

Investigasi Lingkungan Pengendapan berdasarkan Fasies Batuan Karbonat Formasi Pamutuan Daerah Sindangsari dan Sekitarnya, Cimerak, Pangandaran, Provinsi Jawa Barat

Vivi Fistina Audrey¹, Al Hussein Flowers Rizqi^{*2}, Sandi Kurniawan³, Naufal Arya Wijaya⁴,
Oky Sugarbo⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Korespondensi^{*2} : alhussein@itny.ac.id

ABSTRAK (10 PT)

Daerah penelitian berada di daerah Sindangsari dan Sekitarnya, Kecamatan Cimerak Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat. Daerah penelitian masuk pada Formasi Pamutuan yang tersingkap pada Selatan peta lembar Karangnunggal, Formasi Pamutuan berumur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan laut dangkal. Perbedaan proses sedimentasi dan hubungan antara formasi pada beberapa lokasi diduga akibat pengaruh paleogeografi awal. Hal tersebut menjadi suatu hal yang menarik untuk dikaji dan sesuai dengan tujuan penulisan artikel ini karena dapat memberikan gambaran spesifik terhadap perkembangan lingkungan pengendapan daerah penelitian. Untuk memahami proses sedimentasi Formasi Pamutuan maka dalam penelitian ini dilakukan analisis fasies dan lingkungan pengendapan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data dengan melakukan pemilihan sampel representatif, melakukan deskripsi petrologi dan petrografi sehingga dapat menentukan suatu fasies seperti litologi. Berdasarkan analisis data didapatkan empat fasies batuan fasies *Litic Greywacke* dan *Mudrock*, fasies *Bounstone*, fasies *Packstone* dan fasies *Mudstone*. Fasies-fasies tersebut diendapkan pada empat lingkungan pengendapan yang saling berganti yaitu *sand shoals*, *reef margin*, *slope* dan *toe of slope*. Analisis mikrofosil menunjukkan batuan karbonat dari Formasi Pamutuan di daerah penelitian diendapkan pada N 13 – N 14 (Miosen Tengah) pada lingkungan Neritik Tengah – Neritik Luar (100 – 200 meter).

Kata kunci : fasies, lingkungan pengendapan, pamutuan, pegunungan selatan, Pangandaran

ABSTRACT (10 PT)

The research area is in the Sindangsari and surrounding areas, Cimerak District, Pangandaran Regency, West Java Province. The study area is included in the Pamutuan Formation, which is exposed in the South of the Karangnunggal map sheet, the Middle Miocene Pamutuan Formation, with a shallow marine depositional environment. Differences in sedimentation processes and the relationship between formations at several locations are thought to be due to the influence of early palaeogeography. This is an interesting study because it can provide a specific description of the development of the depositional environment in the study area. In order to understand the Pamutuan Formation's sedimentation process, facies and depositional environment analyses were carried out in this study. The method used in this study included collecting data by selecting representative samples and carrying out petrological and petrographic descriptions to determine facies such as lithology. Based on data analysis, four rock facies were obtained; Greywacke lithic and Mudrock, Bounstone, facies Packstone, and Mudstone. These facies were deposited in four alternating depositional environments: sand shoals, reef margin, slope, and toe of the slope. Microfossil analysis shows that carbonate rocks from the Pamutuan Formation in the study area were deposited at N 13 – N 14 (Middle Miocene) in the Middle Neritic – Outer Neritic environment (100 – 200 meters).

Keywords: *facies, depositional environment, pamutuan, Southern mountain, pangandaran*

PENDAHULUAN (10 PT)

