Jurnal Geosains West Science
Vol. 4, No. 03, Oktober 2026, pp. 481~494

Analisis Litofasies dan Mikropaleontologi Dalam Penentuan Lingkungan Pengendapan Formasi Halang Daerah Bodeh dan Sekitarnya, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah

Gina Ayasi[1], Edy Sutriyono[2], Ugi Kurnia Gusti[3]
[1-3] Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Oct, 2026
Revised Oct, 2026
Accepted Oct, 2026

Kata Kunci:

Formasi Halang, Litofasies, Mikropaleontologi, Kipas Bawah Laut, Jawa Tengah

Keywords:

Halang Formation, Lithofacies, Micropaleontology, Submarine Fan, Central Java

ABSTRAK

Formasi Halang di daerah Bodeh, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah, merupakan suksesi sedimen klastik laut dalam yang merekam proses sedimentasi turbidit dalam Cekungan Serayu Utara. Pemahaman terhadap lingkungan pengendapannya menjadi penting untuk merekonstruksi evolusi cekungan dan sejarah tektono-sedimentasi regional pada kala Neogen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lingkungan pengendapan Formasi Halang melalui analisis terpadu sedimentologi, stratigrafi, dan mikropaleontologi. Metode penelitian meliputi pengukuran penampang stratigrafi terukur, karakterisasi litofasies, analisis struktur sedimen, kajian petrografi, serta identifikasi foraminifera planktonik dan bentonik untuk penentuan umur dan interpretasi batimetri. Asosiasi fasies tersusun atas perselingan batupasir, batupasir andesitik, dan batulempung yang menunjukkan sekuen Bouma tidak lengkap (Tb–Tc–Te), struktur graded bedding, wavy lamination, serta pola coarsening upward yang khas endapan arus turbidit. Data mikropaleontologi menunjukkan umur Miosen Akhir–Pliosen Tengah dan mengindikasikan lingkungan pengendapan pada zona outer neritic hingga upper bathyal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Formasi Halang di daerah penelitian diendapkan dalam sistem kipas bawah laut (submarine fan) bagian lower fan hingga middle fan pada cekungan busur muka aktif yang dipengaruhi proses tektonik dan vulkanik Neogen.

ABSTRACT

The Halang Formation in the Bodeh area, Pemalang Regency, Central Java, is a deep marine clastic sediment succession that records the turbidite sedimentation process in the North Serayu Basin. Understanding its depositional environment is important for reconstructing the basin's evolution and the regional tectono-sedimentary history during the Neogene. This study aims to determine the depositional environment of the Halang Formation through an integrated analysis of sedimentology, stratigraphy, and micropaleontology. The research methods include measuring a measured stratigraphic section, characterizing lithofacies, analyzing sedimentary structures, conducting petrographic studies, and identifying planktonic and benthic foraminifera to determine age and interpret bathymetry. The facies association is composed of interbedded sandstone, andesitic sandstone, and mudstone, showing an incomplete Bouma sequence (Tb–Tc–Te), graded bedding structures, wavy lamination, and a coarsening-upward pattern characteristic of turbidite current deposits. Micropaleontological data indicate a Late Miocene–Middle Pliocene age and suggest a

depositional environment from the outer neritic to upper bathyal zone. The results of this study show that the Halang Formation in the study area was deposited in a submarine fan system, from the lower fan to the middle fan, within an active arc basin influenced by Neogene tectonic and volcanic processes.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author:

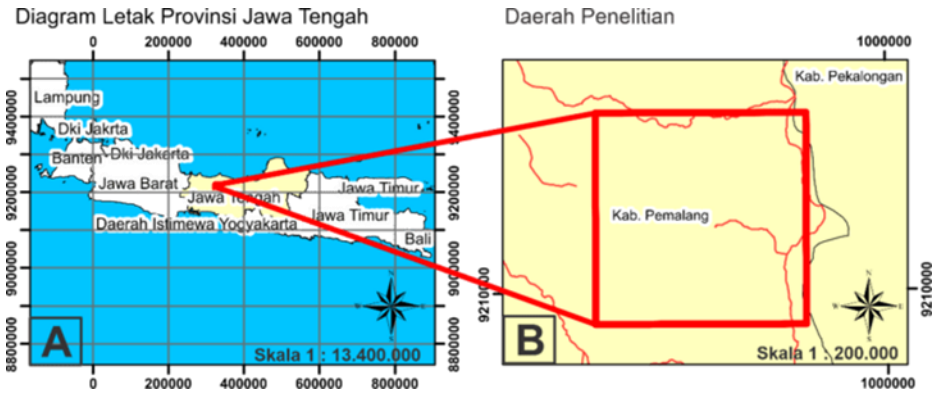
Name: Ugi Kurnia Gusti, S.T., M.Sc.
Institution: Geological Engineering Study Program, Sriwijaya University, Jl. Srijaya Negara, Palembang, South Sumatra, 30139, Indonesia
Email: ugikurnia@unsri.ac.id

1. PENDAHULUAN

Formasi Halang merupakan salah satu litofasies sedimen laut dalam yang berkembang luas di Jawa Tengah dan memainkan peran penting dalam merekonstruksi evolusi cekungan sedimen, khususnya di Cekungan Serayu Utara. Formasi ini dicirikan oleh dominasi endapan klastik yang berasosiasi dengan turbidit yang mencatat dinamika arus gravitasi bawah laut, fluktuasi energi pengendapan, serta pengaruh aktivitas tektonik dan vulkanik regional selama Miosen. Pemahaman tentang lingkungan pengendapan Formasi Halang sangat penting karena berhubungan langsung dengan interpretasi proses sedimentasi, distribusi fasies, dan sejarah geologi regional Jawa Tengah. Pendekatan terpadu melalui analisis sedimentologi dan stratigrafi diperlukan untuk memperoleh interpretasi komprehensif tentang lingkungan pengendapan yang tidak hanya deskriptif tetapi juga genetik (Walker, 1978; Boggs, S., 2006). Secara litostratigrafi, lokasi tipe Formasi Halang terletak di Sungai Dendang, yang melintasi daerah Bodeh, Jawa Tengah. Namun, nama Formasi Halang masih digunakan hingga wilayah Cekungan Serayu Utara, Jawa Tengah, karena kemiripan karakteristik fisiknya berupa endapan turbidit (Praptisih dkk., 2011). Formasi Halang merupakan salah satu litofasies sedimen yang berperan penting dalam merekonstruksi sejarah geologi di bagian selatan Jawa, khususnya di Cekungan Serayu Utara dan sekitarnya (Purwasatriya dkk., 2021).

