

GEOLOGI DAERAH BODEH DAN SEKITARNYA, KABUPATEN PEMALANG, PROVINSI JAWA TENGAH

Gina Ayasi¹, Edy Sutriyono¹ dan Ugi Kurnia Gusti^{1*}

¹Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

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

ABSTRAK: Penelitian ini membahas kondisi geologi di daerah Bodeh dan sekitarnya, yang berada di Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah. Wilayah tersebut masuk ke dalam Zona Pegunungan Serayu Utara. Masalah utama yang dibahas adalah kurangnya informasi yang jelas mengenai hubungan antara aspek geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi di daerah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi satuan geomorfologi, urutan stratigrafi, serta struktur geologi yang ada, agar dapat merekonstruksi sejarah geologi daerah penelitian. Untuk mencapai tujuan tersebut, peneliti menggunakan beberapa metode seperti pemetaan geologi di permukaan, analisis petrografi dan paleontologi di laboratorium, serta interpretasi data struktur geologi dengan bantuan perangkat lunak geologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa urutan batuan terdiri dari Formasi Rambatan (Tmr), Intrusi Diorit (Tmi(d)), dan Formasi Halang (Tmph). Batuan-batuan ini terbentuk dalam lingkungan *submarine fan* yang disebabkan oleh proses turbidit laut dalam. Struktur geologi utama yang ditemukan adalah sesar dan lipatan yang berarah timur laut hingga barat daya, yang terbentuk akibat gaya kompresi pada masa Pliosen hingga Plistosen. Dari hasil interpretasi, diketahui bahwa evolusi geologi daerah ini dimulai dengan pengendapan sedimen laut dalam pada masa Miosen Tengah, kemudian diikuti oleh intrusi magmatik dan deformasi tektonik yang membentuk morfologi perbukitan yang ada saat ini. Penelitian ini mempunyai implikasi yang signifikan dengan adanya hasil pemetaan geologi serta identifikasi satuan dan struktur batuan di daerah penelitian dapat dijadikan dasar untuk mitigasi bencana geologi seperti penentuan zona rawan longsor yang terjadi karena aktivitas tektonik maupun kondisi cuaca yang dapat mempercepat kejenuhan dan pelunakan tanah pada lereng.

Kata Kunci: Geomorfologi, Kecamatan Bodeh, Sejarah Geologi, Stratigrafi, Struktur Geologi

ABSTRACT: This study discusses the geological conditions in the Bodeh area and its surroundings, located in Pemalang Regency, Central Java Province. This area is part of the North Serayu Mountain Zone. The main issue discussed is the lack of clear information regarding the relationship between geomorphology, stratigraphy, and geological structures in the area. The objective of this study is to identify the existing geomorphological units, stratigraphic sequences, and geological structures in order to reconstruct the geological history of the study area. To achieve this objective, the researchers used several methods, such as surface geological mapping, petrographic and paleontological analysis in the laboratory, and interpretation of geological structure data with the aid of geological software. The results of the study show that the rock sequence consists of the Rambatan Formation (Tmr), Diorite Intrusion (Tmi(d)), and Halang Formation (Tmph). These rocks were formed in a submarine fan environment caused by deep-sea turbidity processes. The main geological structures found are faults and folds oriented northeast to southwest, which were formed by compressional forces during the Pliocene to Pleistocene periods. From the interpretation results, it is known that the geological evolution of this area began with the deposition of deep sea sediments during the Middle Miocene, followed by magmatic intrusions and tectonic deformation that formed the current hilly morphology. This study has significant implications, as the results of geological mapping and the identification of rock units and structures in the study area can be used as a basis for geological disaster mitigation, such as determining landslide-prone zones caused by tectonic activity and weather conditions that can accelerate soil saturation and softening on slopes.

Keywords: Geomorphology, Bodeh District, Geological History, Stratigraphy, Geological Structure

1 PENDAHULUAN

Daerah penelitian berada di Kecamatan Bodeh dan sekitarnya, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografi, daerah ini masuk dalam Zona Pegunungan Serayu Utara. Zona ini merupakan bagian penting dari struktur geologi Pulau Jawa yang memiliki sejarah geologi yang cukup rumit akibat pengaruh dari aktivitas tektonik, vulkanik, dan proses sedimentasi sejak masa Tersier. Daerah ini menarik untuk diteliti karena memiliki variasi batuan yang cukup lengkap, mulai dari batuan sedimen, batuan beku, dan menunjukkan berbagai bentuk struktur geologi seperti sesar dan lipatan. Kompleksitas ini mencerminkan keaktifan proses pembentukan kerak bumi di wilayah ini.

Secara wilayah, Pegunungan Serayu Utara merupakan bagian dari Cekungan Jawa Tengah Selatan yang terbentuk karena proses subduksi Lempeng Hindia-Australia ke bawah Lempeng Eurasia. Proses ini membentuk berbagai satuan batuan dengan usia dan lingkungan pengendapan berbeda, di antaranya Formasi Rambatan, Intrusi Diorit, dan Formasi Halang. Formasi Rambatan terdiri dari batuan sedimen laut dalam berumur Miosen Tengah, sedangkan Formasi Halang berasal dari endapan vulkanik-sedimenter yang terbentuk pada masa Miosen Akhir hingga Pliosen Tengah. Adanya Intrusi Diorit yang menerobos Formasi Rambatan menunjukkan adanya aktivitas magmatik yang kuat pada masa tersebut [15].

Kondisi geologi di daerah Bodeh menunjukkan hubungan erat antara proses sedimentasi, intrusi magmatik, dan deformasi tektonik. Struktur seperti sesar dan lipatan menunjukkan adanya fase kompresi yang kuat pada masa Pliosen–Plistosen, yang ikut membentuk bentuk perbukitan hingga saat ini. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk mengetahui geomorfologi, stratigrafi, serta karakter struktur geologi dari area penelitian, serta memahami hubungan antar elemen geologi dan merekonstruksi sejarah geologi daerah Bodeh secara lebih lengkap. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memperkaya data geologi regional Jawa Tengah, khususnya di zona Serayu Utara yang memiliki potensi sumber daya geologi yang besar.

2 METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan metode pemetaan geologi permukaan dengan pendekatan deskriptif-analitis untuk mempelajari kondisi geologi di daerah Bodeh dan

sekitarnya, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yakni persiapan, pengumpulan data lapangan, analisis laboratorium, dan interpretasi data. Pada tahap persiapan, dilakukan studi literatur, pembuatan peta dasar, serta perencanaan jalur pengamatan berdasarkan data *Digital Elevation Model* (DEM) dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI).

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengamati langsung hasil singkapan batuan, seperti mendeskripsikan jenis batuan, mengukur letak lapisan, mengenali struktur geologi, serta mengambil sampel batuan untuk dianalisis di laboratorium. Untuk mengukur struktur geologi, digunakan alat kompas geologi Brunton dan GPS untuk mengetahui arah jurus, kemiringan lapisan, serta orientasi sesar dan lipatan. Selain itu, juga dilakukan pengamatan geomorfologi untuk mengenali bentuk permukaan tanah, pola aliran air sungai, dan tingkat kemiringan lereng.

Sampel yang dikumpulkan dianalisis di laboratorium melalui analisis petrografi untuk mengetahui tekstur, struktur, dan komposisi mineral batuan, serta analisis paleontologi untuk menentukan usia relatif dan lingkungan pembentukan batuan berdasarkan identifikasi fosil foraminifera. Hasil pengamatan di lapangan dan laboratorium kemudian diintegrasikan untuk membuat peta geologi, penampang geologi, dan kolom stratigrafi lokal. Hasil interpretasi digunakan untuk memahami hubungan antar lapisan batuan, mekanisme pembentukan struktur geologi, serta menyusun rekonstruksi sejarah geologi daerah penelitian secara lengkap dan ilmiah.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada daerah penelitian dilakukan di 101 lokasi penelitian yang mencakup beberapa aspek, diantaranya geomorfologi untuk mengidentifikasi proses pembentukan dan perubahan bentuk lahan, stratigrafi untuk mengidentifikasi urutan satuan batuan, umur hingga lingkungan pengendapan, sayatan tipis, dan struktur geologi untuk mengidentifikasi arah gaya dan mekanisme yang membentuk struktur di daerah penelitian. Di daerah penelitian terdapat 4 analisa petrografi, 4 analisa paleontologi, 7 analisa struktur geologi, dan 1 penampang stratigrafi.

