezuelana* (N19, Pliosen Tengah). Dengan demikian, Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) ditafsirkan berumur Miosen Akhir hingga Pliosen Tengah (N17–N19) (Tabel 5).

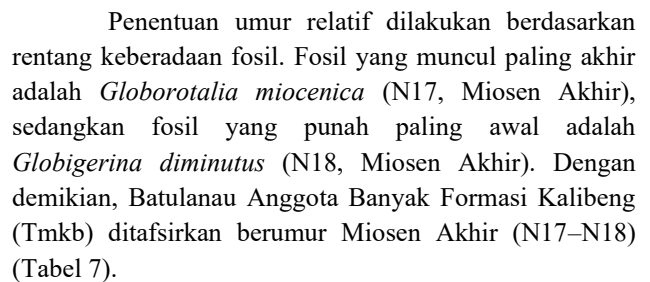


Gambar 13. Fosil Foraminifera Bentonik Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb): (A) *Pyrgoella sphaera*, (B) *Elphidium orbiculare*, (C) *Reophax nodulosus*, (D) *Dentalina subemaciata*, dan (E) *Alveolophragmium scitulum*.

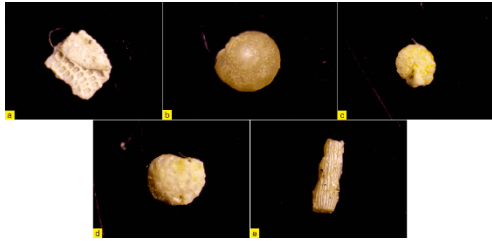
Analisis foraminifera pada sampel batulanau gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng di LP80A menemukan beberapa spesies planktonik seperti *Globigerinoides diminutus*, *Orbulina universa*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Globorotalia miocenica*, dan *Globoquadrina dehiscens* (Gambar 15). Data fosil ini digunakan untuk menentukan umur relatif satuan batuan dengan mengacu pada zonasi biostratigrafi Blow [4].

Gambar 15. Fosil Foraminifera Bentonik Batulanau gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb): (A) *Globigerinoides diminutus*, (B) *Orbulina universa*, (C) *Sphaeroidinellopsis seminulina*, (D) *Globorotalia miocenica*, dan (E) *Globoquadrina dehiscens*.

Tabel 7. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil planktonik pada litologi Batulanau gampingan LP80A [4]

[illegible]

837



Gambar 16. Fossil Foraminifera Bentonik Batulanau gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng(Tmkb): (A) *Discospirina tenuissima*, (B) *Siphonina bradyana*, (C) *Aplophragmoides coronatum*, (D) *Lenticulina convergens*, dan (E) *Reophax nodulosus*

Tabel 8. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil bentonik pada litologi Batupasir LP80A [3].

Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
Foraminifera Bentonik	0	Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	4000
1 <i>Discospirina tenuissima</i> (890-2187 B) (R)		20	100	200	500	2000	4000
2 <i>Siphonina bradyana</i> (1990 B) (R)							
3 <i>Aplophragmoides coronatum</i> (675 B) (R)							
4 <i>Lenticulina convergens</i> (1350 B) (C)							
5 <i>Reophax nodulosus</i> (1900 B) (R)							

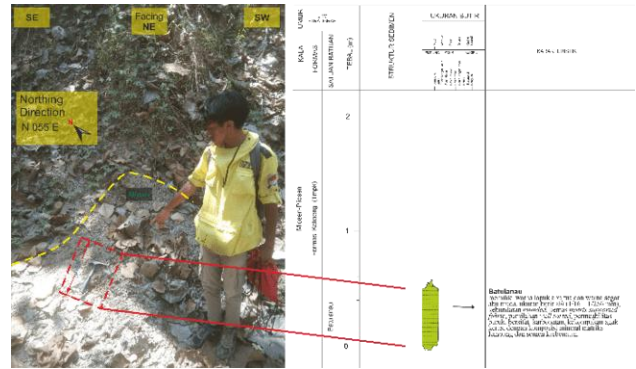
Barker, 1960

Penentuan lingkungan pengendapan batuan berdasarkan kedalaman fosil bentonik mengikuti patokan dari kedalaman paling dangkal hingga paling dalam. Berdasarkan lima fosil bentonik (Gambar 16), lingkungan batimetri Batulanau gampingan, Anggota Banyak, Formasi Kalibeng berada pada Batial Atas–Batial Bawah [2].