Formasi ini terdiri dari endapan sedimen klastik yang beragam, mulai dari batupasir dan batulumpur hingga konglomerat, yang menunjukkan lingkungan pengendapan yang kompleks (Martodjojo, 2003). Menentukan lingkungan pengendapan Formasi Halang penting karena dapat memberikan informasi tentang kondisi energi, kedalaman, dan proses sedimentasi yang terjadi selama pembentukannya menurut (Nichols 2010) dan (Walker 1978). Studi sedimentologi memainkan peran kunci dalam memahami karakteristik endapan dan proses transportasi sedimen. Melalui analisis litologi, struktur sedimen, dan tekstur butiran, mekanisme pengendapan dan komposisi bahan sumber dapat diidentifikasi (Boggs, S. 2006). Selain itu, analisis stratigrafi, baik secara vertikal maupun lateral, memberikan gambaran umum tentang hubungan antar lapisan batuan serta perubahan fasies yang mencerminkan dinamika lingkungan pengendapan dari waktu ke waktu (Selley 2000). Hubungan antara sedimentologi dan stratigrafi memungkinkan interpretasi yang lebih akurat tentang lingkungan pengendapan, karena kombinasi kedua aspek ini tidak hanya menunjukkan proses fisik pengendapan tetapi juga evolusi stratigrafi yang mencerminkan perubahan kondisi geologi regional (Posamentier et al., 2003; Reading 2009).

Penelitian sebelumnya tentang Formasi Halang umumnya berfokus pada analisis fasies dan struktur sedimen untuk menginterpretasikan lingkungan pengendapan dalam sistem kipas bawah laut (Praptisih dkk. 2011; Yuniarti dkk., 2018), serta studi petrografi yang menekankan pengaruh pasokan material vulkanik terhadap karakteristik batupasir (Martodjojo, 2003; Clements dkk., 2007). Sementara itu, penentuan umur Formasi Halang sebagian besar didasarkan pada korelasi stratigrafi regional tanpa dukungan data fosil yang terintegrasi langsung di lokasi penelitian (Kastowo, 1975; Ter Haar, 1935). Oleh karena itu, studi yang mengintegrasikan pengamatan sedimen berlapis untuk interpretasi lingkungan pengendapan, analisis petrografi untuk karakterisasi batuan, dan data fosil sebagai dasar penentuan umur relatif masih terbatas, khususnya di daerah Bodeh dan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pendekatan ini, sehingga Formasi Halang dapat diinterpretasikan secara lebih mendalam, baik dari segi proses sedimentasi maupun pola variasi fasies yang berkaitan dengan faktor tektonik dan paleogeografi (Yuniarti dkk., 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan lingkungan pengendapan Formasi Halang berdasarkan hubungan antara data sedimentologi, paleontologi, dan stratigrafi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pemahaman evolusi cekungan sedimen dan rekonstruksi kondisi stratigrafi di wilayah penelitian.



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

2. METODE PENELITIAN

Studi ini menganalisis secara detail litofasies dan mikropaleontologi singkapan batuan yang dihasilkan dari pemetaan geologi Formasi Halang di lokasi penelitian melalui pendekatan terintegrasi yang mencakup analisis model lingkungan pengendapan (Walker, 1978) dan fosil.

Penelitian ini dimulai dengan kegiatan pemetaan geologi permukaan untuk mengidentifikasi distribusi satuan batuan, hubungan stratigrafi, dan struktur geologi di area penelitian. Pemetaan dilakukan langsung di lapangan menggunakan metode traversing, mengikuti aliran sungai dan jalur singkapan representatif, terutama di sepanjang Sungai Dendang dan sekitarnya. Koordinat setiap titik pengamatan dicatat menggunakan GPS, diikuti dengan deskripsi litologi, pengukuran strike dan dip lapisan menggunakan kompas geologi, serta dokumentasi struktur sedimen dan hubungan antar satuan batuan. Data lapangan kemudian diplot pada peta dasar topografi dan diproses untuk menghasilkan peta geologi dan penampang stratigrafi terukur sebagai dasar interpretasi fasies dan analisis lingkungan pengendapan.

Selanjutnya, analisis fasies diperoleh dari pengukuran penampang stratigrafi yang diukur menggunakan pita ukur dan kompas pada singkapan kontinu serta beberapa singkapan terpisah yang dapat direkonstruksi menjadi penampang stratigrafi lengkap, dengan prioritas diberikan pada singkapan dengan kontinuitas yang baik. Data yang dikumpulkan meliputi karakteristik tekstur dan ukuran butir, struktur sedimen, komposisi mineral, urutan pengendapan vertikal, dan jenis kontak antar lapisan seperti erosi, gradasi, dan tajam. Analisis pola perubahan fasies, baik pengasaran ke atas maupun penghalusan ke atas, digunakan untuk menafsirkan mekanisme transportasi sedimen dan proses pengendapan serta untuk menentukan lingkungan pengendapan berdasarkan asosiasi fasies dan urutan Bouma.

Analisis paleontologi dilakukan pada sampel batulempung dan batupasir halus melalui proses persiapan laboratorium termasuk perendaman, pencucian, pengayakan, dan pengeringan untuk mendapatkan residu mikrofosil, khususnya foraminifera planktonik dan bentik. Identifikasi taksonomi dilakukan menggunakan mikroskop binokuler dengan mengacu pada Literatur biostratigrafi standar, dan kemudian digunakan untuk menentukan umur relatif, zonasi biostratigrafi, serta interpretasi batimetri lingkungan pengendapan. Integrasi data paleontologi dengan sedimentologi dan stratigrafi digunakan sebagai dasar untuk menginterpretasikan lingkungan pengendapan, batimetri (Blow, 1969), dan korelasi stratigrafi komprehensif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh dari kegiatan lapangan dan analisis laboratorium, termasuk pemetaan geologi, analisis litofasies, dan studi paleontologi. Data yang dikumpulkan kemudian diproses dan diinterpretasikan untuk mengungkap kondisi geologi daerah penelitian, khususnya mengenai karakteristik batuan, hubungan stratigrafi, dan lingkungan pengendapan Formasi Halang. Pembahasan dilakukan secara terintegrasi antara data observasi lapangan dan studi teoritis untuk menghasilkan interpretasi yang komprehensif dan sistematis.

