

Interpretasi Lingkungan Pengendapan Menggunakan Analisis Paleontologi dan Petrografi di Daerah Kedungjati dan Sekitarnya, Grobogan, Jawa Tengah

Rizky Rachmadi Pratomo¹, Edy Sutriyono², Ugi Kurnia Gusti³

¹⁻³ Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Jun, 2026

Revised Jun, 2026

Accepted Jun, 2026

Kata Kunci:

Lingkungan Pengendapan,
Mikropaleontologi, Petrografi,
Zona Kendeng

Keywords:

Depositional Environment,
Micropaleontology,
Petrography, Kendeng Zone

ABSTRAK

Daerah Kedungjati di Zona Kendeng memiliki sejarah geologi kompleks yang dikontrol oleh tektonik kompresional, sedimentasi laut dalam, dan pengaruh vulkanisme. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik litostratigrafi, menentukan umur dan lingkungan pengendapan, serta merekonstruksi sejarah geologi daerah penelitian dari Miosen Tengah hingga Pliosen Akhir. Metode penelitian meliputi observasi lapangan pada 101 titik pengamatan, analisis geomorfologi, pengukuran struktur geologi, penampang stratigrafi terukur, analisis petrografi sayatan tipis, dan analisis mikropaleontologi foraminifera. Hasil penelitian menunjukkan tiga satuan stratigrafi yaitu Formasi Kerek, Anggota Banyak Formasi Kalibeng, dan Formasi Kalibeng, serta struktur geologi berupa lipatan dan sesar berarah baratlaut-tenggara. Analisis petrografi mengidentifikasi calcareous subarkose, calcareous mudrock, calcareous lithic wacke, dan tuffaceous litharenite, yang mencerminkan perubahan sumber sedimen dan pengaruh vulkanisme. Analisis mikropaleontologi menunjukkan umur Miosen Tengah hingga Pliosen Akhir (N14–N20) dengan lingkungan pengendapan Batial Atas–Batial Bawah. Kehadiran sekuen Bouma dan asosiasi foraminifera mengindikasikan sistem turbidit dan submarine fan. Evolusi geologi daerah penelitian berlangsung dalam dua fase utama, yaitu pengendapan Formasi Kerek pada Miosen Tengah–Miosen Akhir, diikuti pengendapan Anggota Banyak Formasi Kalibeng dan Formasi Kalibeng pada Miosen Akhir–Pliosen Akhir.

ABSTRACT

The Kedungjati area in the Kendeng Zone has a complex geological history controlled by compressional tectonics, deep marine sedimentation, and volcanic influence. This study aims to identify lithostratigraphic characteristics, determine depositional age and environment, and reconstruct the geological history of the study area from the Middle Miocene to the Late Pliocene. The methods include field observations at 101 observation points, measured stratigraphic sections, petrographic thin-section analysis, and micropaleontological analysis of foraminifera. The results reveal three stratigraphic units comprising the Kerek Formation, Banyak Member of the Kalibeng Formation, and Kalibeng Formation. Petrographic analysis identified calcareous subarkose, calcareous mudrock, calcareous lithic wacke, and tuffaceous litharenite, reflecting variations in sediment sources and volcanic influence. Micropaleontological analysis indicates an age range from the Middle Miocene to Late Pliocene (N14–N20) with an Upper Bathyal to Lower Bathyal depositional environment. The

presence of Bouma sequences and foraminiferal associations indicates a turbidite and submarine fan system. Geological evolution occurred in two main phases, namely deposition of the Kerek Formation during the Middle–Late Miocene, followed by deposition of the Banyak Member of the Kalibeng Formation and Kalibeng Formation during the Late Miocene–Late Pliocene.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Name: Ugi Kurnia Gusti, S.T., M.Sc.

Institution: Geological Engineering Study Program, Sriwijaya University, Jl. Sriwijaya Negara, Palembang, South Sumatra, 30139, Indonesia

Email: ugikurnia@unsri.ac.id

PENDAHULUAN

Zona Kendeng merupakan bagian dari sistem cekungan busur belakang di Jawa yang berkembang akibat aktivitas subduksi Lempeng Indo-Australia di bawah Lempeng Eurasia (Raharjo, 2004; Nairn dkk., 2013). Perkembangan cekungan busur belakang ini juga terkait dengan dinamika margin konvergen Pasifik barat yang mengendalikan penurunan permukaan tanah, pasokan sedimen, dan evolusi sedimentasi laut dalam regional (Nairn dkk., 2013). Proses tektonik kompresional yang telah berlangsung sejak Neogen telah menghasilkan deformasi berupa lipatan dan sesar yang sebagian besar berarah barat laut-tenggara, dan telah mengendalikan perkembangan stratigrafi dan pola sedimentasi di wilayah Jawa Tengah dan Timur. Interaksi antara aktivitas tektonik, sedimentasi laut dalam, dan pengaruh vulkanisme telah menghasilkan beragam litologi dan struktur geologi yang kompleks, termasuk endapan turbidit dan sisipan tuf. Evolusi cekungan busur belakang juga dikendalikan oleh mekanisme penurunan permukaan tanah, pasokan sedimen, dan perkembangan arsitektur cekungan, yang memengaruhi distribusi regional fasies sedimen (Allen & Allen, 2013; Van Bemmelen, 1970). Kondisi ini menjadikan Zona Kendeng sebagai area penting untuk studi evolusi cekungan, potensi sumber daya geologi, dan mitigasi bencana.

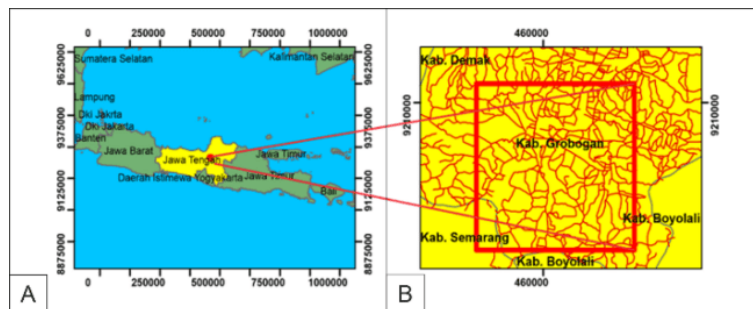
Daerah Kedungjati di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, merupakan bagian dari Zona Kendeng, yang menunjukkan ciri geomorfologi yang khas seperti punggung bukit antiklin-sinklin, bukit denudasi, dan bentuk lahan fluvial seperti gosong pasir dan saluran berkelok-kelok. Variasi bentuk lahan ini mencerminkan hubungan erat antara struktur geologi, litologi, dan proses dinamis erosi dan sedimentasi. Secara stratigrafi, daerah ini terdiri dari satuan batuan Neogen yang diendapkan di lingkungan laut dalam hingga neritik, yang kemudian mengalami deformasi akibat kompresi regional.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menjelaskan karakteristik deformasi kompresional Zona Kendeng dan keberadaan struktur lipatan dan sesar yang berkembang bersamaan dengan sedimentasi turbidit. Analisis mikropaleontologi, khususnya foraminifera planktonik dan bentonik, telah digunakan untuk menentukan umur relatif dan lingkungan pengendapan berdasarkan zonasi standar dan interpretasi batimetri. Namun, rekonstruksi kronologis dan terintegrasi dari sejarah geologi berdasarkan kombinasi data geomorfologi, stratigrafi, struktural, petrografi, dan mikropaleontologi di daerah Kedungjati belum dibahas secara rinci (Raharjo, 2004). Integrasi data

yang terbatas ini telah mengakibatkan interpretasi yang tidak lengkap tentang evolusi pengendapan lokal dalam kerangka evolusi regional Zona Kendeng.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi satuan geomorfik dan karakter litostratigrafi wilayah penelitian, (2) menganalisis struktur geologi dan hubungannya dengan perkembangan bentang alam, (3) menentukan umur dan lingkungan pengendapan berdasarkan analisis foraminifera dan petrografi, dan (4) merekonstruksi sejarah geologi wilayah Kedungjati dari Miosen hingga Pliosen dalam konteks evolusi Zona Kendeng. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami dinamika sedimentasi dan deformasi di Zona Kendeng, serta menjadi dasar untuk mengevaluasi potensi geologi dan mitigasi bencana di Kabupaten Grobogan dan sekitarnya.