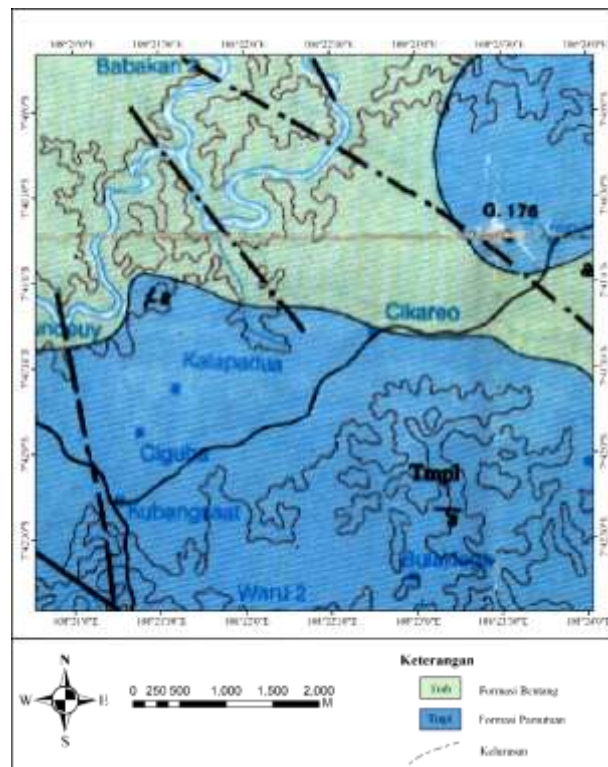
Indonesia memiliki jumlah batuan karbonat yang cukup melimpah keberadaanya. Batuan karbonat sebagian besar terbentuk di kompleks paparan karbonat di dataran pasang surut, laguna, beting dan cekungan; beberapa juga ditemukan di lingkungan terestrial. Proses pembentukan batuan ini lebih rumit dibandingkan batuan silisiklastik karena pada dasarnya proses pembentukannya tidak semata-mata sedimentasi. Sukses geometri



strata dan fasies berkembang sebagai respons terhadap fluks sedimen dan ruang yang tersedia untuk akumulasi sedimen. Dalam sistem karbonat, ketiga parameter ini sangat saling bergantung: (1) Input sedimen sangat bergantung pada aktivitas biologis dan akibatnya pada kondisi lingkungan (suhu, nutrisi, salinitas, dll.). (2) Penyebaran sedimen bergantung pada lokus produksi dan interaksi antara jumlah dan jenis sedimen yang dihasilkan serta energi air, serta aktivitas biologis dan proses pascagenetik. (3) Akomodasi sehubungan dengan input sedimen, jenis, dan luas pabrik karbonat bergantung pada morfologi dasar laut dan perubahan permukaan laut [1].

Kajian batuan karbonat memerlukan kerja terpadu antara singkapan batuan atau data pengeboran dan analisis laboratorium dalam rangka mengungkap ciri-ciri sedimentologi dan paleontologi. Berdasarkan data analisis lapangan dan laboratorium, telah diketahui fasies dan lingkungan pengendapan. Deskripsi singkapan dimaksudkan untuk mengidentifikasi ciri-ciri utama, seperti bidang perlapisan, gradasi, struktur sedimen, fosil dan geometri [2]; [3]; [4]. Pengamatan mikroskopis terhadap tekstur, komposisi (persentase cangkang terfragmentasi dan/atau tidak terfragmentasi, persentase bahan mikrit dan terrigenous, komposisi ukuran butir), jenis allochem, kandungan diagenetik dan mikrofosil memberikan panduan untuk menemukan fasies karbonat, energi indeks, stratigrafi urutan dan lingkungan pengendapan [4]; [5]; [6]. Investigasi lapangan dan pengamatan mikroskopis telah diterapkan pada fasies dan interpretasi pengendapan karbonat purba beberapa cekungan di Asia [3]; [4]; [7]; [8] termasuk Indonesia [9].

Daerah penelitian terletak di Sindangsari dan Sekitarnya, Kecamatan Cimerak, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat, termasuk ke dalam fisiografi Pegunungan Selatan Jawa bagian barat [10]. Pegunungan Selatan di Jawa bagian Barat terbentuk oleh adanya busur vulkanik yang membentang dari timur ke barat. Adanya vulkanisme di jalur tersebut terekam berumur Oligosen-Miosen dan disebut sebagai *Old Andesite Formation* [11]. Aktivitas vulkanik diakhiri dengan pengendapan Formasi Kalipucang yang menjemari dengan Formasi Pamutuan. Formasi Pamutuan berisi batupasir, kalkarenit, batulempung dan tuf [12] (Gambar 1).