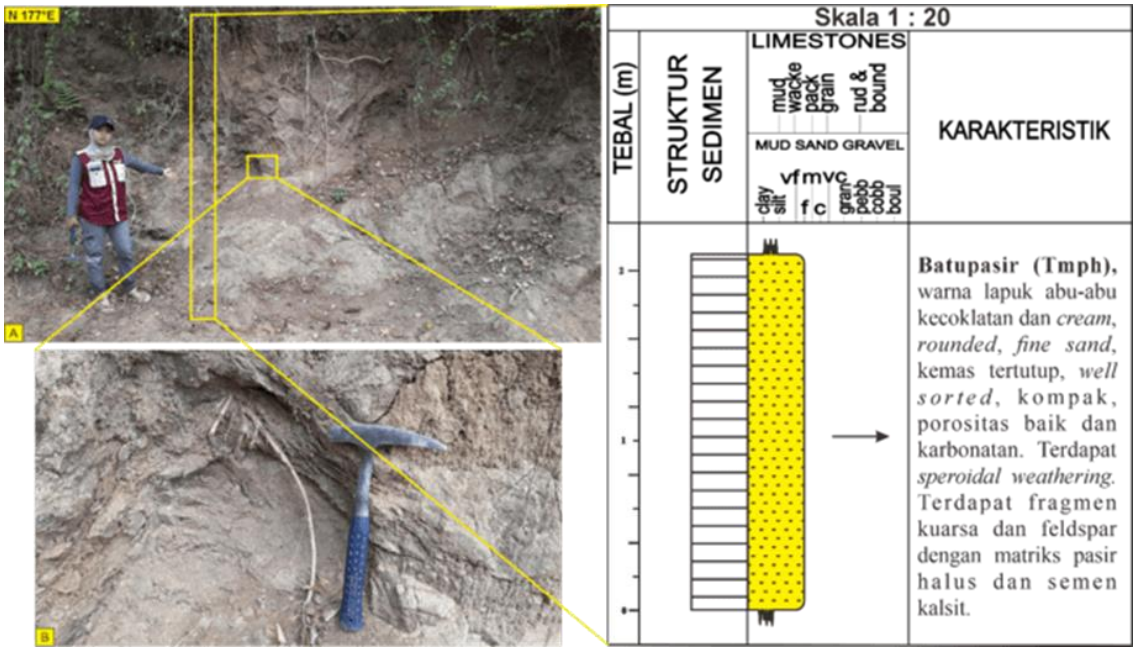
3.1 Pemetaan Geologi

Lokasi ini dipilih karena aliran Sungai Dendang berorientasi relatif utara-selatan, sehingga umumnya memotong arah lapisan batuan. Pengukuran dilakukan sepanjang jalur sekitar 20 meter, dan pengamatan kemudian diklasifikasikan berdasarkan asosiasi batuan menjadi tiga litofasies utama dari bawah ke atas, yaitu batulempung dan batupasir, serta perlapisan antara batulempung dan batupasir. Dalam hasil pengukuran penampang stratigrafi ini, ditemukan juga struktur laminasi bergelombang, yang menunjukkan pelapisan bergelombang halus yang mencerminkan fluktuasi energi aliran dan proses pengendapan bergantian antara suspensi dan traksi. Struktur ini umumnya terbentuk dalam kondisi energi rendah hingga menengah, di mana terdapat arus atau gelombang lemah yang menyebabkan pembentukan pola laminasi bergelombang. Laminasi bergelombang ini menunjukkan lingkungan pengendapan yang bertransisi antara dominasi traksi dan suspensi, yang sering ditemukan di bagian distal kipas laut atau sistem lobus luar, di mana kecepatan arus turbiditas mulai menurun (Bouma, 1962; Reading, 2009; Shanmugam, 2015). Selain itu, identifikasi sekuens Bouma yang tidak lengkap (Tb, Tc, dan Te) mencerminkan pengendapan oleh arus turbiditas dengan energi yang semakin menurun. Pola pengasaran ke atas menunjukkan progradasi sistem pengendapan karena peningkatan pasokan sedimen atau pergeseran fasies ke arah kondisi yang lebih dangkal. Berdasarkan asosiasi litofasies, struktur sedimen, dan mekanisme pengendapan

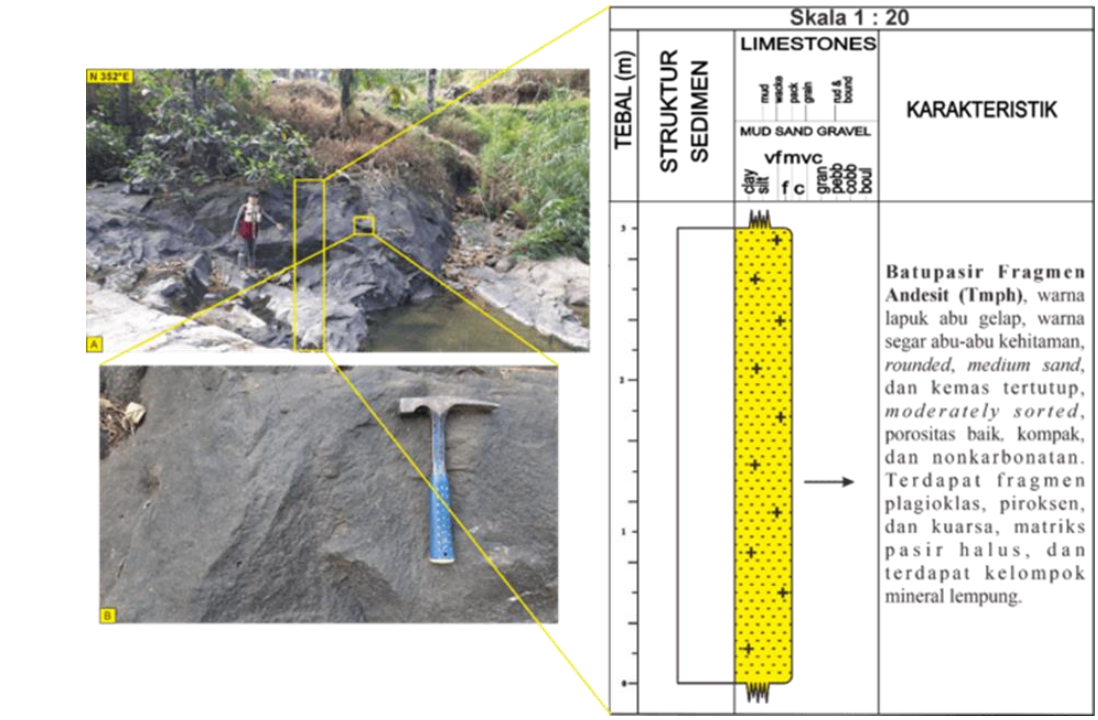
ini, penelitian ini diinterpretasikan telah diendapkan di lingkungan laut dalam dalam sistem kipas bawah laut, khususnya di bagian bawah hingga tengah kipas.