Lokasi penelitian secara geografis terletak di perbatasan Kabupaten Semarang dan Kabupaten Boyolali, lebih tepatnya di Kecamatan Kedungjati, Kabupaten Grobogan dengan luas wilayah penelitian 81 km². Secara geologis regional, wilayah penelitian ini termasuk dalam peta geologi regional lembar Salatiga (Sukardi dan T. Budhitrisna, 1992) dan mencakup lima formasi, yaitu Formasi Kerek (Tmk), Banyak Anggota Formasi Kalibeng (Tmkb), Formasi Kalibeng (TmPk), Anggota Kapung Formasi Kalibeng, dan Aluvium (Qa). Lokasi ini dapat dicapai dari pusat Kabupaten Grobogan ke lokasi penelitian dengan transportasi darat dalam waktu ± 1 jam 22 menit dengan jarak ± 45,7 km. Akses ke wilayah penelitian melalui jalan raya. Rute perjalanan dari pusat Kabupaten Grobogan ke wilayah Kedungjati dan peta indeks wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian yang terdiri dari:(A) Peta Lokasi Provinsi Jawa Tengah dan (B) Peta Administrasi Kabupaten Grobogan dan sekitarnya, Jawa Tengah, yang merupakan wilayah penelitian seluas 9x9 km²

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di daerah Kedungjati dan sekitarnya, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah, yang secara fisiografis termasuk dalam Zona Kendeng. Area penelitian seluas kurang lebih 9 km × 9 km dengan total 101 titik pengamatan lapangan yang tersebar di beberapa desa, termasuk Kedungjati, Klitikan, Padas, Ngombak, Karanglangu, Tempuran, Deras, Panimbo, Ringinpitu, Mrisi, Jumo, Kalimaro, Wates, dan Penadaran. Dari semua titik pengamatan, lima lokasi (LP 18, LP 18A, LP 80, LP 80A, dan LP 56) dipilih untuk analisis mikropaleontologi berdasarkan representasi litologi dan kualitas singkapan batuan.

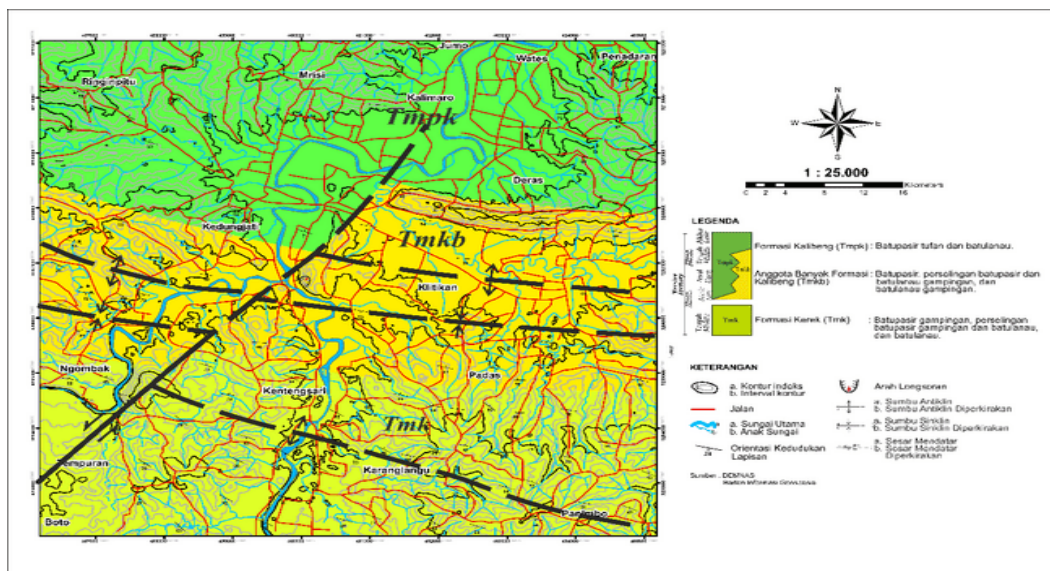
Penelitian ini dimulai dengan tinjauan pustaka dan kemudian mengumpulkan data berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah

karakteristik makroskopik batuan dan struktur sedimen batuan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah Digital Elevation Model (DEM) dari wilayah penelitian (Heriani, 2024).

Dalam penelitian ini, penulis menggabungkan tinjauan pustaka dengan pengamatan lapangan langsung terhadap singkapan batuan yang ada di daerah penelitian, termasuk pengamatan morfologi dan proses sedimentasi modern, serta pengumpulan sampel untuk analisis mikroskopis karakteristik batuan untuk analisis petrografi batuan (Gusti dan Noviyani, 2026). Analisis petrografi dilakukan dengan membuat sayatan tipis dari sampel batuan terpilih. Sayatan tipis diamati menggunakan mikroskop polarisasi untuk mengidentifikasi komposisi mineral dan fragmen batuan, jenis matriks dan semen, serta hubungan antar butir seperti derajat pembulatan, sortasi, dan susunan butir. Data petrografi digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan sedimen dan mendukung interpretasi proses pengendapan.

Analisis mikropaleontologi difokuskan pada identifikasi foraminifera planktonik dan bentonik. Sampel batuan diuraikan menggunakan hidrogen peroksida (H₂O)₂. Larutan tersebut digunakan untuk memecah matriks sedimen, sehingga memungkinkan mikrofosil terlepas dari bahan pengikatnya. Sampel yang telah terurai kemudian dicuci dan diayak menggunakan saringan berukuran 40, 60, dan 100 mesh. Residu hasil pengayakan dikeringkan pada suhu sekitar 150°C. Sebelum memilah dan mengidentifikasi mikrofosil menggunakan mikroskop binokuler. Usia relatif satuan batuan ditentukan berdasarkan zonasi biostratigrafi seri N, sedangkan interpretasi lingkungan pengendapan didasarkan pada asosiasi foraminifera bentonik dan perkiraan kedalaman batimetri (Blow, 1969). Interpretasi asosiasi foraminifera bentonik dan planktonik juga mengacu pada pendekatan ekologi foraminifera modern untuk mendukung rekonstruksi paleo lingkungan yang lebih komprehensif (Jones, 1994; Murray, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Kedungjati dan sekitarnya, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah yang terdiri dari tiga formasi penyusun secara berurutan dari tua ke muda: Formasi Kerek (Tmk), Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb), dan Formasi Kerek (TmPk)

Stratigrafi wilayah penelitian ditentukan berdasarkan 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.