3.1 Geomorfologi

Daerah penelitian berada di Kecamatan Bodeh dan sekitarnya, Kabupaten Pemalang, yang secara geografi termasuk dalam wilayah Pegunungan Serayu Utara. Dari

hasil analisis bentuk tanah dan pengamatan di lapangan, area ini memiliki bentangan alam yang beragam, dipengaruhi oleh berbagai proses seperti tektonik, pelapukan, erosi, serta aliran air. Satuan bentuk tanah yang ada terbentuk karena kombinasi beberapa proses tersebut yang berlangsung terus-menerus sejak masa Tersier hingga sekarang. Secara umum, bentuk tanah di daerah ini dibagi menjadi empat jenis, yaitu perbukitan yang terbentuk karena erosi, perbukitan yang terbentuk karena struktur bumi, dataran sungai, dan bukit yang diisi batuan intrusi.

Analisis bentuk daerah menunjukkan ketinggian daerah penelitian berkisar antara 70-700 mdpl. Bentuk tanah memiliki relief yang sedang hingga tinggi. Pola permukaan tanah menunjukkan adanya perbukitan yang tumbuh ke arah timur laut-barat daya, hal ini menunjukkan bahwa struktur geologi seperti sesar dan lipatan memberikan pengaruh terhadap morfologi daerah. Berdasarkan data *Digital Elevation Model* (DEM), sebagian besar area memiliki kemiringan lereng sekitar 8-55%, yang termasuk dalam kelas lereng curam. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi erosi yang cukup tinggi, terutama di area tengah dan bagian selatan lokasi penelitian.

Dari hasil analisis aliran sungai, pola aliran sungai di daerah ini didominasi oleh pola subdendritik dan trellis, yang berkembang sesuai dengan arah struktur geologi dan jenis batuan. Pola trellis umumnya ditemukan di bagian tengah, yang menandakan bahwa terdapat pengaruh struktur bumi yang kuat, yaitu sesar yang mengarah dari timur laut-barat daya. Sementara itu, pola subdendritik banyak ditemukan di wilayah yang memiliki jenis batuan yang sama, seperti pada Formasi Halang yang terdiri dari batupasir. Nilai sinuositas aliran sungai menunjukkan bahwa bentuk aliran sungai dipengaruhi oleh proses tektonik dan erosi dari sisi lateral.

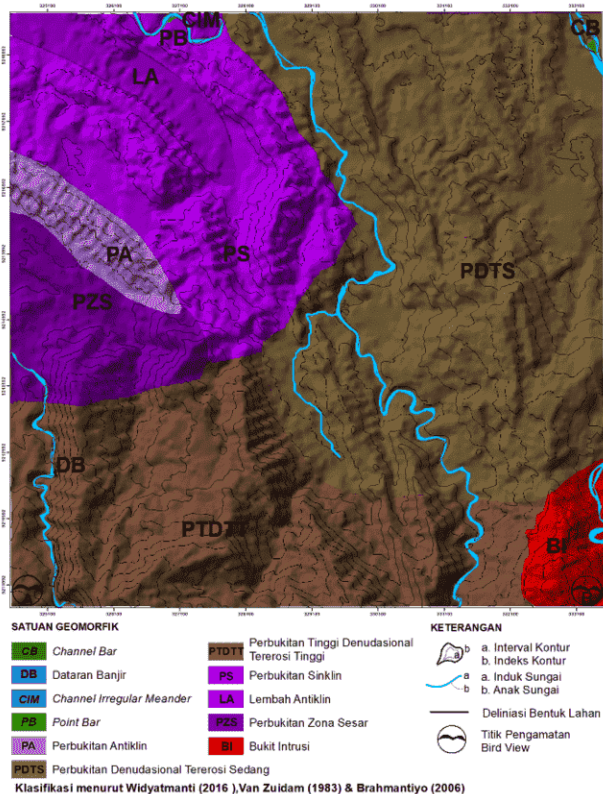
Berdasarkan hasil analisis proses pembentukan bentuk tanah, terlihat bahwa aktivitas tektonik kompresi sangat memengaruhi bentuk tanah, yang menyebabkan terbentuknya lipatan dan sesar, disertai dengan proses erosi yang mengikis puncak bukit. Aktivitas tektonik ini memainkan peran penting dalam mengatur pola aliran sungai, arah lembah, serta bentuk bukit. Di sisi lain, aliran sungai juga membentuk dataran banjir dan endapan di bagian bawah lembah. Di bagian selatan, terdapat bukit yang terbentuk dari batuan diorit yang berasal dari aktivitas magmatik pada masa Miosen Tengah, yang menerobos Formasi Rambatan.

Secara keseluruhan, bentuk tanah di daerah penelitian menunjukkan hubungan yang sangat erat antara aktivitas tektonik, proses erosi, serta aliran sungai, yang bersama-sama membentuk bentuk tanah yang kompleks di Kecamatan Bodeh dan sekitarnya. Kombinasi faktor-faktor tersebut mencerminkan sejarah geologi yang sangat panjang, yang berlangsung sejak masa Miosen hingga Resen, serta menunjukkan evolusi geotektonik pegunungan Serayu Utara yang masih aktif hingga saat ini (Gambar 1).



Gambar 1. Longsor pada daerah penelitian (A) Translational Landslide di daerah Kwasen (B) Translational Landslide di daerah Jatingarang.

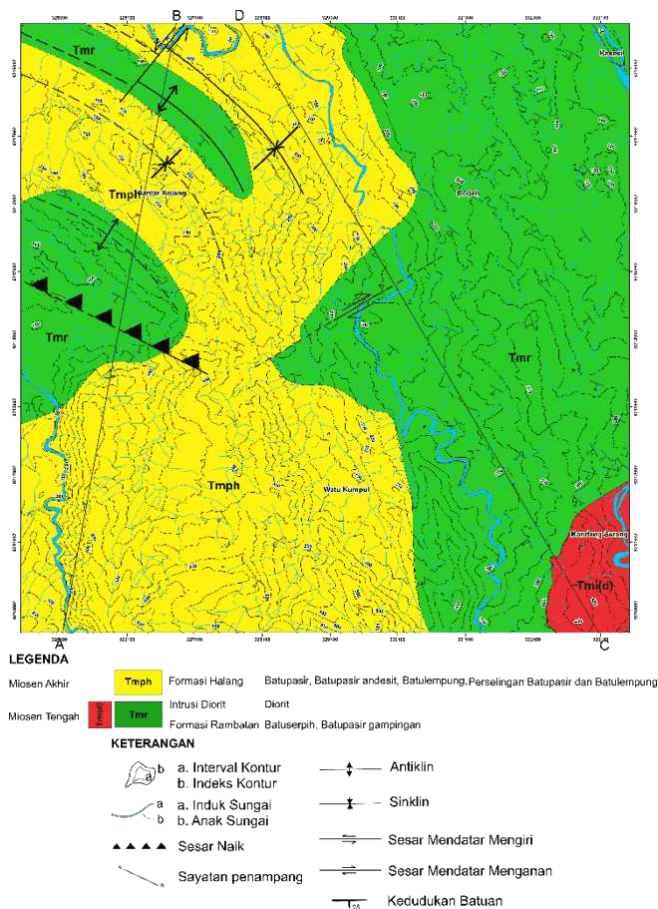
Kemudian analisis geomorfologi dikaitkan dengan data lapangan sehingga terbentuk 11 satuan bentuk lahan, diantaranya : *Channel Bar* (CB) menempati sebanyak 4% daerah penelitian, *Point Bar* (PB) menempati sebanyak 4% daerah penelitian, *Channel Irregular Meander* (CIM) menempati sebanyak 6% daerah penelitian, Dataran Banjir (DB) menempati 10% luas daerah penelitian, Perbukitan Antiklin (PA) menempati sebanyak 10% daerah penelitian, Perbukitan Denudasional Tererosi Sedang (PDTs) menempati sebanyak 25% daerah penelitian, Perbukitan Tinggi Denudasional Tererosi Tinggi (PTDTT) menempati sebanyak 18% daerah penelitian, Perbukitan Sinklin (PS) menempati sebanyak 6% daerah penelitian, Lembah Antiklin (LA) menempati sebanyak 5% daerah penelitian, Pegunungan Zona Sesar (PZS) menempati sebanyak 8% daerah penelitian, Bukit Intrusi (BI) menempati sebanyak 4% daerah penelitian (Gambar 2).