3.2 Analisis Litofasies

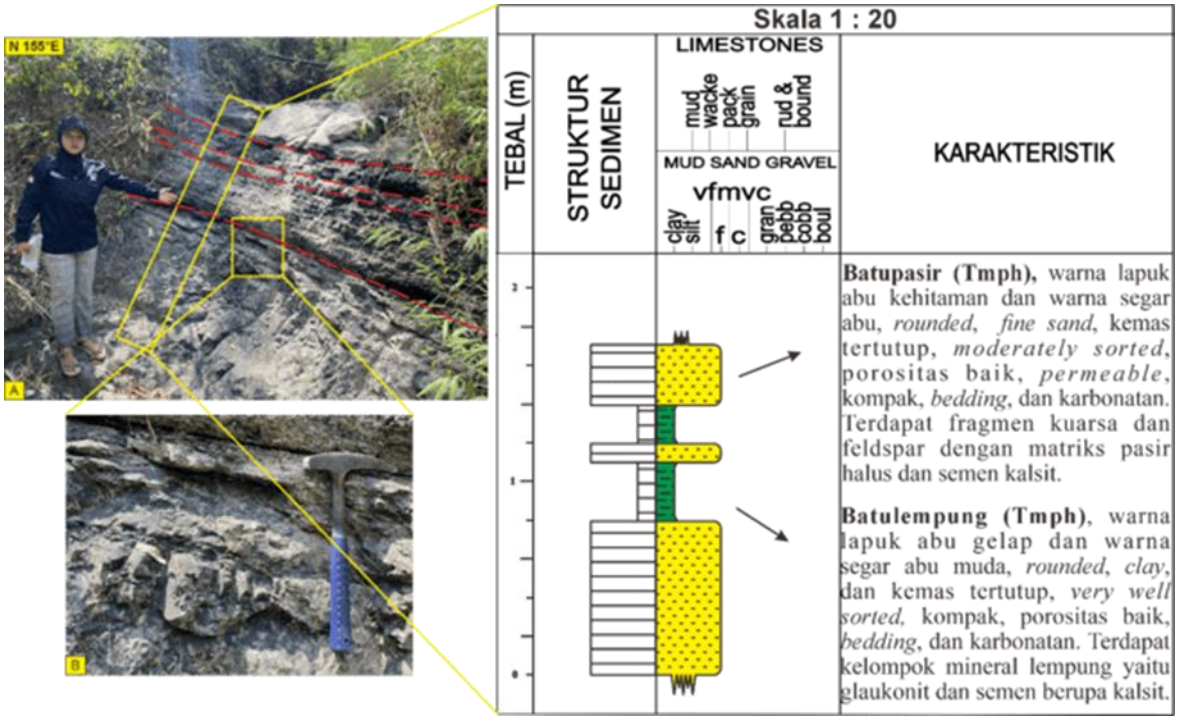
Penelitian ini berkaitan dengan formasi tertua, yang berasal dari Miosen Tengah hingga Akhir. Formasi Halang diendapkan secara selaras di atas Formasi Rambatan berdasarkan pengamatan pada Peta Geologi lembar Purwokerto dan Tegal. Dalam penelitian ini, formasi tersebut terdiri dari litofasies sedimen klastik berupa batupasir (Gambar 2), batupasir andesitik (Gambar 3), dan batulempung (Gambar 4), yang menunjukkan profil singkapan dengan struktur sedimen mulai dari perlapisan, masif, dan pergantian antara batupasir dan batulempung, yang mengindikasikan pengendapan di lingkungan laut dalam dengan energi tinggi hingga rendah dengan pola pengendapan turbidit yang khas.



Gambar 1. Singkapan litofasies batupasir di lokasi penelitian menunjukkan karakter butiran halus, sortasi yang baik, dan struktur berlapis sebagai hasil pengendapan dari arus turbidit berenergi sedang. Kehadiran struktur ini mewakili bagian Bouma Tb, yang mencerminkan fase penurunan energi arus dalam sistem kipas bawah laut.



Gambar 2. Litofasies batupasir andesitik di lokasi penelitian dicirikan oleh komposisi fragmen vulkanik dan struktur masif. Karakteristik ini menunjukkan pengendapan oleh arus turbiditas berdensitas tinggi yang terkait dengan pasokan material dari busur vulkanik aktif, yang menunjukkan posisi relatif di zona kipas tengah hingga dalam.



Gambar 3 Litofasies batulempung di lokasi penelitian menunjukkan struktur masif dan ukuran butir yang sangat halus, mencerminkan proses pengendapan dari suspensi dalam kondisi energi yang sangat rendah. Litofasies ini mewakili bagian Te dari rangkaian Bouma, menandai fase akhir dari siklus turbidit di lingkungan laut dalam.

3.2.1 Litofesies Batupasir Struktur Sedimen Laminasi

Pengamatan makroskopis batupasir ini memiliki karakteristik seperti warna abu-abu kekuningan yang lapuk dan warna abu-abu muda yang segar, tingkat kebulatan yang membulat, ukuran butir pasir halus (1/8 mm), susunan rapat, sortasi baik, kompak, dan berkapur. Pada batupasir ini, ditemukan struktur sedimen berupa laminasi, menunjukkan pola Bouma Tb, yang mengindikasikan bahwa arus pada pola Tb ini masih relatif kuat namun orientasinya masih linier/stabil karena membentuk struktur sedimen laminasi (Gambar 5).

3.2.2 Litofasies Batupasir Struktur Sedimen Laminasi Bergelombang

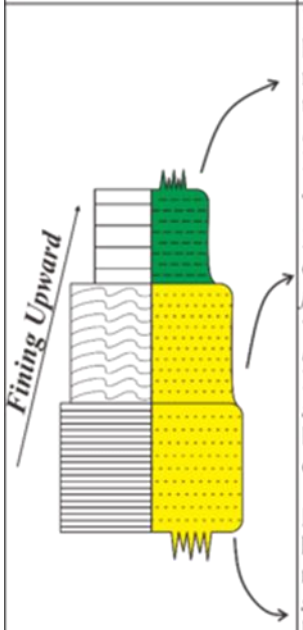
Batupasir ini memiliki warna abu-abu gelap yang lapuk dan warna abu-abu muda yang segar, tingkat pembulatan yang membulat, ukuran butir pasir halus (1/8 mm), susunan rapat, sortasi baik, kompak, porositas baik, berkarbonat dengan fragmen kuarsa, matriks lempung, dan semen kalsit. Pada batupasir ini, struktur sedimen berupa laminasi bergelombang diamati, menunjukkan pola Bouma Tc, yang menunjukkan bahwa arus pada pola Tc ini mulai melemah dari Tb, tetapi selama pengendapan, arah arus yang mempengaruhinya relatif berfluktuasi, sehingga membentuk struktur laminasi bergelombang (Gambar 5).

3.2.3 Litofasies Batupasir Struktur Sedimen Masif

Pengamatan makroskopis Batupasir Andesit ini menunjukkan warna abu-abu gelap yang lapuk dan warna abu-abu kehitaman yang segar, tingkat pembulatan, ukuran butir pasir sedang (1/4 mm), dan tekstur tertutup. Batuan ini tersortir sedang, dengan porositas yang baik, struktur sedimen yang kompak dan masif, serta non-karbonat. Batupasir ini diklasifikasikan sebagai batupasir vulkanik (arinit litik vulkanik), yang sebagian besar terdiri dari fragmen batuan vulkanik intermediat (andesit). Kehadiran fragmen andesit, plagioklas, dan mineral mafik menunjukkan bahwa sumber material berasal dari busur vulkanik aktif — kemungkinan besar dari aktivitas vulkanik di Zona Bogor – Halang selama Miosen Akhir (Martodjojo 2003; Clements dkk. 2007). Berdasarkan karakteristik tekstur yang tersortir buruk, struktur masif, dan kehadiran fragmen vulkanik, batupasir andesit ini ditafsirkan telah diendapkan oleh arus turbidit berenergi tinggi di bagian tengah-dalam kipas sistem kipas bawah laut. Lingkungan ini dicirikan oleh pasokan sedimen vulkanik yang tinggi dari daerah daratan aktif serta peristiwa gravitasi seperti aliran puing atau arus turbiditas dengan kepadatan tinggi (Bouma 1962; Reading 2009).