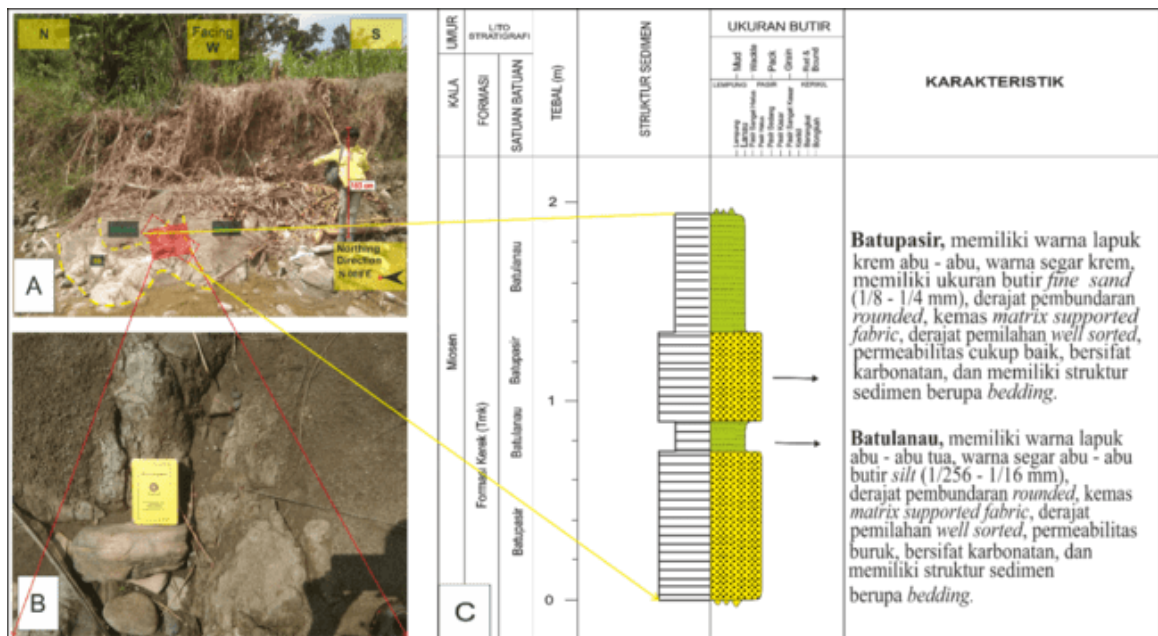
1.1 Formasi Kerek

3.1.1 Satuan Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk)

Batupasir karbonatan yang ditemukan di Formasi Kerek (Tmk) Formasi Kalibeng merupakan satuan batuan yang diendapkan pada periode Miosen Akhir hingga Pliosen Awal. Batuan ini terbentuk di lingkungan laut dalam (batial) dan menunjukkan karakteristik endapan turbidit (Boggs, 2012).

Litologi batupasir ini memiliki komposisi yang khas, yaitu tersusun atas butiran-butiran yang didominasi oleh fragmen bioklastik (sisa-sisa organisme laut), foraminifera plankton, serta butiran kuarsa dan fragmen batuan lainnya. Semen pengikat utamanya adalah kalsit, yang memberikan sifat karbonatan dan membuatnya menjadi kompak.

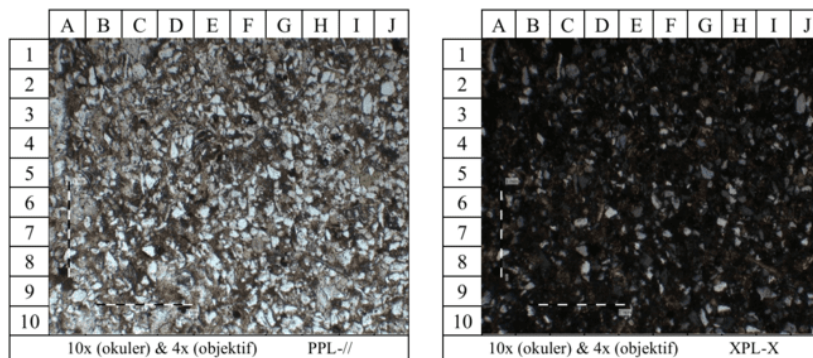
Batupasir ini memiliki struktur sedimen yang mencolok, seperti sekuen Bouma, yang merupakan ciri khas dari endapan turbidit. Struktur ini sering kali menunjukkan perlapisan bersusun (*graded bedding*), di mana ukuran butiran batuan menghalus ke arah atas. Adanya struktur ini menjadi bukti kuat bahwa batuan diendapkan oleh arus turbidit yang membawa material dari area yang lebih dangkal ke lingkungan laut dalam (Bouma et al., 1962) yang dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 2. (A). Singkapan Perselingan Batupasir Gampingan dan Batulanau Formasi Kerek (Tmk) Lokasi Pengamatan 23 UTM 460137 9203820 dengan kenampakan di lapangan terdapat laminasi pada batupasir dan batulanau, (B). Singkapan jarak dekat perselingan batupasir gampingan.

Pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dilakukan pada Batupasir LP23 dengan perbesaran 40x (Gambar 3) memiliki warna krem kecoklatan (PPL) dan warna interferensi abu - abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0.1- 1.5 mm, matriks 0.02 mm, dan semen 0.01 - 0.02 mm,

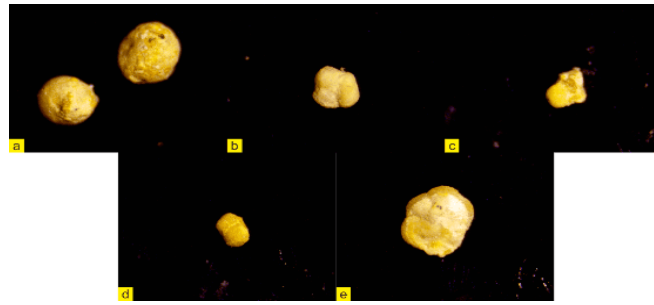
derajat kebundaran sub rounded, low sphericity, grain supported fabric, moderately sorted, hubungan antar butir floating contact, tipe porositas intercorpucules, terdiri dari fragmen skeletal grain, kuarsa, plagioclase, orthoclase, lithic, glaukonit dan semen berupa clay. Berdasarkan komposisi mineral tersebut dengan hasil penarikan persentase mineral di dapatkan nama batuan berupa Calcareous subarkose menurut Pettijohn (Pettijohn, 1975).



Gambar 3. Foto Mikrograf Batupasir Formasi Kerek (Tmk) LP23 (skeletal grain: G4, kuarsa: J2, plagioclase: G10, orthoclase: E10, lithic: F4, glaukonit: I5, dan clay: E8).

Pengamatan mikropaleontologi dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai umur relatif formasi serta lingkungan pengendapannya. Analisis ini dilakukan dengan mengambil sampel batupasir karbonatan dari lokasi LP18 yang berada di Desa Karanglangu. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan lima (5) jenis fosil planktonik dan lima (5) jenis fosil bentonik, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Adapun fosil foraminifera planktonic yang ditemukan yakni *Orbulina universa*, *Globorotalia siakensis*, *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinoides trilobus*, dan *Globorotalia miocenica* (Gambar 5). Selain itu, ditemukan pula foraminifera bentonik seperti *Alveolophragmium scitulum*, *Pyrgoella sphaera*, *Vaginulina americana*, *Dentalina subsoluta*, dan *Reophax nodulosus* (Gambar 5). Berdasarkan asosiasi fosil ini, Formasi Kerek berumur Miosen Tengah (N14) dengan lingkungan pengendapan di zona Batial atas hingga Batial bawah.

Penarikan umur relatif batuan berdasarkan keberadaan umur fosil adalah dengan melihat umur fosil yang muncul paling akhir dan punah yang paling awal. Berdasarkan penarikan umur setiap fosil, diketahui bahwa fosil yang muncul paling akhir pada umur N14 (Miosen Tengah) adalah *Globigerinoides immaturus*. Selanjutnya, fosil yang punah paling awal pada umur N14 (Miosen Tengah) adalah *Globorotalia siakensis*. Penarikan umur dilakukan dengan patokan pada fosil yang muncul paling akhir hingga ke umur fosil yang punah paling awal. Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk) adalah Miosen Tengah (N14) (Tabel 1).

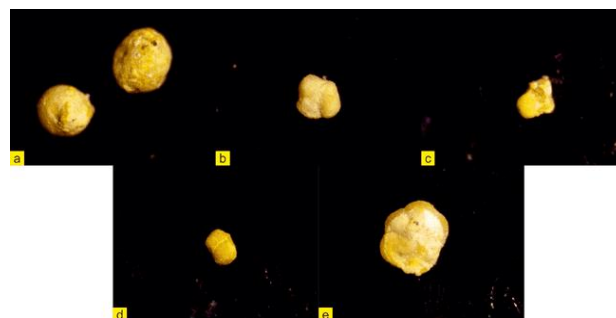


Gambar 4. Fosil Foraminifera Planktonik Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk): (A) *Orbulina universa*, (B) *Globorotalia siakensis*, (C) *Globigerinoides immaturus*, (D) *Globigerinoides trilobus*, dan (E) *Globorotalia miocenica*.