Gambar 2. Peta Geomorfologi.

3.2 Stratigrafi

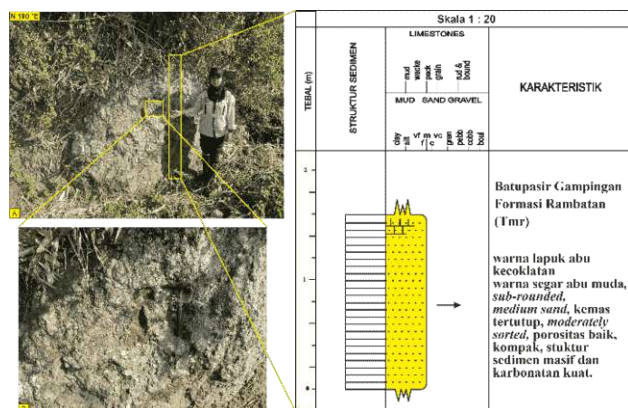
Berdasarkan observasi lapangan secara mendetail dan hasil analisis laboratorium, stratigrafi di daerah Bodeh dan sekitarnya tersusun dari tiga satuan batuan utama, yang tersusun menurut urutan umur dari paling tua hingga paling muda, Formasi Rambatan (Tmr) yang mewakili fasies sedimen laut dalam dan menandai fase awal pengendapan, Intrusi Diorit (Tmi(d)) yang memotong dan menerobos Formasi Rambatan (Tmr), menunjukkan suatu tahapan intrusi magmatik yang signifikan, dan Formasi Halang (Tmph) yang menggambarkan endapan vulkanik-sedimenter relatif muda yang terbentuk setelah aktivitas intrusif, menandai fase akhir evolusi geologi wilayah penelitian ini dari kala Miosen Tengah hingga Pliosen Tengah. Ketiga satuan tersebut mencerminkan perkembangan geologi yang kompleks akibat proses sedimentasi laut dalam, intrusi magmatik, dan aktivitas tektonik yang terjadi secara berurutan (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Geologi.

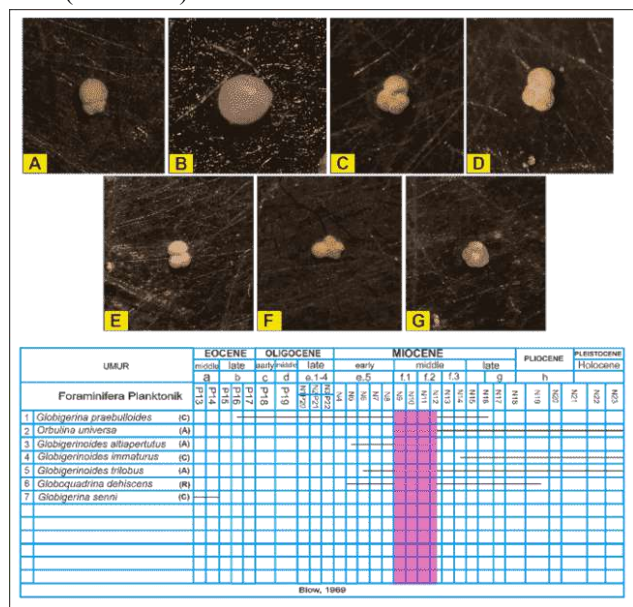
3.2.1 Formasi Rambatan (Tmr)

Formasi Rambatan adalah satuan batuan tertua, berumur Miosen Tengah. Formasi ini diendapkan secara selaras dibawah Formasi Halang, namun kemudian tubuh Formasi Rambatan ini diterobos oleh Intrusi batuan beku berupa Diorit. Formasi Rambatan melingkupi sekitar 35% daerah penelitian mulai dari bagian Utara daerah penelitian hingga bagian Selatan. Batupasir Gampingan penyusun Formasi Rambatan tersusun bersama Batuserpih. Batupasir karbonatan tersebut menunjukkan warna lapuk abu-abu kecoklatan dan warna segar abu-muda. Butir pasir memiliki kebundaran *subrounded* ukuran *medium sand*, kemas tertutup, derajat pemilahan *moderately sorted*, dan batuan ini kompak dengan porositas baik. Struktur sedimennya masif dengan kandungan karbonat yang kuat. Ketebalan Singkapan $\pm 160\text{cm}$ (Gambar 4).

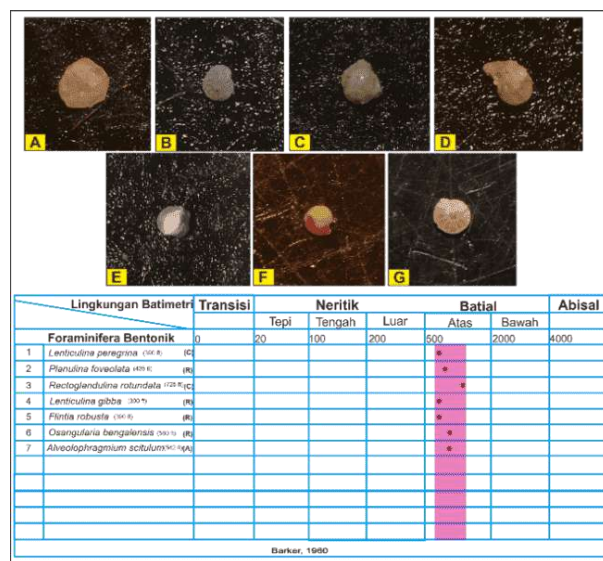


Gambar 4. Profil Singkapan Batupasir Gampingan Formasi Rambatan (Tmr).

Berdasarkan hasil penarikan umur, didapatkan umur relatif pada litologi Batupasir Gampingan Formasi Rambatan adalah *Middle Miocene* (N9-N12) (Gambar 5). Berdasarkan hasil penarikan lingkungan batimetri, didapatkan lingkungan pengendapan pada litologi Batupasir Gampingan Formasi Rambatan yaitu Batial Atas (Gambar 6).

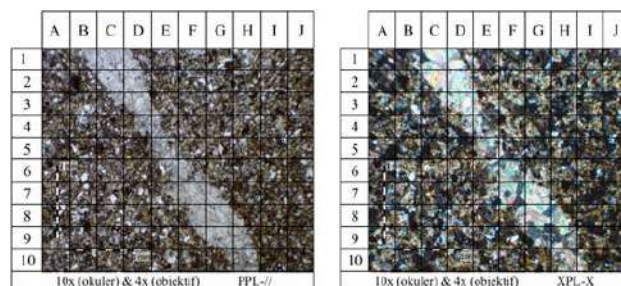


Gambar 5. Fosil dan Penarikan Umur Foraminifera Planktonik Batupasir Gampingan Formasi Rambatan (Tmr).



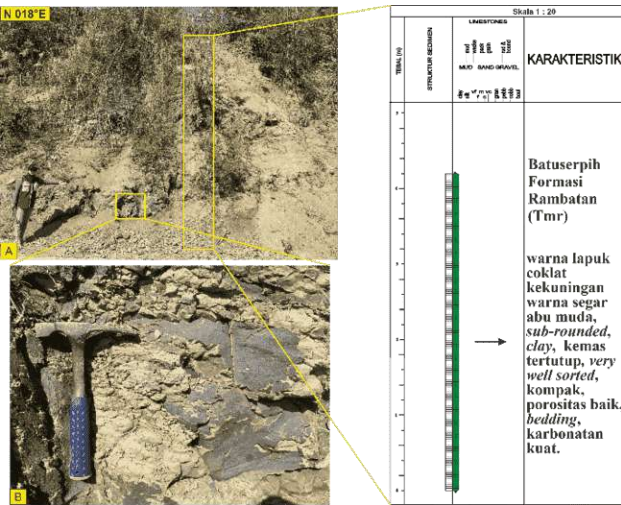
Gambar 6. Fosil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Benthonik Batupasir Gampingan Formasi Rambatan (Tmr).