3.2.3 Fomasi Kalibeng (TmPk)

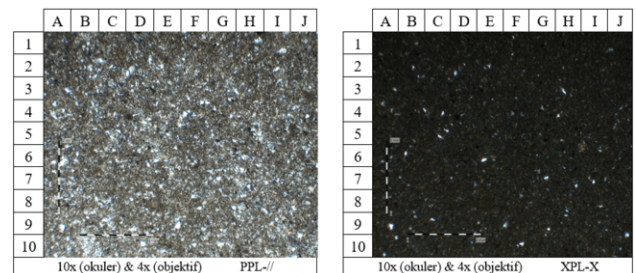
3.2.3.1 Satuan Batulanau Gampingan Formasi Kalibeng (Tmkb)

Satuan Batulanau, Formasi Kalibeng (TmPk), memiliki ketebalan bervariasi dan litologi khas berupa batuan berwarna abu-abu tua hingga abu-abu muda, tersusun dominan dari lempung dan lanau dengan butir *silt* (1/256–1/16 mm) (Gambar 17). Struktur perlapisan (*bedding*) yang baik menunjukkan pengendapan di laut tenang dan dalam, dengan material halus yang sebagian berasal dari aktivitas vulkanik daratan sebagaimana dijelaskan dalam klasifikasi batuan sedimen oleh Pettijohn [11].



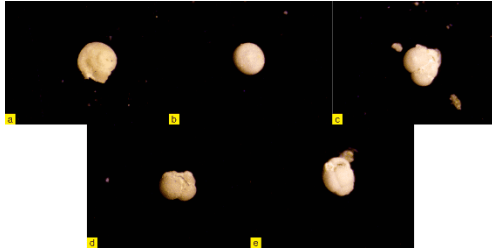
Gambar 17. Profil dan Foto singkapan Lokasi Pengamatan/LP 62 UTM 460137 9203820, Singkapan jarak jauh Batulanau Formasi Kalibeng (TmPk)

Pengamatan mikroskopis Batulanau LP62 pada perbesaran 40× menunjukkan warna krem (PPL) dan abu-kehitaman (XPL), butir 0,1 mm dengan matriks 0,02–0,05 mm dan semen 0,01–0,02 mm (Gambar 18). Batuan berbutir bulat hingga sangat bulat, tersusun *matrix-supported*, *well sorted*, dengan hubungan antar butir *floating* dan *point contact*, porositas *intercorpucules*, tersusun dari *skeletal grain*, matriks mikrokuarsa dan lempung, serta semen silika. Berdasarkan komposisi mineral, batuan diklasifikasikan sebagai *calcareous mudrock* menurut Pettijohn [11].



Gambar 18. Foto Mikrograf Batulanau Formasi Kalibeng (Tmkb) LP62 (skeletal grain: I2, mikro - kuarsa: H7, clay: E8, Silika).

Analisis foraminifera pada sampel Batulanau Formasi Kalibeng di LP56 menghasilkan fosil planktonik seperti *Globorotalia pseudomiocenica*, *Orbulina universa*, *Sphaeroidinella dehiscens*, *Globigerinoides trilobus*, dan *Globorotalia tumida* (Gambar 19). Penentuan umur relatif sampel dilakukan berdasarkan fosil tersebut, merujuk pada Blow (1969) [4].



Gambar 19. Fossil Foraminifera Bentonik Batulanau gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb): (A) *Globorotalia pseudomiocenica*, (B) *Orbulina universa*, (C) *Sphaeroidinella dehiscens*, (D) *Globigerinoides trilobus*, dan (E) *Globorotalia tumida*.