3.2.4 Litofasies Batulempung Struktur Sedimen Masif

Batu lempung ini, pada tingkat megaskopik, memiliki karakteristik warna abu-coklat lapuk dan abu-abu muda segar, bentuk bulat bersudut, ukuran butir lempung (<1/256), susunan rapat, sortasi sangat baik, kompak, dengan porositas yang baik, struktur sedimen masif, dan berkarbon. Lapisan ini mewakili endapan turbidit berenergi rendah (Bouma Te), terbentuk karena arus turbidit berdensitas rendah yang memulai pengendapan batu lempung. Struktur masif menunjukkan arus lemah selama proses pengendapan, menyebabkan batu lempung mengendap dan membentuk struktur masif. Dengan demikian, urutan litologi ini menunjukkan lingkungan pengendapan bagian tengah kipas laut (kipas tengah), di mana arus turbidit mulai melemah tetapi masih memiliki energi yang cukup untuk mengendapkan batupasir hingga batu lempung (Gambar 5).

Profil Penampang Stratigrafi	Deskripsi	*Bouma Sequence*	Foto	Lingkungan Pengendapan
	**Batulempung,** warna lapuk abu kecoklatan dan warna segar abu muda, *rounded*, *clay*, kemas tertutup, *very well sorted*, kompak, *bedding*, dan karbonatan kuat. Batulempung ini tergolong *bouma sequence* Te.	Te (Batu lempung)		*Submarine Fan (Middle Fan)*(Walker, 1978)
	Batupasir, warna lapuk abu gelap dan warna segar abu muda, *very fine sand,* bentuk butir *rounded*, *well sorted,* kompak, *wavy lamination* dan karbonatan kuat. Batupasir ini tergolong *bouma sequence* Tc. Terdapat fragmen kuarsa dengan matriks lempung dan semen kalsit.	Tc (Batu pasir *wavy lamination*)		
	Batupasir warna lapuk abu kekuningan dan warna segar abu muda, *fine sand, rounded*, *well sorted,* kemas tertutup, kompak, laminasi dan karbonatan kuat. Batupasir ini tergolong *bouma sequence* Tb.	Tb (Batu pasir Laminasi)		*Submarine Fan (Lower Fan)*(Walker, 1978)

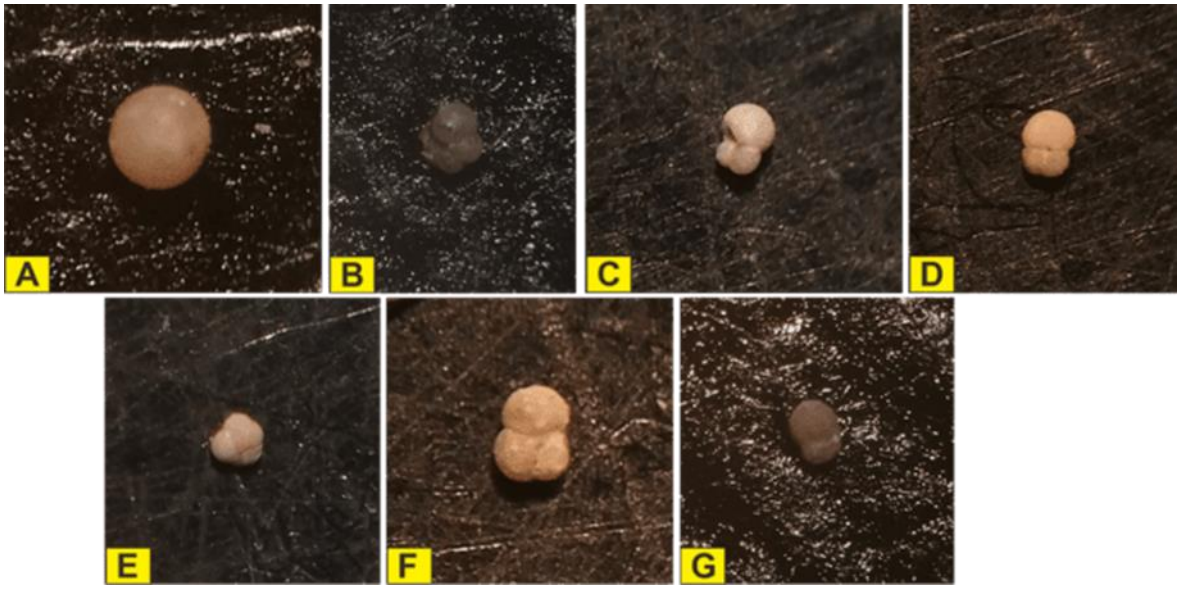
Gambar 4. Variasi struktur sedimen dalam rangkaian Bouma (Tb–Tc–Te) menunjukkan evolusi energi arus turbidit dari kondisi yang relatif kuat hingga sangat lemah. Struktur laminasi paralel (Tb) pada gambar A, laminasi bergelombang (Tc) pada gambar B, dan batulumpur masif (Te) pada gambar C menunjukkan mekanisme pengendapan bertahap dalam sistem kipas bawah laut.

3.3 Analisis Paleontologi

Studi paleontologi digunakan sebagai data pendukung dalam menentukan umur relatif dan korelasi stratigrafi. Keberadaan fosil foraminifera planktonik (Gambar 6 dan 7) dan fosil bentik (Gambar 8 dan 9) akan menunjukkan umur relatif formasi dan interval kedalaman lingkungan pengendapan fosil, terutama pada unit batulumpur dan batupasir halus, yang mencerminkan kondisi lingkungan laut dalam, meskipun pengawetan fosil relatif terbatas karena dominasi proses pengendapan turbiditas yang cepat dan merusak.