Sayatan tipis batuan sedimen silisiklastik ini didapat penamaan batuanannya ialah *Calcareous Feldspathic Wacke*. Berdasarkan klasifikasi Pettijhon (1975). Dalam hal ini adanya *fracture* (kalsit) (Gambar 7). Hal ini menunjukkan adanya aktivitas vulkanik pada formasi ini selaras dengan adanya Intrusi Diorit pada Formasi Rambatan.



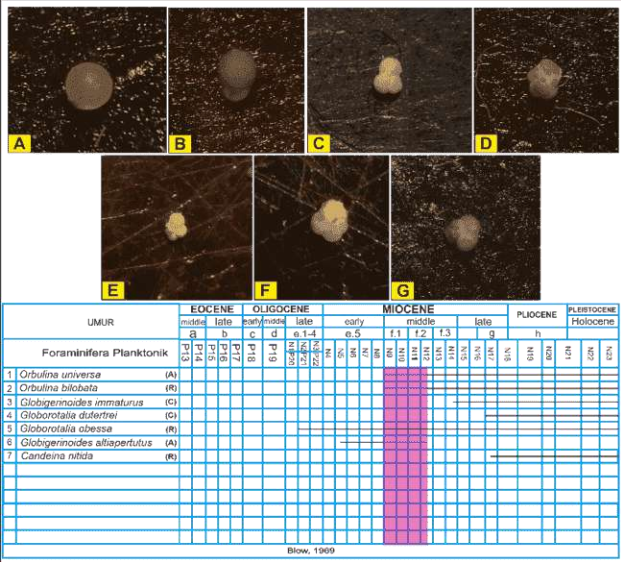
Gambar 7. Sayatan Tipis Batupasir Gampingan Formasi Rambatan (Tmr) dengan perbesaran 40x.

Batusepih ini berwarna coklat kekuningan saat lapuk dan abu-uda saat segar. Butirannya berukuran *cla*, bentuk butir *angular*, dengan kemas tertutup dan pemilahan *very well sorted*. Batuan ini bersifat kompak, memiliki prioritas baik, menunjukkan struktur sedimen berupa *bedding*, serta memiliki kandungan karbonat yang kuat. Ketebalan ± 410 cm tiap lapisan (Gambar 8).

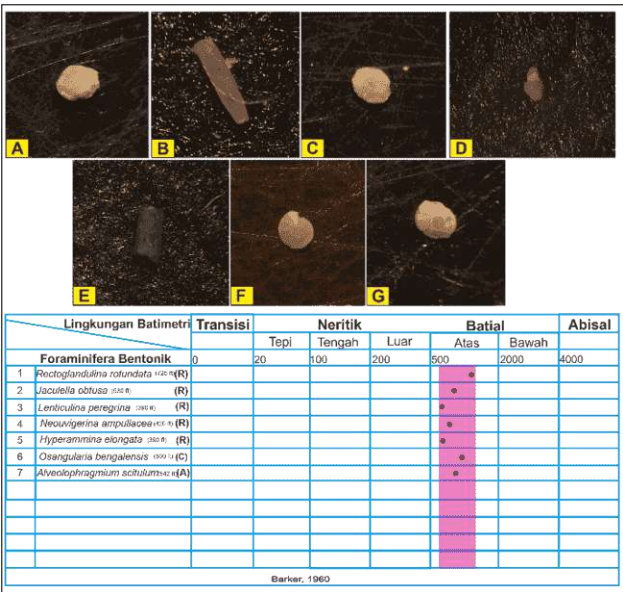


Gambar 8. Profil Singkapan Batuserpih Formasi Rambatan (Tmr).

Berdasarkan hasil penarikan umur, didapatkan umur relatif pada litologi Batuserpih Formasi Rambatan adalah *Middle Miocene* (N9-N12) (Gambar 9). Berdasarkan hasil penarikan lingkungan batimetri, didapatkan lingkungan pengendapan pada litologi Batuserpih Formasi Rambatan yaitu Batial Atas (Gambar 10).

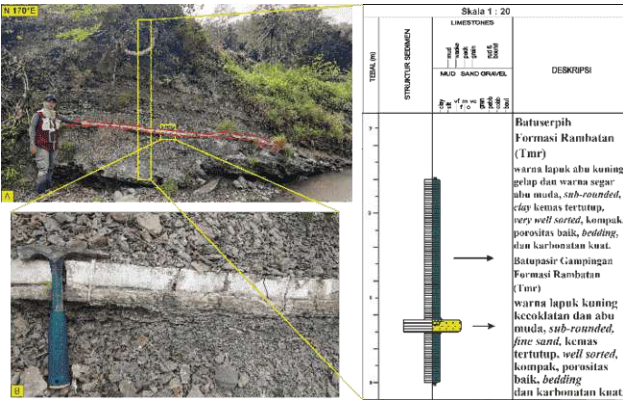


Gambar 9. Fossil dan Penarikan Umur Foraminifera Planktonik Batuserpih Formasi Rambatan (Tmr).

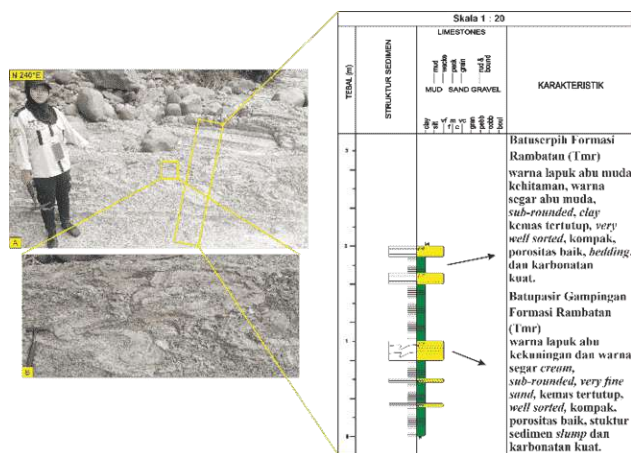


Gambar 10. Fossil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Benthonik Batuserpih Formasi Rambatan (Tmr).

Pada daerah penelitian selain terdapat batupasir gampingan dan batuserpih, terdapat juga batuserpih dengan sisipan batupasir gampingan (Gambar 11), dan perselingan batupasir gampingan dengan batuserpih (Gambar 12).

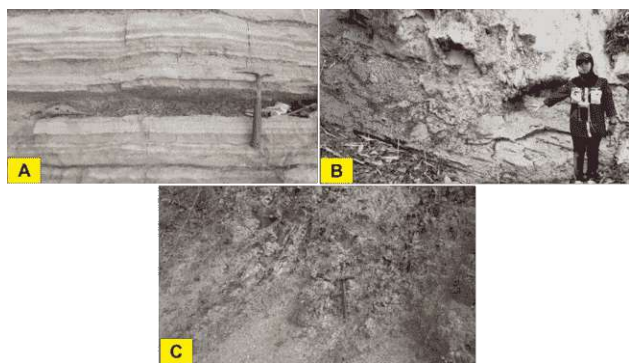


Gambar 11. Profil Singkapan Batuserpih dengan sisipan Batupasir Gampingan Formasi Rambatan (Tmr).

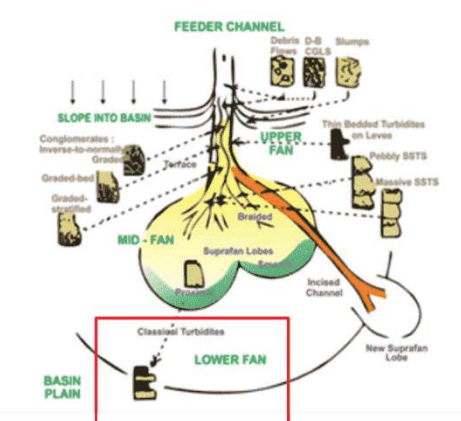


Gambar 12. Profil Singkapan Perselingan Batupasir Gamping dan Batuserpih Formasi Rambatan (Tmr).

Pada daerah ini dapat diinterpretasikan lingkungan pengendapan dari formasi tersebut, baik dilihat berdasarkan ukuran butir, struktur sedimen, mekanisme pengendapannya, serta penarikan umur dan pengeplotan lingkungan batimetri. Berdasarkan beberapa aspek tadi Formasi Rambatan ini terendapkan pada daerah laut dalam *submarine fan*, tepatnya di bagian *lower fan* (Gambar 14). Hal ini juga didasari oleh litologi yang cukup beragam. Selain itu juga terdapat batupasir sangat halus hingga kasar dan juga terdapat hasil dari arus turbidit (*bouma sequence*) di beberapa tempat (Gambar 13).