Tabel 8. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil planktonik pada litologi Batulanau LP56 [4]

No. Sampel Batuan/Formasi : LP 56/ Formasi Kalibeng		Jenis Batuan : Sedimen	
Lokasi : Desa Ringin Pitu		Kisaran Umur : Late Miocene (N17) -late Pliocene (N20)	
Batuan : Batulanau		Dianalisa Oleh : Rizky Rachmadi Pratomo	
UMUR	Eocene		Miocene
	early	late	
Foraminifera Planktonik	a	b	c
	P16	P17	P18
1. <i>Globorotalia pseudomiocenica</i> (A)			
2. <i>Orbulina universa</i> (A)			
3. <i>Sphaeroidinella dehiscens</i> (A)			
4. <i>Globigerinoides trilobus</i> (C)			
5. <i>Globorotalia tumida</i> (A)			

Blow, 1969

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis foraminifera planktonik terhadap sampel batugamping dengan kode TMPK-01, didapatkan umur relatif Formasi Kalibeng pada daerah penelitian adalah Late Miocene (N17) -late Pliocene (N20) berdasarkan klasifikasi Blow (1969).

Penarikan umur fosil menunjukkan bahwa *Globorotalia pseudomiocenica* muncul terakhir pada N17 (Miosen Akhir), sedangkan *Sphaeroidinella dehiscens* punah pertama pada N20 (Pliosen Akhir). Dengan patokan dari fosil muncul terakhir hingga punah pertama, umur relatif Batulanau, Formasi Kalibeng (TmPk) ditentukan Miosen Akhir–Pliosen Akhir (N17–N20) (Tabel 8) [4].



Gambar 20. Fossil Foraminifera Bentonik Batulanau Formasi Kalibeng (TmPk): (A) *Elphidium orbiculare*, (B) *Alveolophragmium scitulum*, (C) *Thurammina albicans*, (D) *Psammosiphonella discreta*, dan (E) *Pyrgo lucernula*.

Tabel 9. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil bentonik pada litologi Batulanau Formasi Kalibeng [3]

Lingkungan Batimetri	Transisi		Neritik		Batial		Abisal
	Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah		
Foraminifera Bentonik	0	20	100	200	500	2000	4000
1. <i>Elphidium orbiculare</i> (532 B) (R.)					*		
2. <i>Alveolophragmium scitulum</i> (542 B) (R.)					*		
3. <i>Thurammina albicans</i> (1900 B) (R.)						*	
4. <i>Psammosiphonella discreta</i> (630 B) (A)					*		
5. <i>Pyrgo lucernula</i> (900 B) (R.)					*		

Barker, 1960

Penentuan lingkungan pengendapan berdasarkan kedalaman fosil bentonik (Gambar 20) mengikuti patokan dari kedalaman paling dangkal hingga paling dalam. Berdasarkan lima fosil menurut Barker [3], lingkungan batimetri Batulanau, Formasi Kalibeng berada pada Batial Atas–Batial Bawah (Tabel 9).

3.3 Hubungan Stratigrafi

Hasil observasi dan analisis stratigrafi menunjukkan tiga satuan formasi tersingkap dengan hubungan kompleks, mencerminkan evolusi lingkungan laut dalam. Formasi tertua, Formasi Kerek (Tmk, Miosen Tengah–Akhir), tersusun dari batulanau, batupasir gampingan, dan perselingan batulanau–batupasir, dengan butir halus hingga lanau (1/256–1/4 mm) (Gambar 21). Struktur sedimen seperti Bouma Sequence menunjukkan pengendapan oleh arus turbidit pada sistem *submarine fan* bagian *lower* hingga *middle fan*, ditandai *graded bedding* dan *parallel lamination* akibat energi arus menurun bertahap.