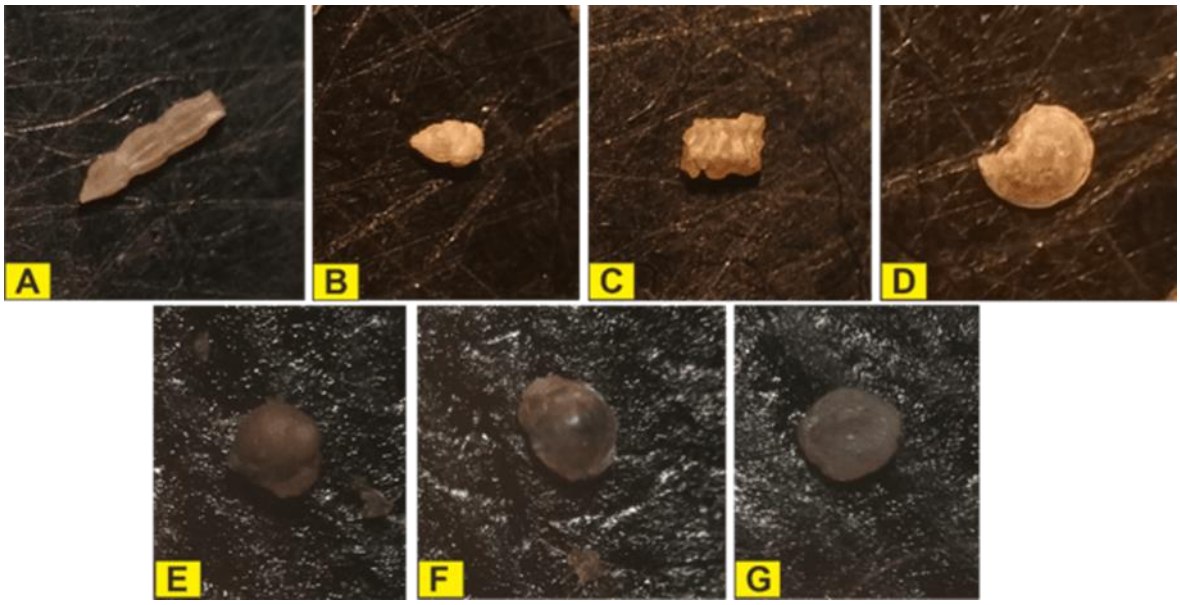
Gambar 5. Fosil foraminifera planktonik dalam batupasir yang menunjukkan keberadaan organisme laut terbuka dalam sedimen turbidit, menunjukkan pengangkutan material dari kolom air ke dasar laut dan mendukung interpretasi usia relatif unit batuan tersebut.



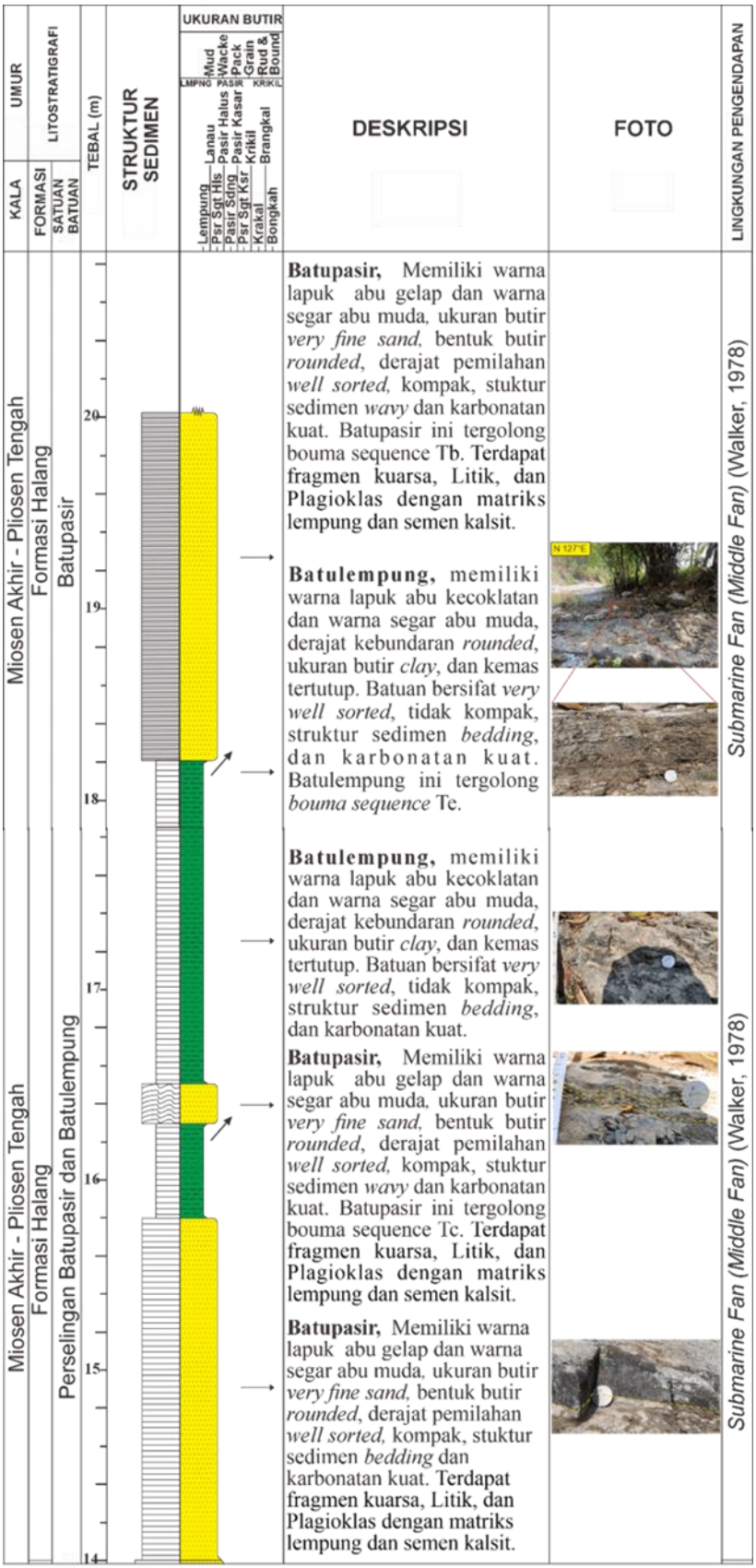
Gambar 6. Fosil foraminifera planktonik dalam batuan lempung yang diendapkan secara tenang dari suspensi mencerminkan kondisi lingkungan laut dalam dengan energi rendah dan berperan dalam menentukan usia Miosen Akhir–Pliosen Tengah.



Gambar 7. Fosil foraminifera bentik dalam batupasir, yang menunjukkan keberadaan organisme penghuni dasar laut yang diangkut atau diendapkan kembali karena arus turbidit, memberikan indikasi kondisi batimetri lingkungan pengendapan.



Gambar 8. Fosil foraminifera bentik dalam batulumpur, yang lebih terawetkan dalam kondisi energi rendah, menunjukkan lingkungan pengendapan laut dalam dari zona neritik luar hingga zona batial atas.



Gambar 9. Penampang stratigrafi terukur menunjukkan pergantian batupasir dan batulumpur, struktur turbidit, dan tren pengasaran ke atas. Pola ini menunjukkan proses progradasi sistem kipas bawah laut akibat peningkatan pasokan sedimen atau perubahan permukaan laut relatif.

Secara regional, Formasi Halang diketahui berumur Miosen Tengah hingga Akhir berdasarkan korelasi stratigrafi dan data paleontologi sebelumnya. Integrasi data fosil dengan hasil analisis sedimentologi dan petrografi memperkuat interpretasi bahwa pengendapan terjadi di lingkungan laut dalam yang aktif secara tektonik dan vulkanik. Dengan demikian, data paleontologi berfungsi sebagai kontrol umur yang melengkapi interpretasi lingkungan pengendapan dan evolusi stratigrafi di wilayah penelitian.