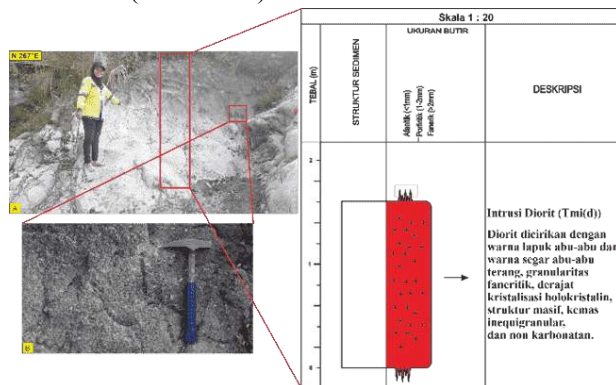
Gambar 13. Penciri arus turbidit (*Bouma Sequence*) pada Formasi Rambatan (Tmr), (A) Tb-Laminasi *Very Fine Sand* (B) Ta-Erosi *Graded Bedding* (C) Td-Batuserpih ukuran butir *Silt Laminasi*.



Gambar 14. Lingkungan Pengendapan Formasi Rambatan (Tmr) Model kipas bawah laut (modifikasi Walker, 1978).

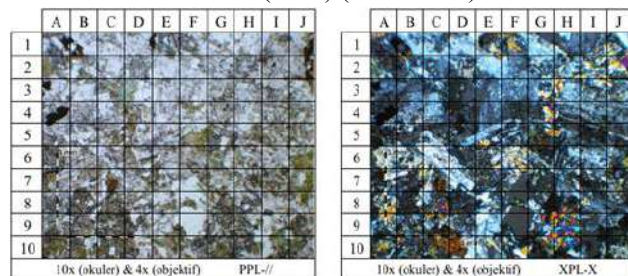
3.2.2 Intrusi Diorit (Tmi(d))

Di wilayah penelitian, terdapat intrusi batuan yang menembus Formasi Rambatan (Tmr) di bagian tenggara, menutupi sekitar 10 % dari keseluruhan lokasi penelitian. Intrusi ini terbentuk ketika magma dari bawah permukaan naik dan menyusup ke dalam lapisan kerak bumi, namun tidak sempat mencapai permukaan. Setelah itu, magma tersebut mendingin dan mengeras di bawah tanah, lalu mengkristal menjadi tubuh batuan beku intrusif atau plutonik. Kehadiran intrusi ini menandakan adanya aktivitas magmatik pasca-sedimentasi yang berkaitan dengan proses tektonik kompresi dan subduksi di wilayah Jawa bagian tengah. Berdasarkan pengamatan megaskopis, batuan diorit yang menyusun intrusi ini memiliki ciri-ciri berupa warna abu-abu gelap saat lapuk dan abu-abu terang saat masih segar, tekstur granular dengan ukuran kristal yang cukup besar (*fanerik*), komposisi kristalin sepenuhnya (*holokristalin*), struktur masif tanpa lapisan, serta kemas yang tidak seragam (*inequigranular*). Selain itu, batuan ini bersifat non-karbonatan (Gambar 15).



Gambar 15. Profil Singkapan Intrusi Diorit (Tmi(d)).

Sayatan tipis batuan beku plutonik ini didapat penamaan batumannya ialah *Diorite*. Berdasarkan klasifikasi Streickeisen (1976) (Gambar 16).

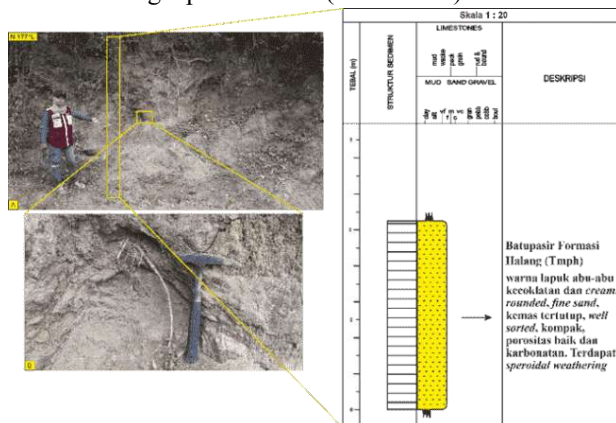


Gambar 16. Sayatan Tipis Intrusi Diorit (Tmi(d)) dengan perbesaran 40x.

3.2.3 Formasi Halang (Tmph)

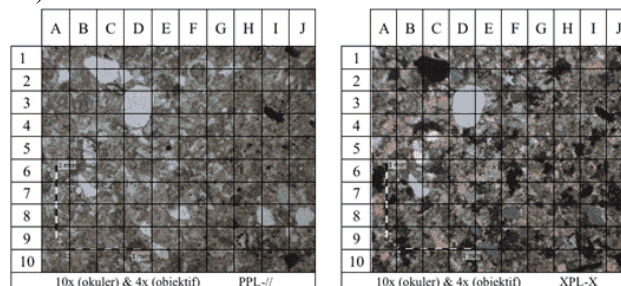
Formasi Halang merupakan formasi termuda di daerah penelitian, dengan umur diperkirakan Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Formasi ini diendapkan secara selaras diatas Formasi Rambatan, sebagaimana ditunjukkan oleh peta geologi lembar Purwokerto dan Tegal (Djuri dkk., 1996). Formasi Halang melingkupi sekitar 55% daerah penelitian pada mulai dari bagian Utara daerah penelitian dan sebagian daerah Selatan. Formasi Halang ini tersusun atas batupasir, batupasir andesit, dan batulempung. Formasi Halang merekam fase akhir sedimentasi laut dalam yang dipengaruhi oleh aktivitas tektonik dan vulkanik, sebelum wilayah ini mengalami pengangkatan dan deformasi pada kala Pliosen–Plistosen.

Batupasir ini memiliki warna lapuk abu-abu kecoklatan dan warna segar krem, butirannya berukuran *fine sand*, dengan derajat kebundaran *rounded*, kemas tertutup, dan sortasi *well sorted*. Batuan ini kompak, memiliki porositas baik, bersifat karbonatan, serta menunjukkan tanda pelapukan (*spheroidal weathering*). Ketebalan singkapan $\pm 210\text{cm}$ (Gambar 17).



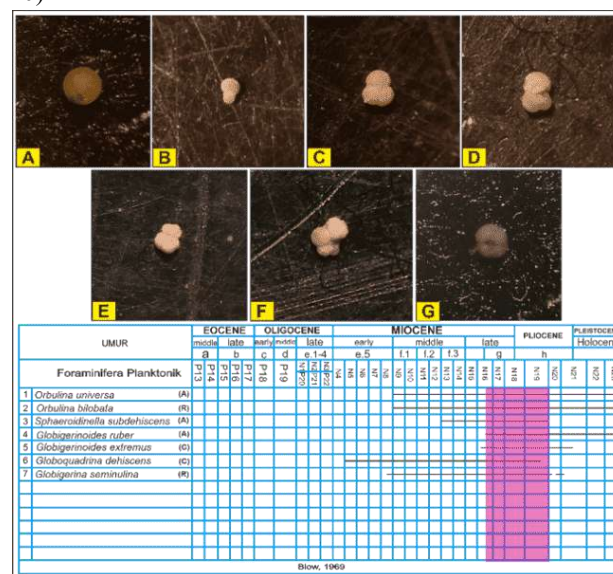
Gambar 17. Profil Singkapan Batupasir Formasi Halang (Tmph).

Sayatan tipis batuan sedimen silisiklastik ini didapat penamaan batumannya ialah *Calcareous Feldspathic Wacke*. Berdasarkan klasifikasi Pettijhon (1975) (Gambar 18).