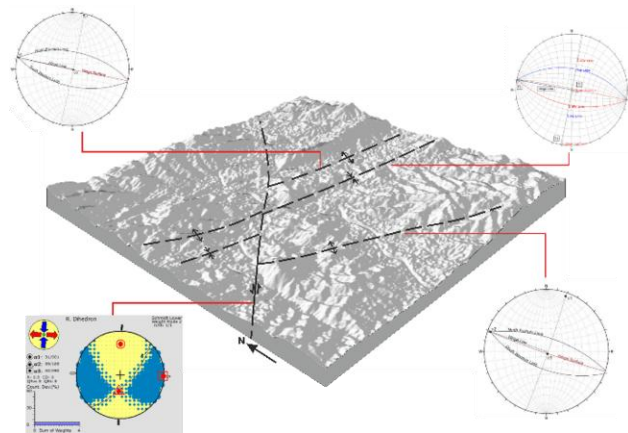
UMUR		LITOSTRATIGRAFI		
ZAMAN	KALA	SATUAN BATUAN	LITOLOGI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
Tersier	Pliosen	Akhir	Batupasir tuffan dan batulanau	<i>Submarine fan (middle fan)</i> dengan skinita vulkanis
		Tengah	Formasi Kalibeng (TmPk) Anggota Batial Atas Kalibeng (TmPk)	<i>Submarine fan (middle fan)</i>
		Awal		
	Miosen	Akhir	Formasi Kerek (Tmk)	<i>Submarine fan (lower - middle fan)</i>
		Tengah		

Gambar 21. Kolom Stratigrafi

3.4 Mekanisme Struktur

Aktivitas tektonik regional di daerah Kedungjati terjadi sejak Kala Pliosen hingga Pleistosen dan menghasilkan sistem deformasi kompleks berupa lipatan

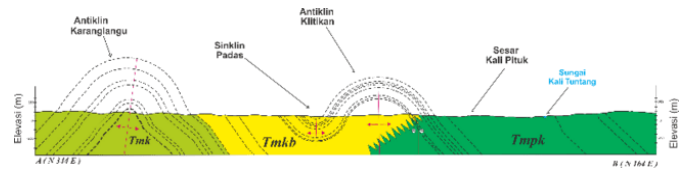
antiklin, lipatan sinklin dan sesar geser, dengan orientasi barat-timur hingga tenggara-barat laut. Struktur geologi yang berkembang di lokasi penelitian terdiri dari sesar mendatar (*strike-slip faults*) yang dianalisis melalui pemetaan lapangan dan proyeksi stereografis untuk memahami kinematika dan pola deformasi. Berdasarkan pengamatan lapangan, ditemukan beberapa struktur geologi, antara lain Sesar Tempuran (*Vertical Strike-Slip Fault* menurut Fossen [8] dan *Normal Left-Slip Fault* menurut Rickard [12]), Antiklin Karanglangu (*Upright Horizontal Fold* menurut Fleuty, [7] dan Fossen, [8]), sinklin Padas (*Upright Horizontal Fold* (Fleuty, [7], Fossen, [8]), dan Antiklin Klitikan (*Upright Horizontal Fold* menurut Fleuty, [7] dan Fossen, [8]) dengan gaya kompresi dominan Timur laut-Barat Daya (NE-SW) (Gambar 22).



Gambar 22. Mekanisme Struktur Geologi

3.5 Interpretasi Geologi Bawah Permukaan

Interpretasi bawah permukaan dari peta geologi 1:25.000 menunjukkan evolusi stratigrafi kompleks dari Miosen Awal hingga Pliosen, mencerminkan perubahan lingkungan pengendapan, dinamika tektonik, dan aktivitas vulkanik (Gambar 23). Rekonstruksi mengidentifikasi tiga satuan formasi utama terkait sistem submarine fan. Metode Kink digunakan untuk menentukan ketebalan tiap lapisan berdasarkan pengamatan lapangan, kemudian direkonstruksi menjadi satu lapisan kontinu, menghasilkan interpretasi geologi bawah permukaan yang mewakili peta geologi pada Gambar 2.



Gambar 23. Peta Geologi (atas) dan penampang geologi bawah permukaan (bawah) merujuk pada Gambar 2.