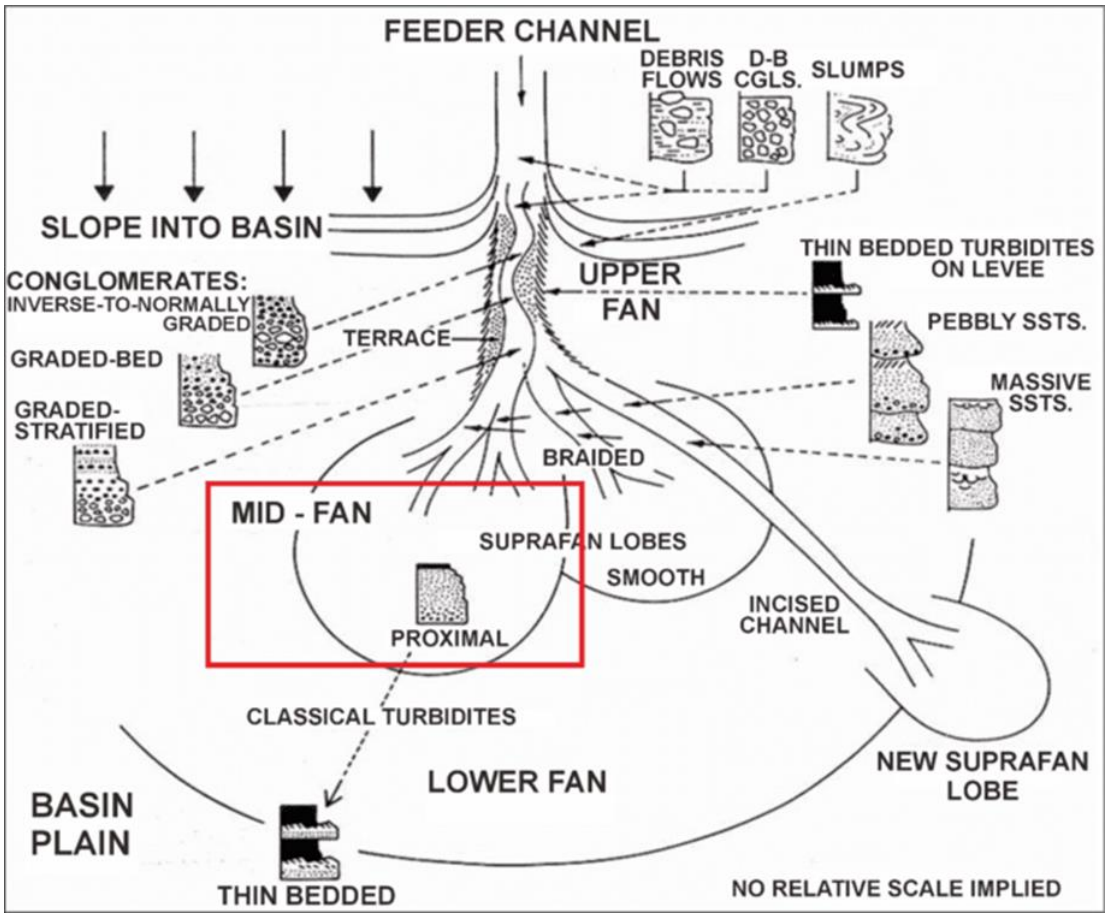
Dalam konteks keberadaan struktur bergelombang pada lapisan batulempung dan batupasir halus, hal ini memperkuat interpretasi bahwa endapan ini merupakan hasil dari sistem turbidit distal di bawah kondisi energi yang berfluktuasi karena variasi intensitas arus bawah laut. Kemudian, terdapat struktur perlapisan sedimen yang menunjukkan adanya arus energi yang kuat, yang mengakibatkan pengendapan yang berkepanjangan dan menyebabkan penebalan lapisan sedimen. Pada pola penampang stratigrafi yang diukur, terdapat pergantian antara batulempung dan batupasir, yang menunjukkan perubahan arus yang awalnya lemah dan kemudian meningkat energinya, menyebabkan batupasir terendapkan. Terdapat pola pengasaran ke atas, yaitu perubahan ukuran butir sedimen dari halus di bagian bawah menjadi kasar di bagian atas dalam urutan pelapisan (suksesi vertikal). Secara visual, ini berarti ukuran butir meningkat ke atas dalam penampang stratigrafi. Pola pengasaran ke atas umumnya menunjukkan progradasi — yaitu pergeseran lingkungan pengendapan ke arah laut (seaward) atau ke arah kondisi yang lebih dangkal (shoaling upward) karena peningkatan pasokan sedimen atau penurunan muka air laut relatif (relative sea-level fall) (Gambar 10).

Di area penelitian, terdapat bukti adanya ciri-ciri arus turbidit (urutan Bouma), yang didasarkan pada tiga sub-lapisan utama (Tb, Tc, Te) (Gambar 5). Bagian Tb menunjukkan lapisan batupasir halus dengan struktur laminasi paralel yang sangat jelas. Ukuran butir halus dan struktur laminasi paralel merupakan karakteristik Bouma Tb, yang diendapkan oleh arus turbidit dengan energi sedang yang mulai melemah setelah fase basal berenergi tinggi (Ta). Pada tahap ini, sedimen diendapkan oleh aliran turbulen yang masih cukup kuat untuk membentuk laminasi paralel, tetapi tidak lagi cukup kuat untuk mengangkut butiran besar. Struktur ini menunjukkan penurunan kecepatan arus secara bertahap, menandai transisi dari pengangkutan ke pengendapan. Pada Tc, terlihat laminasi bergelombang dengan pola lentikular halus yang terdiri dari material lanau hingga pasir sangat halus. Struktur ini merupakan karakteristik Bouma Tc, di mana arus telah semakin melemah, menyebabkan endapan mulai terbentuk dari kombinasi arus traksi lemah dan suspensi. Pada Te, terlihat batulumpur masif tanpa struktur internal yang jelas. Lapisan ini merupakan unit teratas dari rangkaian Bouma (Te), yang diendapkan dari suspensi halus setelah energi arus benar-benar hilang. Material halus (lempung) mengendap perlahan ke dasar laut, membentuk lapisan homogen yang warnanya berkisar dari abu-abu gelap hingga cokelat.