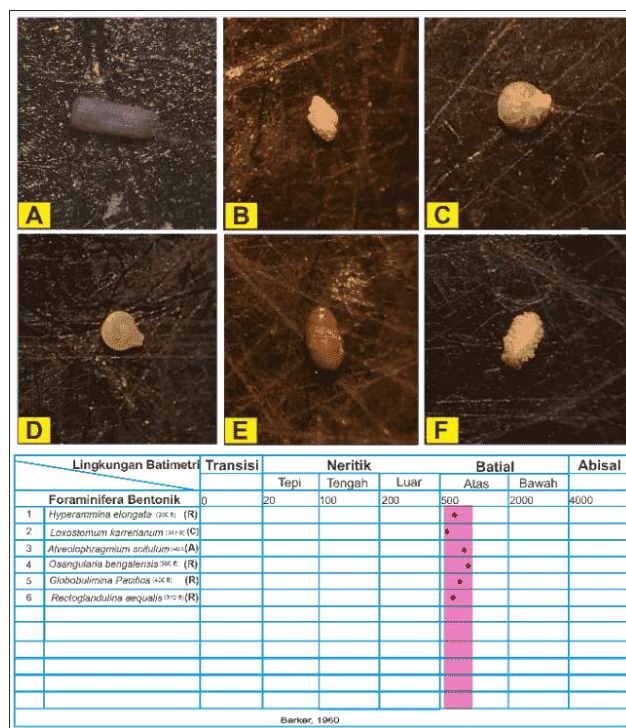


Gambar 18. Sayatan Tipis Batupasir Formasi Halang (Tmph) dengan perbesaran 40x.

Berdasarkan hasil penarikan umur, didapatkan umur relatif pada litologi Batupasir Formasi Halang adalah *Late Miocene – Middle Pliocene* (N16-N19) (Gambar 19). Berdasarkan hasil penarikan lingkungan batimetri, didapatkan lingkungan pengendapan pada litologi Batuserpih Formasi Rambatan yaitu Batial Atas (Gambar 20).

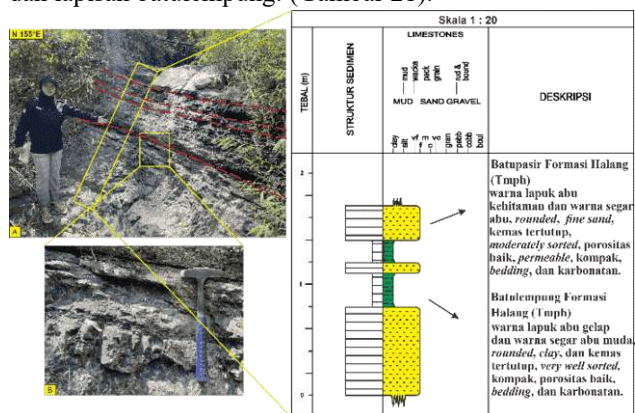


Gambar 19. Fosil dan Penarikan Umur Foraminifera Batupasir Formasi Halang (Tmph).



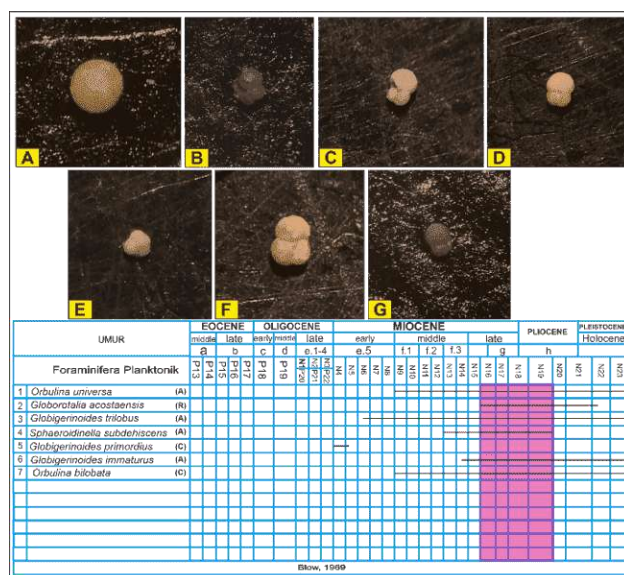
Gambar 20. Fosil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Benthonik Batupasir Formasi Halang (Tmph).

DI daerah penelitian tidak hanya dijumpai batupasir, tetapi juga terdapat perselingan antara lapisan batupasir dan lapisan batulempung. (Gambar 21).

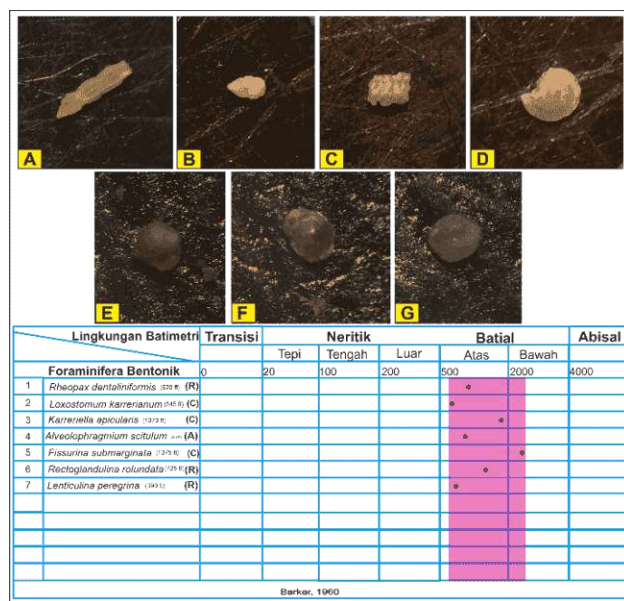


Gambar 21. Profil Singkapan Perselingan Batupasir dan Batulempung Formasi Halang (Tmph).

Berdasarkan hasil penarikan umur, didapatkan umur relatif pada litologi Batupasir Formasi Halang adalah *Late Miocene – Middle Pliocene* (N16-N19) (Gambar 22). Berdasarkan hasil penarikan lingkungan batimetri, didapatkan lingkungan pengendapan pada litologi Batupasir Formasi Rambatan yaitu Batial Atas. (Gambar 23).

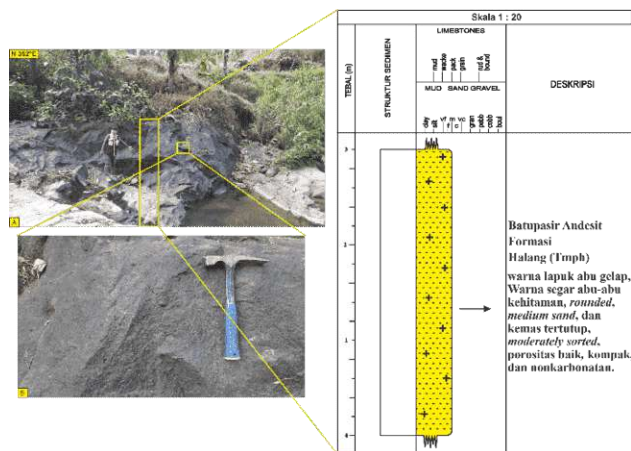


Gambar 22. Fosil dan Penarikan Umur Foraminifera Planktonik Batulempung Formasi Halang (Tmph).



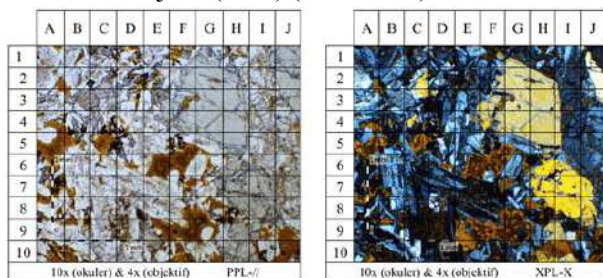
Gambar 23. Fosil dan Penarikan Lingkungan Batimetri Foraminifera Benthonik Batulempung Formasi Halang (Tmph).

Batupasir Andesit secara megaskopis memiliki karakteristik Memiliki warna lapuk abu gelap dan warna segar abu kehitaman, derajat kebundaran *rounded*, ukuran butir *medium sand* (1/4 mm), kemas tertutup, derajat pemilahan *moderately sorted*, kompak, dengan porositas baik, struktur sedimen masif dan nonkarbonatan. Berdasarkan kenampakan mikroskopis pada Batupasir Andesit (Gambar 24).



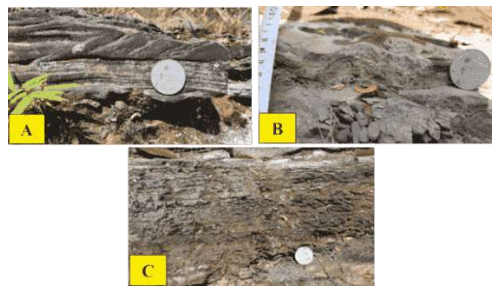
Gambar 24. Profil Singkapan Batupasir Andesit Formasi Halang (Tmph).