Tabel 1. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan planktonik pada litologi Batupasir Gampingan kode sampel LP18 yang berumur Miosen Tengah (N14) (Blow, 1969).

UMUR	EOCENE		OLIGOCENE				MIOCENE							PLIOCENE		PLEISTOCENE																
	middle	late	early	middle	late	early	middle			late	e	middle	late	Holocene																		
	a	b	c	d	e.1-4	e.5	f.1	f.2	f.3	g				h																		
Foraminifera Planktonik	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		
1 <i>Orbulina universa</i> (A)																																
2 <i>Globorotalia siakensis</i> (R)																																
3 <i>Globigerinoides immaturus</i> (R)																																
4 <i>Globigerinoides trilobus</i> (C)																																
5 <i>Globorotalia miocenica</i> (A)																																

Dalam penarikan lingkungan pengendapan batuan berdasarkan kedalaman fosil bentonik adalah dengan patokan kedalaman yang paling dangkal hingga kedalaman yang paling dalam. Berdasarkan 5 fosil bentonik yang telah ditentukan kedalamannya didapatkan lingkungan batimetri satuan batuan Batupasir Gampingan Formasi Kerek tersebut berada pada Batial Atas-Batial Bawah (Tabel 2)(Barker, 1960).



Gambar 5. Fosil Foraminifera Bentonik Batupasir Gampingan Formasi Kerek (Tmk): (A) *Alveolophragmium scitulum*, (B) *Pyrgoella sphaera*, (C) *Vaginulina americana*, (D) *Dentalina subsoluta*, dan (E) *Reophax nodulosus*.

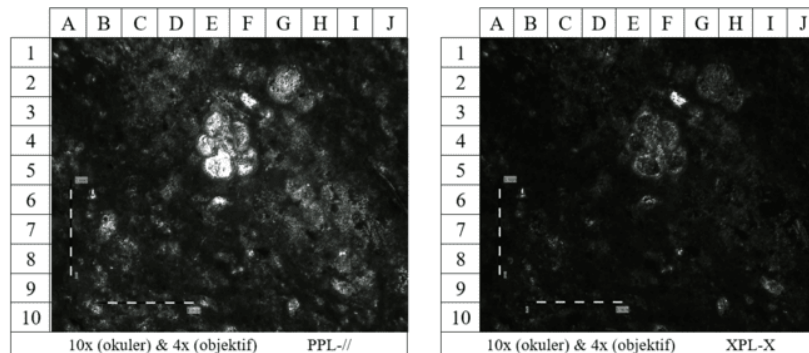
Tabel 2. Penarikan Lingkungan batimetri batuan berdasarkan Foraminifera bentonik pada litologi Batupasir Gampingan dengan kode sampel LP18 terendapkan pada Batial Atas- Batial Bawah (Barker, 1960).

Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
Foraminifera Bentonik	0	20	100	200	500	2000	4000
1	<i>Alveolophragmium scitulum</i> (542 ft) (R)				•		
2	<i>Pyrgoella sphaera</i> (2050 ft) (R)					•	
3	<i>Vaginulina americana</i> (390 ft) (R)				•		
4	<i>Dentalina subsoluta</i> (450 ft) (R)				•		
5	<i>Reophax nodulosus</i> (1900 ft) (C)					•	

3.2.2 Satuan Batuanau Formasi Kerek (Tmk)

Satuan batulanau Formasi Kerek (Tmk) memiliki ketebalan yang bervariasi dan menunjukkan karakteristik litologi yang khas. Batuan ini memiliki warna lapuk abu-abu tua dan warna segar abu-abu muda. Secara umum, batuan ini tersusun atas butiran yang didominasi oleh mineral lempung dan lanau, dengan ukuran butir silt (1/256 - 1/16 mm).

Pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dilakukan pada Batulanau LP18A Gambar dengan perbesaran 40x memiliki warna coklat kehitaman (PPL) dan warna interferensi abu-abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0.3 - 1 mm, matriks 0.01 - 0.05 mm dan semen 0.01 - 0.02 mm, derajat kebundaran sub rounded, low sphericity, matrix supported fabric, moderately sorted, hubungan antar butir floating contact dan point contact, tipe porositas intercorpucules, terdiri dari fragmen skeletal grain, kuarsa, matriks berupa clay dan semen berupa clay. Berdasarkan komposisi mineral tersebut dengan hasil penarikan persentase mineral di dapatkan nama batuan berupa Calcareous mudrock menurut Pettijohn (Pettijohn, 1975).



Gambar 6. Foto Mikrograf Batulanau Formasi Kerek (Tmk) LP18A (skeletal grain: E4, kuarsa: F3, plagioclase: G10, clay: E8 dan F5).

Berdasarkan penarikan umur setiap fosil, diketahui bahwa fosil yang muncul paling akhir pada umur N14 (Miosen Tengah) adalah Globigerinoides immaturus. Selanjutnya, fosil yang punah paling awal pada umur N14 (Miosen Tengah) adalah Globorotalia mayeri. Penarikan umur dilakukan dengan patokan pada fosil yang muncul paling akhir hingga ke umur fosil yang punah paling awal. Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi Batulanau Formasi Kerek (Tmk) adalah Miosen Tengah (N14) (Tabel 3).

Tabel 4. Penarikan batimetri batuan berdasarkan fosil bentonik pada litologi Batulanau kode sampel LP18A terdendapkan pada Batial Atas-Batial Bawah (Barker, 1960)

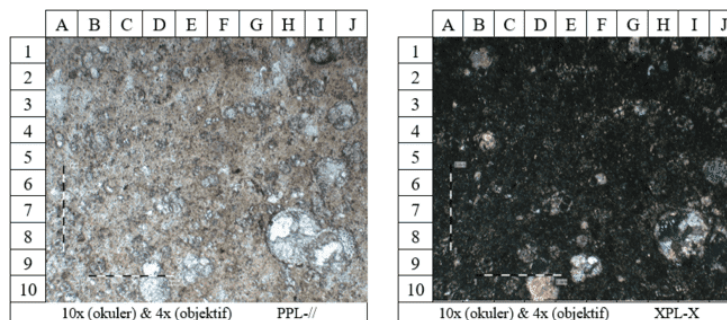
Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
Foraminifera Bentonik	0	20	100	200	500	2000	4000
1 <i>Elphidium orbiculare</i> (632 ft) (C)					•		
2 <i>Lenticulina convergens</i> (1850 ft) (R)						•	
3 <i>Psammosiphonella discreta</i> (630 ft) (R)					•		
4 <i>Lenticulina peregrina</i> (620 ft) (R)					•		
5 <i>Anomalina globulosa</i> (420 ft) (R)					•		

3.2 Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb)

3.2.1 Satuan Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb)

Batupasir ini memiliki struktur sedimen yang mencolok, seperti sekuen Bouma, yang merupakan ciri khas dari endapan turbidit. Struktur ini sering kali menunjukkan perlapisan bersusun (graded bedding), di mana ukuran butiran batuan menghalus ke arah atas. Adanya struktur ini menjadi bukti kuat bahwa batuan diendapkan oleh arus turbidit yang membawa material dari area yang lebih dangkal ke lingkungan laut dalam. (Gambar 12)(Nichols, 2009).

Pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dilakukan pada Batupasir LP76 dengan perbesaran 40x memiliki warna krem kecoklatan (PPL) dan warna interferensi abu - abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0.1 - 2 mm, matriks 0.02-0.05 mm dan semen 0.01-0.02 mm, derajat kebundaran sub rounded, low sphericity, matrix supported fabric, moderately sorted, hubungan antar butir floating contact dan point contact, tipe porositas intercorpucules, terdiri dari fragmen skeletal grain dan lithic, matriks berupa mikrokuarsa dan clay, dan semen berupa clay. Berdasarkan komposisi mineral tersebut dengan hasil penarikan persentase mineral di dapatkan nama batuan berupa Calcareous Lithic Wacke menurut Pettijohn(Gambar 10)(Pettijohn, 1975).



Gambar 10. 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)

Pada Lokasi Pengamatan 80, dilakukan analisis foraminifera pada sampel batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng, yang menghasilkan penemuan fosil foraminifera planktonik antara lain: *Orbulina universa*, *Orbulina bilobata*, *Globorotalia plesiotumida*, *Globigerinoides trilobus*, dan *Globoberina venezuelana* (Gambar 11). Analisis terhadap foraminifera planktonik ini bertujuan untuk menentukan umur relative sampel batuan yang ada pada Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb). Selanjutnya, penentuan umur relatif dilakukan berdasarkan referensi fosil yang ditemukan. (Blow, 1969).

pada fosil yang muncul paling akhir hingga ke umur fosil yang punah paling awal. Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) adalah Miosen Akhir-Pliosen Tengah (N17-N19) (Tabel 5).

Dalam penarikan lingkungan pengendapan batuan berdasarkan kedalaman fosil bentonik adalah dengan patokan kedalaman yang paling dangkal hingga kedalaman yang paling dalam. Berdasarkan 5 fosil bentonik yang telah ditentukan kedalamannya didapatkan lingkungan batimetri satuan batuan Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng tersebut berada pada Batial Atas-Batial Bawah (Tabel 6)(Barker, 1960).



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*.

Tabel 6. Penarikan batimetri batuan berdasarkan fosil bentonik pada litologi Batupasir kode sampel LP80 yang terendapkan pada Batial Atas-Batial Bawah (Barker, 1960).

Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
Foraminifera Bentonik	0	20	100	200	500	2000	4000
1 <i>Pyrgoella sphaera</i> (2050 ft) (R)							
2 <i>Elphidium orbiculare</i> (632 ft) (C)							
3 <i>Reophax nodulosus</i> (1900 ft) (R)							
4 <i>Dentalina subemaciata</i> (390 ft) (R)							
5 <i>Alveolophragmium scitulum</i> (542 ft)(A)							

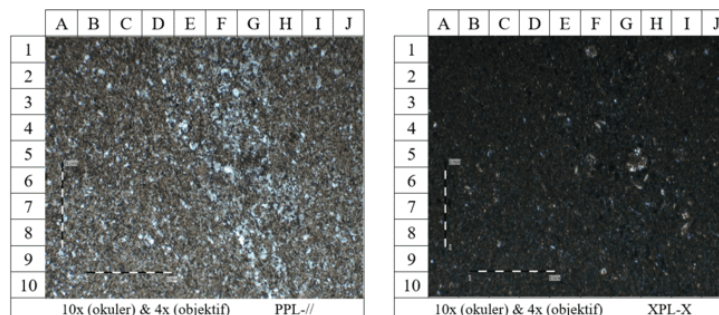
3.2.2 Satuan Batulanau Gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb)

Satuan batulanau gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) memiliki ketebalan yang bervariasi dan menunjukkan karakteristik litologi yang khas. Batuan ini memiliki warna lapuk abu-abu tua dan warna segar abu-abu muda (Gambar 12). Secara umum, batuan ini tersusun atas butiran yang didominasi oleh mineral lempung dan lanau, dengan ukuran butir silt (1/256 - 1/16 mm).

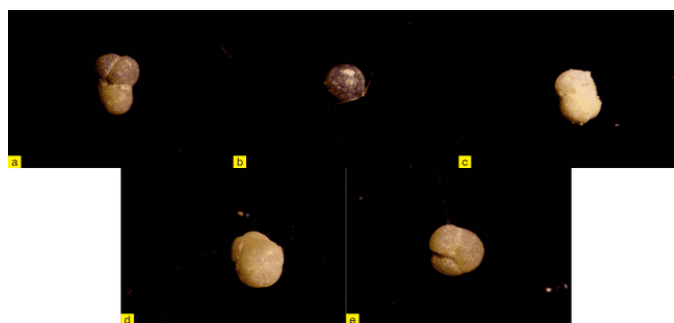
Pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dilakukan pada Batulanau LP76 dengan perbesaran 40x memiliki warna krem (PPL) dan warna interferensi abu-abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0.05 - 0.1 mm, matriks 0.02 - 0.05 mm, semen 0.01 - 0.02 mm, derajat kebundaran rounded - very rounded, high sphericity, kemas matrix supported fabric, well sorted - very well sorted, hubungan antar butir floating contact dan point contact, tipe porositas intercorpucules, terdiri dari mineral berupa skeletal grain, matriks berupa mikro kuarsa, clay, dan semen berupa silika. Berdasarkan komposisi mineral tersebut dengan hasil penarikan persentase mineral di dapatkan nama batuan berupa Calcareous mudrock menurut Pettijohn (Gambar 14)(Pettijohn, 1975).

Pada Lokasi Pengamatan LP80A, dilakukan analisis foraminifera pada sampel batulanau gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng, yang menghasilkan penemuan fosil foraminifera

planktonik antara lain: *Globigerinoides diminutus*, *Orbulina universa*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Globorotalia miocenica*, dan *Globoquadrina dehiscens* (Gambar 15). Analisis terhadap foraminifera planktonik ini bertujuan untuk menentukan umur relative sampel batuan yang ada pada Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb). Selanjutnya, penentuan umur relatif dilakukan berdasarkan referensi fosil yang ditemukan. (Gambar 16) (Blow, 1969)



Gambar 14. Foto Mikrograf Batupasir Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) LP76 (skeletal grain: F1, G5, dan I8, mikro - kuarsa: J7, Silika).



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*.

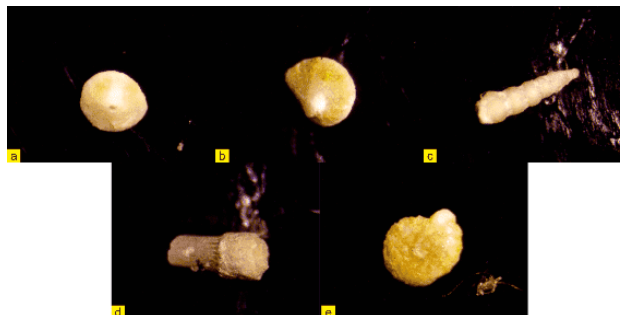
Tabel 7. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil planktonik pada litologi Batulanau gampingan kode sampel LP80A yang berumur Miosen Akhir (N17-N18).

UMUR	EOCENE		OLIGOCENE				MIOCENE							PLIOCENE		PLEISTOCENE																
	middle	late	early	middle	late	early	middle	late	g	middle	late	Holocene																				
	a	b	c	d	e.1-4	e.5	f.1	f.2	f.3				h																			
Foraminifera Planktonik	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		
1 <i>Globigerinoides diminutus</i> (R)																																
2 <i>Orbulina universa</i> (A)																																
3 <i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i> (C)																																
4 <i>Globorotalia miocenica</i> (R)																																
5 <i>Globoquadrina dehiscens</i> (A)																																

Berdasarkan penarikan umur setiap fosil, diketahui bahwa fosil yang muncul paling akhir pada umur N17 (Miosen Akhir) adalah *Globorotalia miocenica*. Selanjutnya, fosil yang punah paling awal pada umur N18 (Miosen Akhir) adalah *Globigerina diminutus*. Penarikan umur dilakukan dengan patokan pada fosil yang muncul paling akhir hingga ke umur fosil yang punah paling awal. Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi Batulanau Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) adalah Miosen Akhir (N17-N18) (Tabel 7).