Lingkungan pengendapan Formasi Halang di lokasi penelitian menunjukkan karakteristik sistem turbidit laut dalam, yang dicirikan oleh asosiasi fasies batupasir-batulumpur dengan struktur sedimen rangkaian Bouma (Ta–Te), pola penghalusan ke atas, dan dominasi laminasi paralel dan struktur perlapisan bertingkat. Karakteristik ini konsisten dengan model turbidit klasik yang diusulkan oleh Bouma (1962) mengenai mekanisme pengendapan arus turbidit dalam sistem laut dalam. Lebih lanjut, asosiasi fasies yang berkembang menunjukkan kemiripan dengan konsep sistem kipas bawah laut menurut Mutti & Ricci (1972), khususnya pada Fasies kipas tengah hingga kipas luar didominasi oleh endapan pasir turbidit berlapis yang diselingi dengan batulumpur hemipelagik. Secara stratigrafi, urutan dan pola pengendapan yang menunjukkan pengulangan

siklik juga sejalan dengan konsep stratigrafi sekuens oleh Posamentier & Vail (1988), di mana sistem kipas laut dalam berkembang di bawah kondisi penurunan muka air laut relatif hingga sistem lowstand. Dengan demikian, hasil penelitian ini konsisten dengan interpretasi bahwa lingkungan pengendapan terletak di kipas tengah (dimodifikasi dari Walker, 1978 dalam Darul N, 2017) (Gambar 11).

Berdasarkan hasil analisis mikropaleontologi planktonik yang mengacu pada zonasi (Blow, 1969), umur unit batuan di daerah penelitian ditafsirkan berkisar dari Miosen Akhir hingga Pliosen Tengah (Gina, 2025). Keberadaan foraminifera planktonik yang dominan dan asosiasi foraminifera bentik yang mengindikasikan kondisi laut dalam menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan berada di zona batimetri yang berkisar dari neritik luar hingga batial atas. Interpretasi ini mendukung perkembangan cekungan sedimen laut dalam di bagian selatan Jawa–Sumatra yang terkait dengan sistem cekungan busur depan akibat aktivitas subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia selama Neogen. Secara regional, kondisi ini sejalan dengan evolusi sedimen Formasi Halang, yang dikenal sebagai bagian dari sistem turbidit cekungan busur depan di Jawa dan Sumatra Selatan.



Gambar 10. Lingkungan Pengendapan Model Kipas Bawah Laut (dimodifikasi dari Walker, 1978 dalam Darul N, 2017).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sedimentologi dan stratigrafi, Formasi Halang di daerah Bodeh dan sekitarnya ditafsirkan telah diendapkan di lingkungan laut dalam, khususnya di bagian tengah

kipas sistem kipas bawah laut. Interpretasi ini didukung oleh adanya asosiasi litofasies yang berselang-seling berupa batupasir, batupasir andesitik, dan batulumpur, adanya struktur sedimen seperti perlapisan, laminasi paralel, laminasi bergelombang, serta struktur masif, dan terjadinya sekuens Bouma yang tidak lengkap (Tb, Tc, dan Te). Pola ukuran butir yang semakin kasar ke atas mencerminkan proses progradasi sistem pengendapan karena peningkatan pasokan sedimen atau pergeseran fasies ke arah kondisi yang lebih dangkal di lingkungan laut dalam yang dinamis, yang dikendalikan oleh arus turbiditas dengan energi yang berfluktuasi.

Studi paleontologi melalui identifikasi fosil foraminifera planktonik dan bentik pada unit batulempung dan batupasir halus berperan dalam menentukan umur relatif dan kondisi batimetri lingkungan pengendapan. Keberadaan fosil-fosil ini memperkuat interpretasi bahwa Formasi Halang diendapkan di lingkungan laut dalam; integrasi data fosil dengan analisis sedimentologi dan petrografi menunjukkan bahwa Formasi Halang berasal dari Miosen Tengah hingga Akhir dan terbentuk di lingkungan laut dalam yang dipengaruhi oleh aktivitas tektonik dan vulkanik yang intens.

DAFTAR PUSTAKA

Ayasi, G. 2025. Geologi Daerah Bodeh dan Sekitarnya, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah. Universitas Sriwijaya

Blow, W.H. (1969). Biostratigrafi foraminifera planktonik Eosen Tengah Akhir hingga Masa Kini. Dalam: Bronnimann, P., & Renz, H.H. (eds.), Prosiding Konferensi Internasional Pertama tentang Mikrofosil Planktonik, Jenewa 1967. E.J. Brill, Leiden, hlm. 199–421.

Boggs, S., Jr. 2006. "Prinsip-prinsip Sedimentologi dan Stratigrafi (Edisi ke-4)." Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Bouma, Arnold H. 1962. "Sedimentologi Beberapa Endapan Flysch, Pendekatan Grafis untuk Interpretasi Fasies. Perkembangan dalam Sedimentologi, \upshape{\textbf{1}}." 1 sumber daring (xii, 168 halaman).

Clements, B., & Hall, R. 2007. "Evolusi Enozoik Cekungan Forearc Indonesia." Geological Society of London, Publikasi Khusus, 290(1), 237–262.

Martodjojo, S. 2003. "Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat: Suatu Studi Sedimentologi Dan Tektonik." Disertasi, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.

Mutti, Emiliano dkk. 2003. "Sedimentasi Deltaik, Campuran dan Turbidit Cekungan Foreland Kuno." Marine and Petroleum Geology 20(6–8):733–55. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2003.09.001.

Nichols, G. 2010. "Sedimentologi dan Stratigrafi." Jurnal Ilmu Tanah Eropa 61(2):315–16. doi: 10.1111/j.1365-2389.2009.01225.x.

Posamentier, Henry W. dkk. 2003. "Geomorfologi Seismik dan Stratigrafi Unsur-Unsur Deposisi di Lingkungan Perairan Dalam." Jurnal Penelitian Sedimen 73(3):367–88. doi: 10.1306/111302730367.

Praptisih, Praptisih dkk. 2011. "Fasies Turbidit Formasi Halang di Daerah Ajibarang, Jawa Tengah." Jurnal Geosains Indonesia 6(1). doi: 10.17014/ijog.v6i1.112.

Purwasatriya, E. B., Kamtono, & Rachmat, A. 2021. "Sedimentologi dan Tektonostratigrafi Formasi Halang di Cekungan Banyumas, Jawa Tengah." Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral, 22(3), 163–180.

Reading, H. G. 2009. "Lingkungan Sedimen: Proses, Fasies dan Stratigrafi." 688.

Selley, R. C. 2000. "Sedimentologi Terapan." Sedimentologi Terapan. doi: 10.1016/b978-0-12-636375-3.x5001-0.

Shanmugam, G. 2015. "Kekeliruan Model Kipas Tepi Landas Kontinen." Jurnal Palaeogeografi, 4(1), 33–59.

Walker, Roger G. 1978. "Fasies Batupasir Perairan Dalam dan Kipas Bawah Laut Kuno: Model untuk Eksplorasi Perangkap Stratigrafi." Buletin AAPG (Asosiasi Ahli Geologi Perminyakan Amerika) 62(6):932–66. doi: 10.1306/c1ea4f77-16c9-11d7-8645000102c1865d.

Yuniarti, E. D., Kamtono, & Irawan, D. (2018). 2018. "Analisis Fasies dan Lingkungan Deposisi Formasi Halang, Cekungan Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia." Jurnal Geosains Indonesia, 5(1), 1–14.