Sayatan tipis batuan sedimen silisiklastik ini didapat penamaan batuanannya ialah *Arkosic arenit*. Berdasarkan klasifikasi Pettijhon (1975) (Gambar 25).

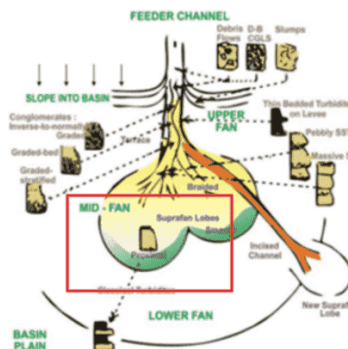


Gambar 25. Sayatan Tipis Batupasir Andesit Formasi Halang (Tmph) dengan perbesaran 40x.

Pada daerah ini dapat diinterpretasikan lingkungan pengendapan dari formasi tersebut, baik dilihat berdasarkan ukuran butir, struktur sedimen, mekanisme pengendapannya, serta penarikan umur dan pengeplotan lingkungan batimetri. Berdasarkan beberapa aspek tadi Formasi Halang ini terendapkan pada daerah laut dalam *submarine fan*, tepatnya di bagian *lower fan - middle fan* (Gambar 27). Hal ini juga didasari oleh litologi yang cukup beragam, dan terdapat batupasir sangat halus - kasar, lempung masif dan *wavy lamination*, dan juga terdapat hasil dari arus turbidit (*bouma sequence*) di beberapa tempat (Gambar 26). Hal ini juga didasari oleh litologi yang cukup beragam dengan komposisi litologi batupasir dengan ukuran butir sedang - kasar yang mendominasi dan juga terdapat *coarsening upward* yang mana hal ini merupakan penciri pada arus turbidit dan juga dapat mendukung interpretasi bahwa daerah lingkungan pengendapannya berada di *lower fan - middle fan*.



Gambar 26. Penciri arus turbidit (*Bouma Sequence*) pada Formasi Halang (Tmph), (A) Tb-Laminasi *Fine Sand* (B) Tc-Wavy *Lamination* (C) Te-Batulempung masif.



Gambar 27. Lingkungan Pengendapan Formasi Halang (Tmph) Model kipas bawah laut (modifikasi Walker, 1978).

3.3 Hubungan Stratigrafi

Di wilayah yang diteliti ditemukan tiga jenis batuan utama yang saling berkaitan secara stratigrafi, yaitu Formasi Rambatan (Tmr), Intrusi Diorit (Tmi(d)), dan Formasi Halang (Tmph). Formasi Rambatan merupakan batuan paling tua, terdiri dari batupasir gampingan, dan batuserpih. Ciri utamanya adalah pengendapan yang berupa urutan *Bouma Sequence*, yang menunjukkan adanya proses aliran turbidit di lingkungan kipas bawah laut bagian bawah (*lower fan*) dengan kedalaman laut sekitar batial atas. Setelah pengendapan Formasi Rambatan, terjadi aktivitas magmatik yang menghasilkan Intrusi Diorit yang berusia Miosen Tengah, yang menembus Formasi Rambatan dan menandai fase tektonik serta magmatik yang cukup kuat di daerah tersebut. Setelah itu, terjadi pengendapan Formasi Halang yang menutupi Formasi Rambatan secara selaras. Formasi Halang terdiri dari batupasir, batupasir andesit, dan batulempung dengan struktur sedimen, yang menandakan adanya arus turbidit. Dari data stratigrafi, lingkungan pengendapan Formasi Halang berada pada bagian tengah kipas bawah laut (*middle fan*) hingga kipas bawah laut (*lower fan*), dengan kedalaman laut mencapai zona batial

atas hingga batial bawah. Secara keseluruhan, urutan satuan batuan di daerah penelitian dari yang paling tua ke yang paling muda adalah Formasi Rambatan (Miosen Tengah), Intrusi Diorit (Miosen Tengah), dan Formasi Halang (Miosen Akhir hingga Pliosen Tengah). Ketiga satuan batuan ini bersama-sama mencerminkan perkembangan geologi yang kompleks akibat interaksi antara proses pengendapan, magmatisme, dan tektonik di daerah Bodeh serta sekitarnya (Gambar 28).

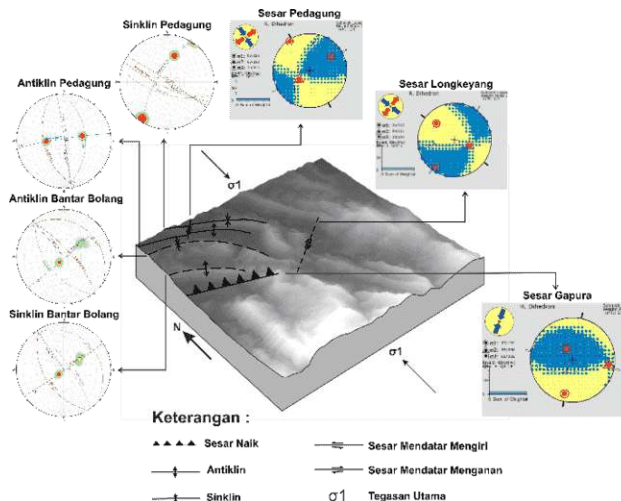
UMUR			LITHOSTRATIGRAFI		
Masa	Zaman	Kala	Satuan Batuan	Litologi	Lingkungan Pengendapan
Kenozoikum	Tersier	Pliosen	Formasi Halang (Tmph)	Batupasir, Batulempung, Batupasir Andesit, Perselingan Batupasir dan Batulempung	Submarine fan (Middle fan)
		Tengah			
	Miosen	Akhir	Formasi Rambatan (Tmr)	Batupasir Gampingan, Batuserpih, Perselingan Batupasir Gampingan dan Batuserpih, Batuserpih Sisipan Batupasir Gampingan	Submarine fan (Lower fan) dengan aktivitas vulkanik
		Tengah			

Gambar 28. Kolom stratigrafi lokal yang terletak di Kecamatan Bodeh dan sekitarnya, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah.

3.4 Struktur Geologi

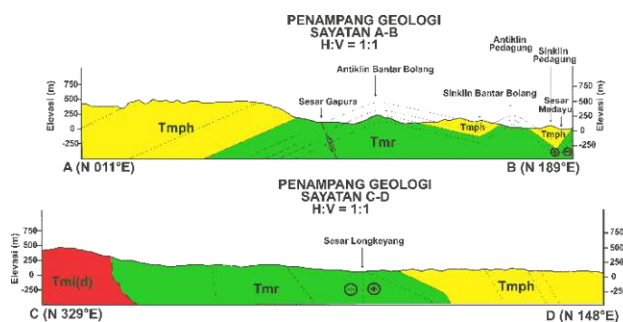
Daerah penelitian terletak di Cekungan Serayu Utara dimana cekungan ini mengalami penurunan aktif sebagai akibat isotasi dari pengangkatan (*uplift*) Serayu Selatan pada Miosen hingga Plio-Pleistosen. Cekungan ini merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) yang memiliki periode struktur geologi mulai dari Miosen Akhir – Pleistosen. Struktur Geologi di daerah penelitian meliputi sesar dan lipatan. Mekanisme pembentukan struktur tersebut dianalisis berdasarkan Mood and Hill (1956), dengan asumsi deformasi berupa *pure shear*.

Di daerah penelitian teridentifikasi tujuh struktur geologi, Sesar Gapura, sesar Longkeyang, Sesar Pedagung, Sinklin Bantar Bolang, Antiklin Bantar Bolang, Sinklin Pedagung, dan Antiklin Pedagung. Orientasi Sesar Pedagung adalah barat laut-tenggara, Sesar Longkeyang, Sinklin Pedagung, Sinklin Bantar Bolang, dan Antiklin Bantar Bolang berarah timur laut-barat daya, Sesar Gapura berarah utara-selatan, sedangkan Antiklin Pedagung berarah timut-barat. Interpretasi mekanisme deformasi struktur ini mengacu pada pemodelan Moody and Hill (1956). (Gambar 29).