Tabel 8. Penarikan batimetri batuan berdasarkan fosil bentonik pada litologi Batupasir kode sampel LP80A berada pada Batial Atas- Batial Bawah (Barker, 1960).

Lingkungan Batimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal
		Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
Foraminifera Bentonik	0	20	100	200	500	2000	4000
1 <i>Discospirina tenuissima</i> (109-2187 ft) (R)				•			•
2 <i>Siphonina bradyana</i> (390 ft) (R)					•		
3 <i>Aplophragmoides coronatum</i> (675 ft) (R)					•		
4 <i>Lenticulina convergens</i> (1850 ft) (C)						•	
5 <i>Reophax nodulosus</i> (1900 ft) (R)						•	



Gambar 16. Fosil 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*.

Dalam penarikan lingkungan pengendapan batuan berdasarkan kedalaman fosil bentonik adalah dengan patokan kedalaman yang paling dangkal hingga kedalaman yang paling dalam. Berdasarkan 5 fosil bentonik yang telah ditentukan kedalamannya didapatkan lingkungan batimetri satuan batuan Batulanau gampingan Anggota Banyak Formasi Kalibeng tersebut berada pada Batial Atas-Batial Bawah (Tabel 8). (Barker, 1960).

3.3 Fomasi Kalibeng (TmPk)

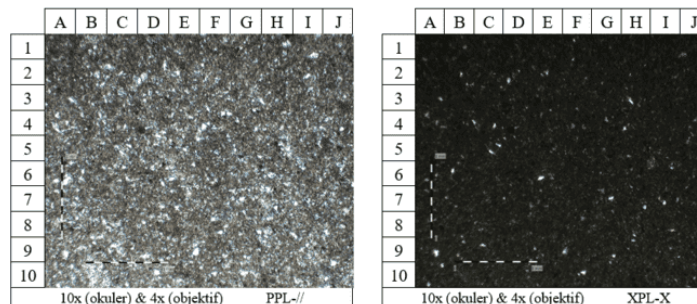
3.3.1 Satuan Batulanau Formasi Kalibeng (TmPk)

Secara struktur, satuan ini umumnya menunjukkan perlapisan yang baik (bedding). Hal ini mencerminkan lingkungan pengendapan di laut yang tenang dan dalam, di mana material halus diendapkan secara perlahan. Kehadiran batulanau ini mengindikasikan kondisi pengendapan di lingkungan laut yang dalam, dengan pasokan material halus yang berasal dari aktivitas vulkanik di daratan (Gambar 18).

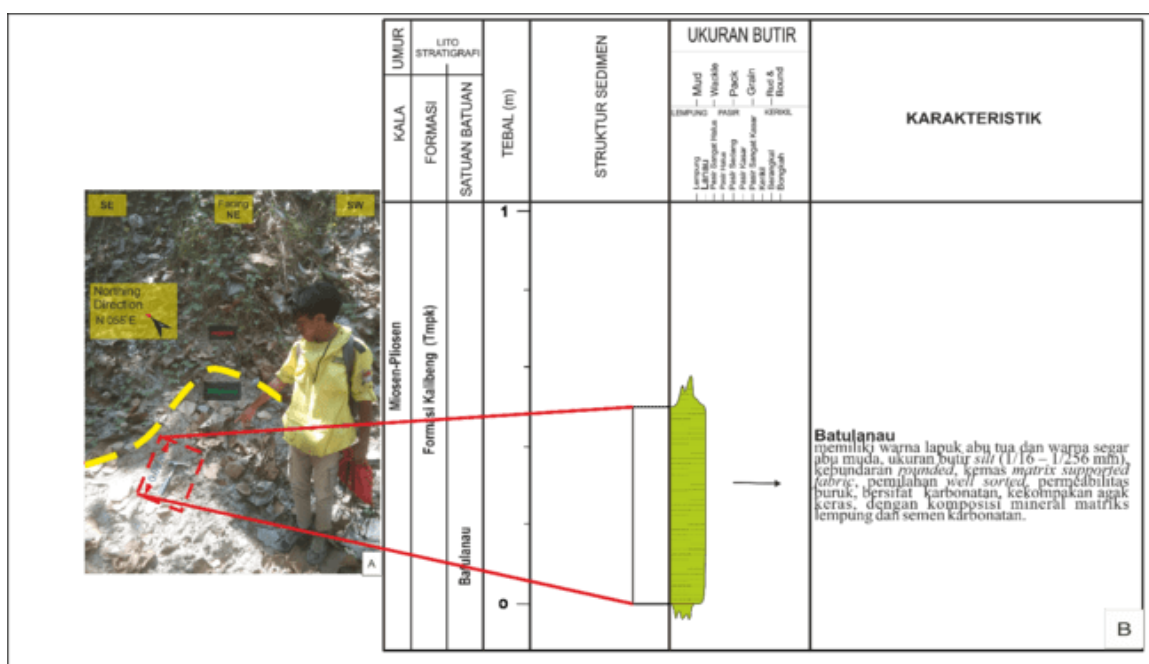
Satuan batulanau Formasi Kalibeng (TmPk) memiliki ketebalan yang bervariasi dan menunjukkan karakteristik litologi yang khas. Batuan ini memiliki warna lapuk abu-abu tua dan warna segar abu-abu muda. Secara umum, batuan ini tersusun atas butiran yang didominasi oleh mineral lempung dan lanau, dengan ukuran butir silt (Gambar 17)(1/256 - 1/16 mm).

Pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dilakukan pada Batulanau LP62 dengan perbesaran 40x memiliki warna krem (PPL) dan warna interferensi abu-abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0.1 mm, matriks 0.02 - 0.05 mm, semen 0.01 - 0.02 mm, derajat kebundaran rounded - very rounded, high sphericity, matrix supported fabric, well sorted, hubungan antar butir floating contact dan point contact, tipe porositas intercorpucules, terdiri dari mineral berupa skeletal grain, matriks berupa mikro kuarsa dan

clay, serta semen berupa silika. Berdasarkan komposisi mineral tersebut dengan hasil penarikan persentase mineral di dapatkan nama batuan berupa Calcareous mudrock menurut Pettijohn (Pettijohn, 1975).

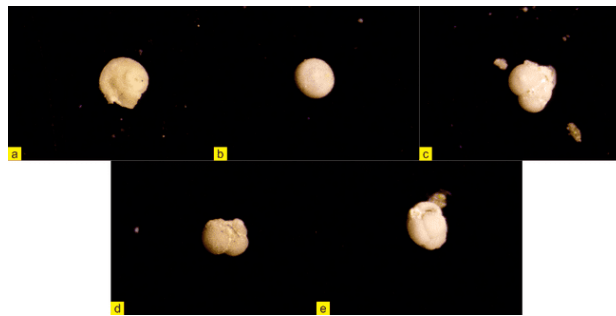


Gambar 17. Foto Mikrograf Batulanau Formasi Kalibeng (Tmkb) LP62: skeletal grain: I2, mikro - kuarsa: H7, clay: E8, Silika.



Gambar 18. (A). Singkapan Batulanau Formasi Kalibeng (Tmkb) Lokasi Pengamatan 62 UTM 460137 9203820 memiliki memiliki struktur masif, (B). Profil Batulanau Formasi Kalibeng (Tmkb) serta karakteristiknya.

Pada Lokasi Pengamatan LP56, dilakukan analisis foraminifera pada sampel batulanau Formasi Kalibeng, yang menghasilkan penemuan fosil foraminifera planktonik antara lain: Globorotalia pseudomiocena, Orbulina universa, Sphaeroidinella dehiscens, Globigerinoides trilobus, dan Globorotalia tumida (Gambar 20). Analisis terhadap foraminifera planktonik ini bertujuan untuk menentukan umur relative sampel batuan yang ada pada Formasi Kalibeng (Tmkb). Selanjutnya, penentuan umur relatif dilakukan berdasarkan referensi fosil yang ditemukan (Gambar 19) (Blow, 1969).