Gambar 1. Sebagian peta geologi regional Lembar Karangnunggal yang termasuk daerah penelitian [12]

Minimnya publikasi yang membahas detail Formasi Pamutuan terutama fasies dan lingkungan pengendapan akan menjadi alasan penulisan artikel ini. Variasi litologi yang dijumpai memiliki karakteristik batuan yang berbeda-beda. Adanya pemetaan geologi detail akan memperjelas hubungan stratigrafi dengan batuan lain. Stratigrafi detail diperlukan untuk merekonstruksi susunan bebatuan di daerah penelitian.

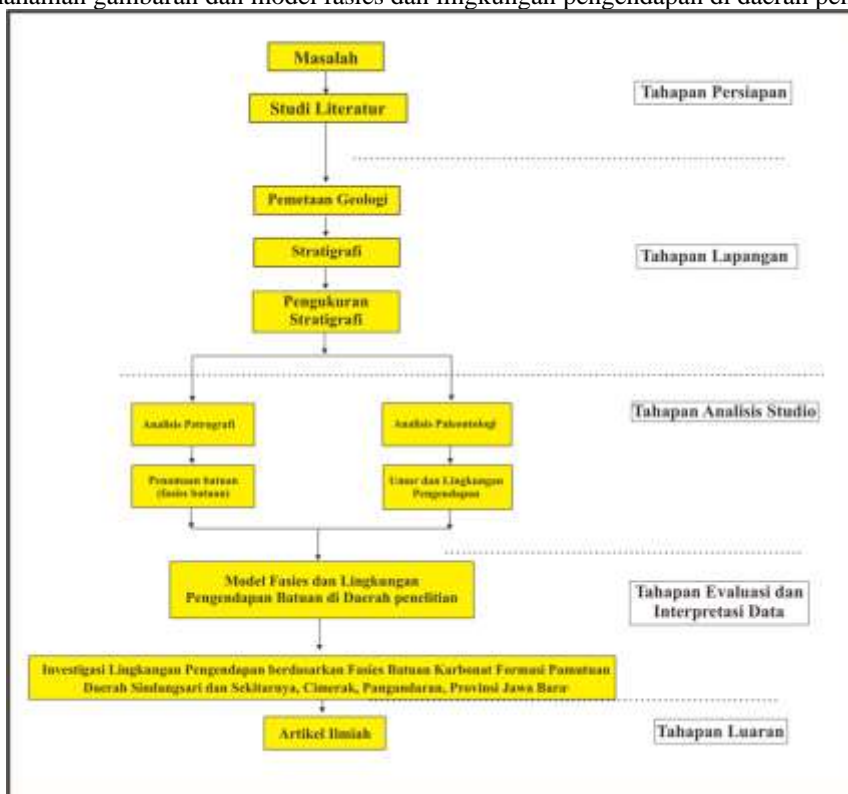
Penelitian ini mengkaji dan mengidentifikasi litofasies dan lingkungan pengendapan sehingga diketahui pembentukan batuan di daerah penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batuan dan model pengendapan dari fasies batuan yang ada di daerah penelitian..

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tahapan persiapan data dengan melakukan pemilihan sampel representatif, melakukan deskripsi petrologi dan petrografi sehingga dapat menentukan suatu fasies seperti litologi. Penamaan fasies batuan merujuk pada nama batuan penyusun dari fasies berdasarkan klasifikasi petrografi batuan sedimen silisiklastik menurut [13] dan klasifikasi batuan sedimen karbonat menurut [14] dan [15]. Fasies yang didapatkan akan dibandingkan dengan model fasies karbonat [16] dan [17]. Untuk melengkapi data maka beberapa contoh batuan dikumpulkan untuk analisis petrografi (6 sampel) di laboratorium.