2.6 3.5. Sejarah Geologi

2.7 3.5.1. Miosen Tengah-Miosen Akhir

Formasi ini didominasi sedimen halus hasil longsoran bawah laut, diendapkan pada lingkungan kipas bawah laut (*submarine fan*), khususnya pada bagian *lower* hingga *middle fan*. Litologi utamanya adalah batulanau dan batupasir gampingan. Endapan turbidit menunjukkan perlapisan bersusun (*graded bedding*) dan struktur Bouma yang mencerminkan pengendapan melalui arus gravitasi bawah laut sebagaimana dijelaskan dalam konsep analisis cekungan [1] dan klasifikasi struktur sedimen menurut Pettijohn [11].

2.8 3.5.2. Miosen Akhir-Pliosen Akhir

Pengendapan sedimen selanjutnya dimulai dari kala Miosen Akhir sampai Pliosen akhir dengan terendapkan secara selaras di atasnya yaitu Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) yang berisikan litologi batupasir yang materialnya berasal dari aktivitas vulkanik yang kembali aktif pada Miosen akhir serta litologi batulanau gampingan. Bersamaan pada kala itu juga terendapkan secara menjari Formasi Kalibeng (Tmkp) yang berisikan litologi batupasir tufan dan batulanau.

3.5.3. Pliosen-Pleistosen

Menurut Katili [6], subduksi Lempeng Hindia yang berlangsung di selatan Pulau Jawa menghasilkan tegasan kompresi utama berarah timur laut–barat daya. Hal ini sejalan dengan hasil analisis dan rekonstruksi struktur geologi pada daerah penelitian yang menunjukkan lipatan dan sesar berorientasi NE–SW akibat gaya kompresi regional [6][10]. Periode Pliosen–Pleistosen merupakan tahap penting reaktivasi busur vulkanik yang memperkuat aktivitas tektonik, sehingga membentuk struktur sesar naik dan lipatan sebagai respon terhadap kompresi dari arah timur laut–barat daya pada Zona Kendeng [6].

3.5.4. Resen

Pada masa sekarang, seluruh satuan batuan yang tersingkap di daerah penelitian telah mengalami deformasi sebagai akibat dari aktivitas tektonik masa lalu. Selain itu, bentang alam di wilayah ini terus mengalami perubahan hingga saat ini melalui proses geomorfik alami seperti erosi, pelapukan, dan denudasi. Aktivitas manusia, seperti pembukaan lahan dan pembangunan, turut mempercepat perubahan bentuk permukaan dan memperkuat modifikasi bentang alam alami. Oleh karena itu, perkembangan bentang lahan yang terjadi saat ini merupakan hasil interaksi berkelanjutan antara proses geologi, proses permukaan, dan pengaruh antropogenik yang secara signifikan mengubah morfologi daerah penelitian.

4. Kesimpulan

Daerah penelitian Kedungjati dan sekitarnya menunjukkan keragaman geomorfologi berupa punggung antiklin–sinklin, perbukitan denudasional, serta dataran banjir dan kanal sungai. Bentuk lahan ini dikontrol oleh litologi dan struktur geologi, di mana litologi resisten membentuk perbukitan sedangkan litologi halus membentuk dataran [13][11]. Secara stratigrafi, tersingkap tiga satuan utama yaitu Formasi Kerek (Tmk), Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb), dan Formasi Kalibeng (Tmpek) yang menunjukkan perubahan lingkungan pengendapan dari laut dalam batial hingga kipas bawah laut (submarine fan) [1][6].

Data petrografi dan mikropaleontologi mengonfirmasi bahwa Formasi Kerek tersusun atas batupasir dan batulanau karbonatan dengan struktur Bouma yang merupakan ciri khas endapan turbidit laut dalam [1][11]. Fosil planktonik dan bentonik menunjukkan umur zona N14–N17 serta lingkungan batial atas hingga batial bawah berdasarkan zonasi Blow [4] dan kedalaman batimetri Barker [2]. Formasi Kalibeng dan anggotanya diendapkan dalam sistem kipas bawah laut, didominasi sedimen halus, serta memperlihatkan pengaruh aktivitas vulkanik daratan yang memperkaya variasi litologi.