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

Tabel 9. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil planktonik pada litologi Batulanau kode sampel LP56 yang berumur Miosen Akhir- Pliosen Akhir (N17-N20) (Blow, 1969).

UMUR	EOCENE		OLIGOCENE				MIOCENE										PLIOCENE		PLISTOCENE											
	middle	late	early	middle	late	early					middle			late	e	middle	late	Holocene												
	a	b	c	d	e.1-4	e.5	f.1	f.2	f.3	g	h																			
	P13	P14	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	
1																														
2																														
3																														
4																														
5																														

Tabel 10. Penarikan umur relatif batuan berdasarkan fosil bentonik pada litologi Batulanau Formasi Kalibeng yang berada pada Batial Atas- Batian Bawah (Barker, 1960).

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> (632 ft) (R)							
2 <i>Alveolophragmium scitulum</i> (542 ft) (R)							
3 <i>Thurammina albicans</i> (1900 ft) (R)							
4 <i>Prammoziphonella discreta</i> (630 ft) (A)							
5 <i>Pyrgo lucernula</i> (900 ft) (R)							

Berdasarkan penarikan umur setiap fosil, diketahui bahwa fosil yang muncul paling akhir pada umur N17 (Miosen Akhir) adalah *Globorotalia pseudomiocena*. Selanjutnya, fosil yang punah paling awal pada umur N20 (Pliosen Akhir) adalah *Sphaeroidinella dehiscens*. Penarikan umur dilakukan dengan patokan pada fosil yang muncul paling akhir hingga ke umur fosil yang punah-paling awal. Berdasarkan hasil penarikan tersebut didapatkan umur relatif pada litologi Batulanau Formasi Kalibeng (Tmkb) adalah Miosen Akhir-Pliosen Akhir (N17-N20) (Tabel 8)

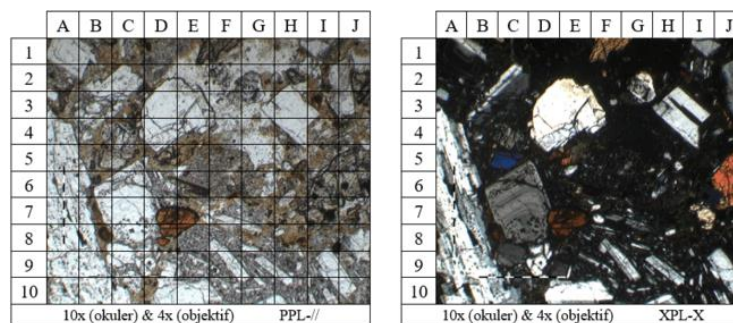


Gambar 20. Fosil Foraminifera Bentonik Batulanau Formasi Kalibeng (TmPk): (A) *Elphidium orbiculare*, (B) *Alveolophragmium scitulum*, (C) *Thurammina albicans*, (D) *Psammosiphonella discreta*, dan (E) *Pyrgo lucernula*.

Dalam penarikan lingkungan pengendapan batuan berdasarkan kedalaman fosil bentonik adalah dengan patokan kedalaman yang paling dangkal hingga kedalaman yang paling dalam. Berdasarkan 5 fosil bentonik yang telah ditentukan kedalamannya didapatkan lingkungan batimetri satuan batuan Batulanau Formasi Kalibeng tersebut berada pada Batial Atas-Batial Bawah (Tabel 10)(Barker, 1960).

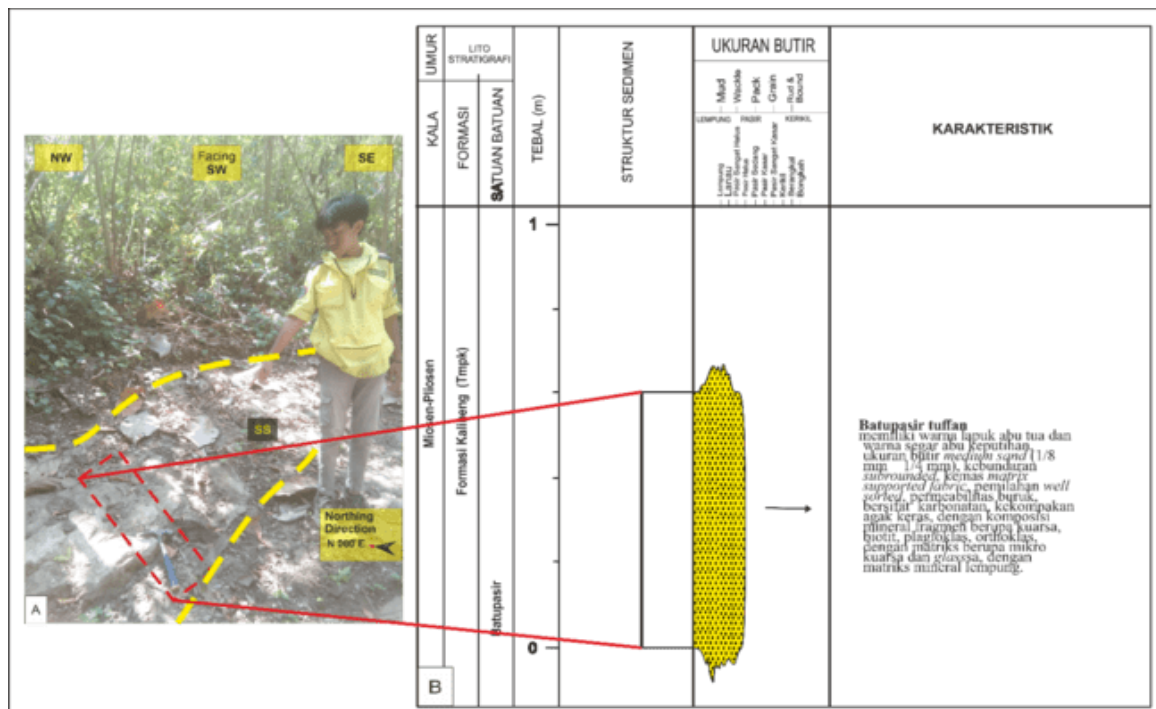
3.3.2 Satuan Batuan Batupasir Tufan Formasi Kalibeng (TmPk)

Batupasir tufan yang ditemukan di Formasi Kalibeng (TmPk) merupakan satuan batuan yang diendapkan pada periode Miosen Akhir hingga Pliosen Akhir. Batupasir tufaan non-karbonatan yang ditemukan dalam Formasi Kalibeng merupakan endapan sedimen yang kaya material vulkanik. Batuan ini terbentuk dari butiran-butiran berukuran pasir yang didominasi oleh fragmen batuan vulkanik dan mineral-mineral yang berasal dari letusan gunung api, seperti kristal plagioklas, piroksen, dan mineral gelap lainnya. Komposisi mineral yang demikian membuat batupasir ini memiliki sifat non-karbonatan, yang berarti tidak mengandung atau memiliki kadar kalsium karbonat (kalsit) yang sangat rendah. Butiran-butiran penyusunnya seringkali berbentuk menyudut (angular) hingga menyudut tanggung (sub-angular), mengindikasikan jarak transportasi yang relatif pendek dari sumber vulkaniknya. Batuan ini umumnya memiliki warna abu-abu kehitaman dan menunjukkan struktur sedimen seperti perlapisan bersusun (graded bedding) dan perlapisan silang-siur (cross-bedding), yang mencerminkan pengendapan yang cepat di lingkungan laut yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik (Gambar 23).