Tahapan lapangan berupa pemetaan dan kajian stratigrafi terukur. Tahapan studio dan laboratorium meliputi analisis laboratorium selanjutnya diinterpretasi untuk mengetahui sejarah sedimentasi di daerah penelitian bagian selatan. Analisis paleontologi dilakukan pada stratigrafi terukur untuk menentukan umur relatif. Umur relatif ditentukan dengan pengamatan mikrofosil jenis plangtonik. Penentuan umur relatif menggunakan zonasi [18]. Adapun interpretasi lingkungan pengendapan ditentukan dengan determinasi mikrofosil bentonik. Dasar penentuan lingkungan pengendapan menggunakan klasifikasi [19].

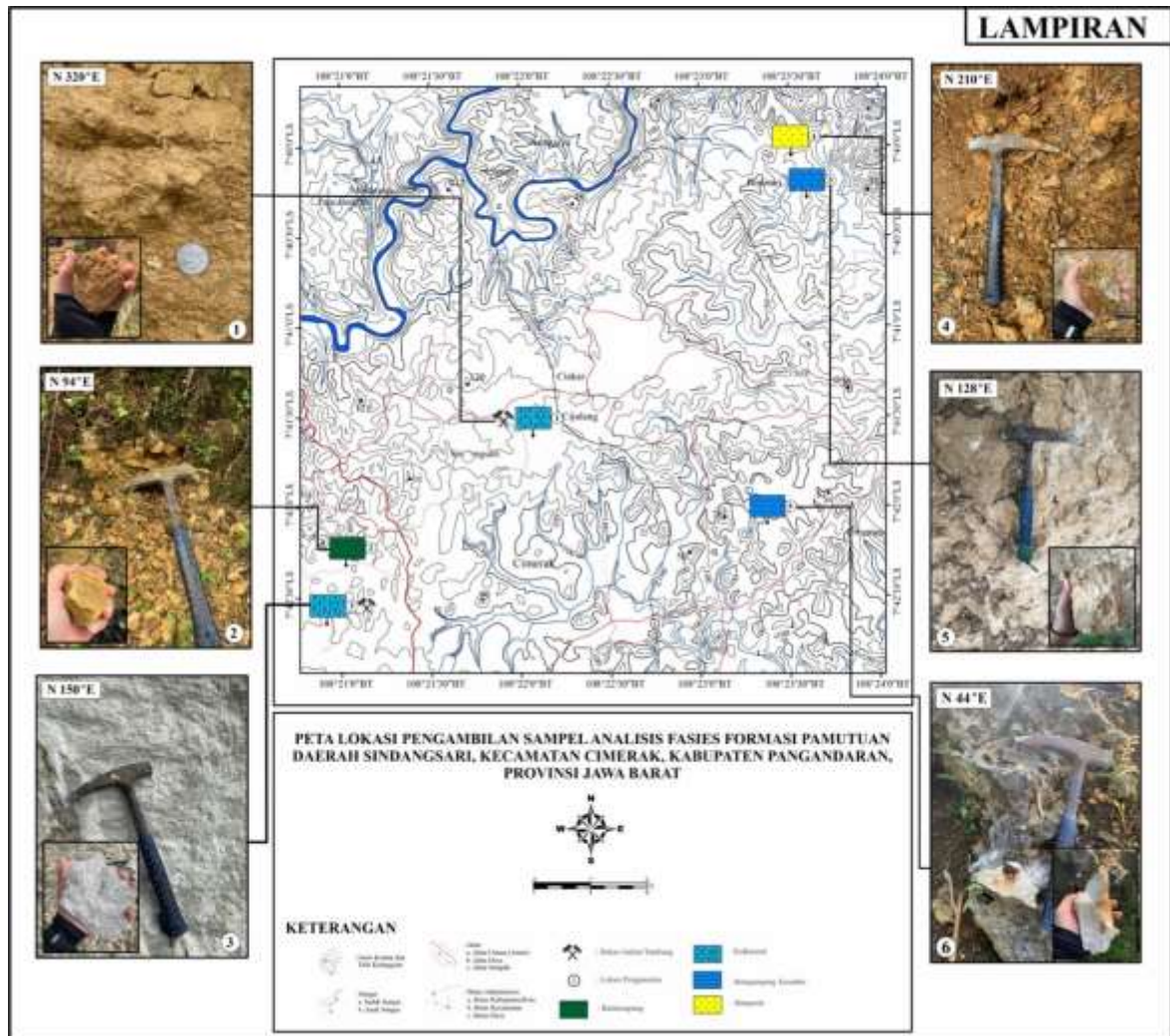
Interpretasi nama batuan karbonat secara petrografis akan memberikan gambaran sejarah sedimentasi dan pembentukan batuan karbonat. Data hasil pengamatan lapangan secara visual, didukung dengan hasil pengukuran stratigrafi diharapkan dapat suatu model yang diharapkan bisa menghasilkan gambaran sistem pertumbuhan terumbu karal di daerah-daerah penelitian. Luaran yang dihasilkan berupa artikel yang memberi kontribusi pemahaman gambaran dan model fasies dan lingkungan pengendapan di daerah penelitian