Gambar 29. Model perkembangan struktur geologi.

3.5 Interpretasi Geologi Bawah Permukaan



Gambar 30. Interpretasi Bawah Permukaan.

Interpretasi bawah permukaan skala 1:25.000 menunjukkan tiga satuan batuan utama di daerah penelitian, yaitu Formasi Rambatan (Tmr), Intrusi Diorit (Tmi(d)), dan Formasi Halang (Tmph). Formasi Rambatan, terbentuk di periode Miosen Tengah, menunjukkan litologi dominan berupa batupasir gampingan dan batuserpih. Batuan tersebut diendapkan dalam sistem *submarine fan*, tepatnya zona tengah hingga bawah. Pada akhir Miosen Tengah terjadi aktivitas vulkanisme di zona serayu selatan bersamaan dengan munculnya aktivitas vulkanik baru di serayu utara, yang memicu terbentuknya intrusi diorit yang menerobos Formasi Rambatan.

Pada Miosen Akhir, Formasi Halang mulai diendapkan, terdiri atas batupasir, batulempung, dan batupasir andesit dalam lingkungan *middle submarine fan*. Daerah penelitian juga memperlihatkan tujuh struktur utama, seperti Sesar Pedagung, Longkeyang, dan Sesar Gapura, Antiklin dan Sinklin Bantar Bolang, serta Antiklin dan Sinklin Pedagung. Keseluruhan data menunjukkan

evolusi geologi daerah Bodeh dikontrol oleh proses sedimentasi laut dalam, intrusi magmatik, dan deformasi tektonik sejak Miosen Tengah hingga Pliosen. Merujuk pada (Gambar 3) dan (Gambar 30).

3.6 Sejarah Geologi

Sejarah geologi di daerah penelitian disusun secara kronologis mulai dari periode Miosen Tengah hingga ke periode Resen, berdasarkan data lapangan, laboratorium, dan studi regional. Litologi dianalisis lewat petrografi untuk mengetahui komposisi dan tekstur batuan, paleontologi digunakan untuk mengetahui umur relatif dan lingkungan pengendapan, geomorfologi untuk mengungkap bentukan lahan dan proses permukaan aktif, struktur geologi (sesar dan lipatan) menunjukkan deformasi tektonik masa lalu.

Pada kala Miosen Tengah terjadi Pengendapan di lokasi penelitian dimulai pada Miosen Tengah dengan terbentuknya Formasi Rambatan (Tmr) di Cekungan Serayu Utara. Formasi ini berupa batuserpih dan batupasir gampingan berfragmen karbonat, diendapkan melalui *lower submarine fan*, dengan dominasi matriks karbonat dan foraminifera. *Bouma sequence* teramati di beberapa lokasi, dan foraminifera bentonik menunjukkan lingkungan pengendapan batial atas. Aktivitas vulkanisme di Serayu Utara ditandai dengan kemunculan Batuan Intrusi atau terobosan berhubungan dengan gunung api pada busur magmatik.

Pada akhir Miosen hingga Pliosen Tengah, sedimen berubah menjadi dominasi plagioklas dan litik vulkanik, menandakan pengendapan Formasi Halang. Suplai sedimen dipercaya berasal dari pengangkatan pegunungan Oligo-Miosen di selatan-barat daya (Praptisih & Kamtono 2011) dan dari rombakan Gunung Cupu di selatan, yang kemungkinan terkait dengan vulkanisme Serayu Utara, dan kemudian mengalami fase perlipatan dan patahan kuat di masa Pliosen hingga Plistosen.

Setelah semua formasi terendapkan dan mengalami deformasi, proses erosional terus berlangsung, baik yang diakibatkan oleh pengaruh aliran sungai, kelerengan yang curam, ataupun denudasional. Proses ini mengakibatkan perubahan morfologi pada daerah penelitian sehingga terbentuk morfologi yang terlihat seperti sekarang.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan data lapangan dan analisis yang didapatkan, daerah penelitian ini memiliki karakter geomorfologi yang kompleks dengan empat satuan utama, denudasional, struktural, fluvial, dan vulkanik. Satuan

denudasional ditandai oleh perbukitan tererosi sedang hingga tinggi, sedangkan satuan struktural terdiri atas perbukitan dan lembah hasil lipatan serta zona sesar aktif. Satuan fluvial mencakup bentuk lahan dataran banjir, *channel bar*, dan *cim*, sementara satuan vulkanik ditandai oleh keberadaan bukit intrusi. Secara stratigrafi, urutan batuan dari tua ke muda meliputi Formasi Rambatan (Miosen Tengah) terdiri dari batupasir gampingan dan batuserpih, diterobos oleh Intrusi Diorit berumur Miosen Tengah, kemudian diendapkan Formasi Halang (Miosen Akhir-Pliosen Tengah) yang terdiri atas batupasir, batupasir andesit, dan batulempung. Struktur geologi antara lain Sesar Pedagung, Sesar Longkeyang, Sesar Gapura, Antiklin Pedagung, Sinklin Pedagung, Antiklin Bantar Bolang, dan Sinklin Bantar Bolang. Sejarah geologi wilayah ini mencerminkan interaksi antara sedimentasi laut dalam, aktivitas magmatik, dan deformasi tektonik yang membentuk morfologi pegunungan Serayu Utara saat ini.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Koordinator Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya atas izin yang diberikan untuk mempublikasikan hasil pemetaan ini. Penulis berterimakasih juga kepada semua yang telah membantu, baik secara langsung maupun lewat dukungan tidak langsung, dalam proses pengumpulan data, analisis, dan penyusunan ini, sehingga penelitian dapat selesai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barker. (1960). *Taxonomic Notes*. Special Publication No. 9 Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Tulsa, Oklahoma, USA.
- [2] Blow, W. H. (1969). *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy*. In P. Bronnimann & H. H. Renz (Eds.) *Proceedings of The First international Conference on Planktonic Microfossils*, Geneva (vol. 1, hlm. 199-422). Leiden: E. J. Brill.
- [3] Dunham, R. J. (1962). *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. Dalam: W. E. Ham (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks* (hal. 108-121). AAPG Memoir 1, Tulsa.

- [4] Fleuty, M. J. (1964). *The description of folds*. Proceedings of the Geologist' Association, 75, 461-492.
- [5] Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. New York: Cambridge University Press.
- [6] Hamilton, W. (1989). *Convergent-Plate Tectonics Viewed from The Indonesian Region*. Geol.Indon, v.12, n.1:25-88.
- [7] Koesoemadinata. (1980). *Prinsip Prinsip Sedimentasi*.
- [8] Djuri, M., Samodra, H., Amin, T. C., & Gafoer, S. (1996). *Peta Geologi Lembar Prwokerto dan Tegal*. Pusat penelitian dan pengembangan geologi.
- [9] Moody, J. D., & Hill, M. J. (1956). *Wrench-Fault Tectonics* Geological Society of America Bulletin, 67(9), 1207-1246.
- [10] Pettijohn, F. J. (1975). *Sedimentary Rocks* (edisi ke3). Harper & Row, New York, 628 halaman.
- [11] Praptisih, P., & Kamtono, K. (2011). *Turbidite Facies of the Halang Formation in Ajibarang Area, Central Java*. Indonesian Journal on Geoscience, 6(1), 13-27.
- [12] Pulunggono, A., & Martodjojo, S. (1994). *Perubahan tektonik Paleogen-Neogen merupakan peristiwa terpenting di Jawa*. In: Proceedings Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa, hal. 37-50.
- [13] Rickard, M. (1972). *Fault Classification – Discussion*. Geological Society of America Bulletin, v. 83, 2545–2546.
- [14] Streckeisen, A. L. (1991). *The IUGS Systematics of Igneous Rocks*. Journal of the Geological Society, Geological Society, 148(5), 825-833.
- [15] S. Husein, J. Jyalita and M. Azis, “Kendali Stratigrafi dan Struktur Gravitasi pada Rembesan Hidrokarbon Sijenggung, Cekungan Serayu Utara,” in Proc. Seminar Nasional 6th Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, Dec. 11-12 2013, pp. 474-489.
- [16] Walker, R.G., 1978. *Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 62, hlm. 932–966.
- [17] W. Widyatmanti, W. I. (2016). *Identification of topographic elements composition based on landform boundaries from radar interferometry segmentation (preliminary study on digital landform mapping)*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 37(1) .