Gambar 21. Foto Mikrograf Batupasir Formasi Kalibeng (Tmkb) LP65 (kuarsa: D3, plagioklas: B9, C2, dan C7, biotit: I7, muskovit: C5, amfibol: F1 dan E7, litik vulkanik: G9, clay: E8 dan F5, gelas: G4)

Pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dilakukan pada Batupasir Lokasi Pengamatan 65 dengan perbesaran 40x memiliki warna krem kecoklatan (PPL) dan warna interferensi abu-abu kehitaman (XPL), ukuran butir 0.1 - 2 mm, matriks 0.01 - 0.05 mm dan semen 0.01 - 0.02 mm, derajat kebundaran sub rounded, low sphericity, matrix supported fabric, poorly sorted, hubungan antar butir floating contact dan point contact, tipe porositas intercorpucules, terdapat tekstur khusus berupa zoning, terdiri dari butir kuarsa, plagioklas, biotit, muskovit, amfibol, dan litik vulkanik, matriks berupa clay dan gelas, serta semen berupa clay. Berdasarkan komposisi mineral tersebut dengan hasil penarikan persentase mineral di dapatkan nama batuan berupa Tuffaceous Litharenite (Pettijohn, 1975) (Gambar 22).



Gambar 22. (A). Singkapan Batupasir tuffan Formasi Kalibeng (Tmpk) Lokasi Pengamatan 65 UTM 460137 9203820, (B) Profil Batupasir tuffan Formasi Kalibeng (Tmpk) dan karakteristik.

3.4 Sejarah Geologi

Data yang dikumpulkan mencakup deskripsi litologi melalui analisis petrologi dan petrografi, analisis paleontologi fosil, geomorfologi, analisis struktur geologi, serta stratigrafi daerah penelitian yang diintegrasikan untuk menyusun rangkaian peristiwa sejarah geologi. Interpretasi geologi daerah penelitian menunjukkan bahwa proses-proses geologi berlangsung sejak pengendapan batuan tertua pada Miosen Tengah hingga Resen (saat ini).

Miosen Tengah-Miosen Akhir

Formasi ini didominasi oleh material sedimen halus yang diinterpretasikan berasal dari longSORan bawah laut dan terendapkan pada lingkungan kipas bawah laut (*submarine fan*), khususnya di bagian *lower fan* hingga *middle fan*. Litologi utama yang ditemukan adalah batulanau dan batupasir gampingan. Menurut Nichols dan Reading [8], endapan turbidit pada kipas bawah laut tersusun atas batupasir dan batulanau yang menunjukkan perlapisan bersusun (*graded bedding*) serta struktur Bouma. (Nichols, 2009) Pada beberapa lokasi pengamatan di Formasi Kerek, ditemukan pula adanya sekuen Bouma, yang merupakan struktur sedimen khas endapan turbidit dan menjadi bukti kuat dari mekanisme pengendapan oleh arus gravitasi bawah laut. Pada kala Miosen Tengah, wilayah ini mengalami penurunan dasar laut yang cukup signifikan sehingga terbentuk lingkungan laut dalam (Miller et al., 2005)(Selley, 2013)(Richards & Bowman, 1998) (Nairn et al., 2013).

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 (Tmpk) yang berisikan litologi batupasir tufan dan batulanau.

4. KESIMPULAN

Sejarah geologi di daerah penelitian terbagi menjadi tiga fase. Fase pertama dimulai pada kala Miosen Tengah hingga Miosen Akhir, yang ditandai dengan pengendapan Formasi Kerek (Tmk). Fase kedua terjadi pada Miosen Akhir hingga Pliosen Awal, di mana Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) diendapkan secara selaras di atas Formasi Kerek. Anggota Banyak Formasi Kalibeng tersusun dari batupasir yang, serta batulanau gampingan. Pada saat yang sama, Anggota Banyak Formasi Kalibeng (Tmkb) juga diendapkan secara menjari (*interfingering*) dengan litologi batupasir tufan berasal dari.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, P. A., & Allen, J. R. (2013). Analisis cekungan: Prinsip dan aplikasi untuk penilaian prospek minyak bumi (edisi ke-3). Dalam U. 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ (Ed.), *John Wiley & Sons, Ltd.* (Edisi ke-3, Jilid 3). Wiley-Blackwell.
- Barker, R. W. (Reginald W. (1960). *Catatan taksonomi tentang spesies tersebut*. Perhimpunan Paleontolog dan Mineralogis Ekonomi. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/126114>
- Boggs, S. J. (2012). *Prinsip-prinsip sedimentologi dan stratigrafi edisi ke-4*. (Kevin Bradley/GGS Book Services (ed.); edisi ke-4). Universitas Oregon.
- Bouma, A. H., Kuenen, P. H., & Shepard, F. P. (1962). Sedimentologi beberapa endapan Flysch: pendekatan grafis untuk interpretasi fasies. Dalam *Sedimentologi beberapa endapan Flysch: pendekatan grafis untuk interpretasi fasies* Elsevier Pub. Co. <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/1512070.html>
- Gusti, U.K., Noviyani, A., 2026. Indonesian Journal of Earth Sciences Modern Ripples and Oxide Limestone at Pasir Padi Beach, Pangkalpinang, Bangka Belitung Province, Indonesia: Sebuah Studi Kasus untuk Pengembangan Geowisata 06, 1–15. <https://doi.org/10.52562/injoes.2026.1867>
- Heriani, N., & Sutriyono, E. (2024). KAJIAN STRUKTUR GEOLOGI DAN PENGARUHNYA TERHADAP KESTABILAN LAHAN DI DAERAH PINO BARU DAN SEKITARNYA, KABUPATEN BENGKULU SELATAN, PROVINSI BENGKULU. *Buletin Kontribusi Ilmiah*, 22(2), 81-98.
- Jones, R. W. (1994). Foraminifera Penantang. *Jurnal Biologi Evolusi*, 9, 124. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1996.9010124.x>
- Miller, K. G., Kominz, M. A., Browning, J. V, Wright, J. D., Mountain, G. S., Katz, M. E., Sugarman, P. J., Cramer, B. S., Christie-Blick, N., & Pekar, S. F. (2005). Catatan Fanerozoikum tentang Perubahan Permukaan Laut *Global.Sains*, 310(5752), 1293–1298. <https://doi.org/10.1126/science.1116412>
- Murray, J. (2006). Ekologi dan Aplikasi Foraminifera Benthik. *Jurnal Paleolimnologi - J PALEOLIMNOL*, 40 <https://doi.org/10.1007/s10933-007-9190-2>
- Nairn, A. E., Stehli, F. G., & Uyeda, S. (Eds.). (2013). *Cekungan dan Tepi Samudra: Samudra Pasifik* Springer Science & Business Media.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentologi dan Stratigrafi, edisi ke-2* Wiley-Blackwell.
- Pettijohn, F. J. (1975). *Batuan Sedimen, edisi ke-3* Harper and Row.
- Raharjo, W. (2004). Buku Panduan Ekskursi Geologi Regional untuk Pegunungan Selatan dan Zona Kendeng. *Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas*.
- Richards, M., & Bowman, M. (1998). Kipas bawah laut dan sistem pengendapan terkait ii: variabilitas dalam arsitektur reservoir dan karakter log wireline. *Geologi Kelautan dan Perminyakan*, 15(8), 821–839. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0264-8172\(98\)00042-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0264-8172(98)00042-7)
- Selley, R. (2013). *Lingkungan Sedimen Kuno: Dan Diagnosis Bawah Permukaannya*. <https://doi.org/10.4324/9780203059845>
- Allen, P. A., & Allen, J. R. (2013). Analisis cekungan: Prinsip dan aplikasi untuk penilaian prospek minyak bumi (edisi ke-3). Dalam U. 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ (Ed.), *John Wiley & Sons, Ltd.* (Edisi ke-3, Jilid 3). Wiley-Blackwell.

Van Bemmelen, R. W. (1970). *Geologi Indonesia* (Edisi v. 1). Kantor Percetakan Pemerintah AS.
<https://books.google.co.id/books?id=f6kJygEACAAJ>