Gambar 2. Metode penelitian yang digunakan

HASIL DAN ANALISIS

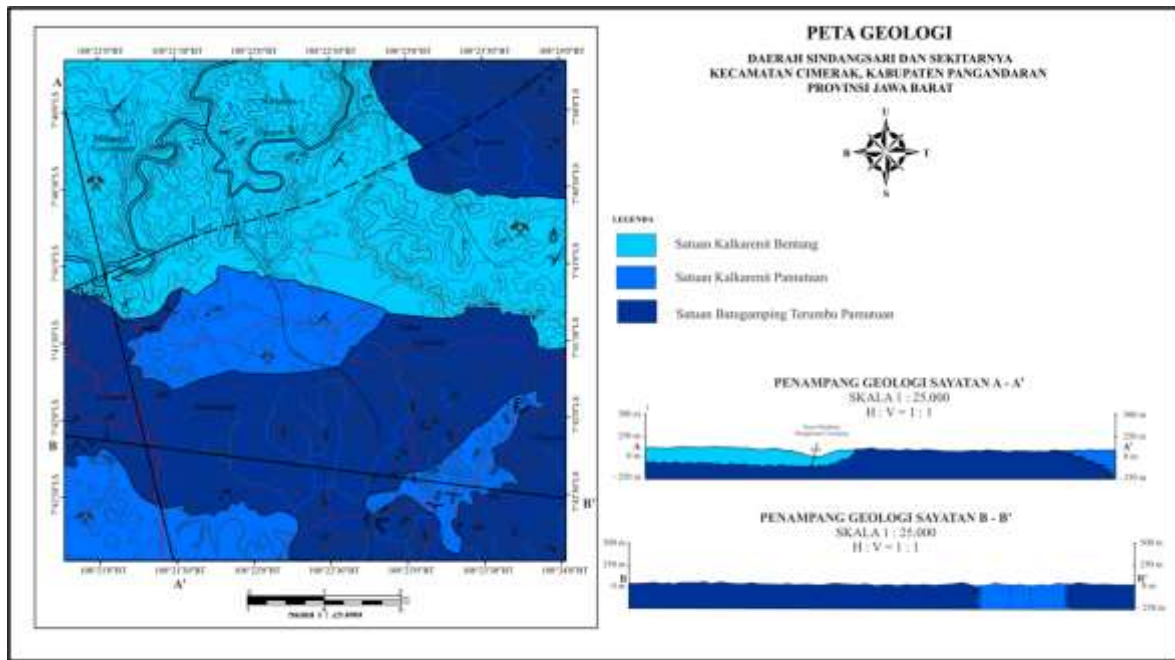
Lokasi pengambilan sampel terpilih dilakukan atas dasar sebaran (pemetaan geologi) dan kondisi batuan yang tergolong *fresh* dan layak untuk dilakukan analisis (Gambar 3). Keenam contoh batuan dipilih berdasarkan penyebaran Formasi Pamutuan pada peta geologi daerah penelitian (Gambar 4).



Gambar 3. Lokasi pengamatan dan pengambilan contoh setangan dan sampling batuan untuk analisis petrografis

Dari hasil pemetaan dan pengamatan secara megaskopis di lapangan terdapat beberapa litologi yang dianalisis yaitu batulempung, kalkarenit, batugamping terumbu, dan batupasir. Berdasarkan pemetaan geologi, urutan satuan litostratigrafi dari tua ke muda yaitu: satuan batugamping terumbu Pamutuan, satuan kalkarenit masif Pamutuan, dan satuan kalkarenit berlapis Bentang. Struktur geologi daerah penelitian terdapat kekar dengan arah baratlaut – tenggara yang menghasilkan sesar mendatar mengkanan Cimedang dengan arah relatif baratdaya – timurlaut (Gambar 4).