Struktur geologi berupa lipatan (sinklin dan antiklin) serta sesar naik Sesar Kali Pituk berorientasi NE–SW mencerminkan gaya kompresi regional pada Neogen [6][10]. Deformasi ini mengontrol persebaran satuan batuan dan memengaruhi perkembangan bentang alam. Sejarah geologi daerah penelitian berlangsung dalam tiga tahap utama: pengendapan Formasi Kerek pada Miosen Tengah–Akhir, pengendapan Formasi Kalibeng dan anggotanya pada Miosen Akhir–Pliosen Awal, kemudian

deformasi tektonik dan proses erosi berkelanjutan hingga Resen. Secara keseluruhan, daerah penelitian mencerminkan evolusi cekungan sedimen laut dalam yang mengalami pengaruh tektonik kompresional Zona Kendeng secara signifikan [6].

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu demi kesempurnaan laporan ini, penulis membutuhkan dukungan dan sumbangsih pikiran berupa kritik dan saran yang bersifat membangun. Penyusunan laporan pemetaan ini juga tak lepas dari bantuan berbagai pihak terutama Koordinator Program Studi Teknik Geologi, Ibu Ir. Dr. Idarwati, S.T., M.T., IPM., yang telah mengizinkan untuk mempublikasikan hasil pemetaan ini. Tidak lupa juga terima kasih atas bimbingannya kepada Dosen Pembimbing yang telah membantu penulis dalam menyusun penelitian ini. Terakhir, terima kasih kepada seluruh rekan-rekan seperjuangan atas kritik, saran, dan masukan kepada penulis.

Daftar Pustaka

- [1] K. Allen and P. Allen, *Basin Analysis: Principles and Application to Petroleum Play Assessment*, 3rd ed., Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.
- [2] R. W. Barker, *Taxonomic Notes on the Species of Benthonic Foraminifera*, Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1960.
- [3] S. Brahmantyo, “Klasifikasi Bentuklahan Berdasarkan Asal Proses,” *Jurnal Geografi*, 2006.
- [4] W. H. Blow, “Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy,” in *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, 1969.
- [5] R. Charlton, *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*, London: Routledge, 2007.
- [6] A. M. Clements and R. Hall, “Evolution of the Kendeng Zone, East Java: Structural and stratigraphic evidence,” *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 40, no. 3, pp. 100–115, 2011.
- [7] Fleuty, M. J. 1964. The Description of Fold : Geological Association Proceedings, v.75.
- [8] Fossen, H., 2010. Structural Geology. New York: Cambridge University Press. Gafoer, S.
- [9] P. R. King, “Tectonic geomorphology of southeast Asia,” *Geological Society Memoirs*, vol. 31, pp. 123–138, 2008.

- [10] M. J. Katili, "Geochronology of West Indonesia and its implication on plate tectonics," *Tectonophysics*, vol. 19, pp. 195–212, 1973.
- [11] F. J. Pettijohn, *Sedimentary Rocks*, 3rd ed., New York: Harper & Row, 1975.
- [12] Rickard, 1972. Classification of Translational Fault Slip. Geological Society of America.
- [13] R. J. Small and E. J. Clark, *Geomorphology and Landscape Evolution*, London: Routledge, 2009.
- [11] R. Twidale, *Denudation and Erosion Processes*, New York: Springer, 2004.
- [14] R. A. Van Zuidam, *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*, The Hague: ITC, 1983.
- [15] S. Widyatmanti, "Geomorfologi Terapan dalam Analisis Bentuklahan," *Majalah Ilmiah Globe*, 2016.
- [16] Ulfah, A. A. (2022). Biostratigrafi dan Kecepatan Sedimentasi, Berdasarkan Foraminifera, Di Formasi Kalibeng, Lintasan III, Kali Kedawung, Sragen, Jawa Tengah. *ReTH*, 523-528.