Stratigrafi detail memberikan gambaran vertikal pada satuan batugamping terumbu Pamutuan setebal 19 meter pada daerah penelitian. Setebal 5,4 meter singkapan Kalkarenit Pamutuan terukur pada daerah penelitian. Berdasarkan hasil penarikan umur menurut [18], mendapatkan kisaran umur satuan batugamping terumbu Pamutuan (N13 – N14), satuan kalkarenit masif Pamutuan (N13 – N14), dan satuan kalkarenit berlapis Bentang (N16 – N18). Hasil interpretasi lingkungan pengendapan berdasarkan [19] mendapatkan gambaran paleobathymetri satuan batugamping terumbu diendapkan Neritik Tengah (20 – 100m). Pada satuan kalkarenit Pamutuan diendapkan pada Neritik Tengah – Luar (20-200 m). Penamaan fasies berdasarkan pengamatan batuan secara petrografis terdapat fasies *packestone*, *mudrocks*, *mudstone* dan *boundstone*.

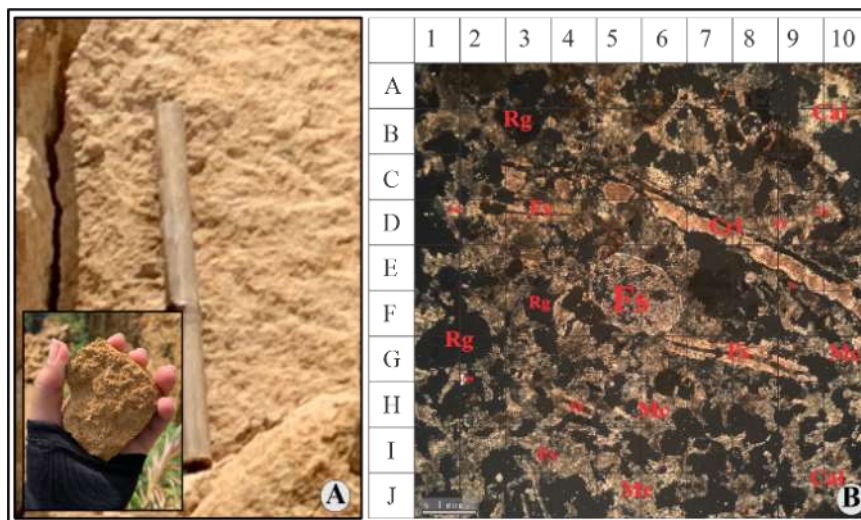


Gambar 4. Lokasi pengamatan dan pengambilan contoh setangan dan sampling batuan untuk analisis petrografis

Fasies Packstone

Secara megaskopis batuan ini memiliki warna segar abu – abu kecoklatan dan warna lapuk coklat kehitaman. Struktur massif, memiliki tekstur: ukuran butir (1/16-2mm), membundar, terpilah baik, kemas tertutup dengan komposisi cangkang fosil, kalsit dengan semen karbonat. Berdasarkan pemerian lapangan nama batuan ini yaitu kalkarenit [14].

Berdasarkan analisis petrografi pada Lp 1 dengan kode sampel Ka/I-P/87. Secara umum sayatan batuan menunjukkan struktur *fossiliferous* dengan tekstur berupa ukuran butir arenit, bentuk butir cenderung membulat tanggung-menyudut tanggung, kemas tertutup, terpilah baik. Komposisi penyusun batuan meliputi *allochem* berupa pecahan cangkang fosil (11%), *Coral* (5%), *micrite* kalsit (66%), spartit karbonat (4%), dan rongga / porositas pada sayatan batuan (14%). Berdasarkan hasil analisis petrografi batuan ini memiliki nama yaitu *Packstone* [15] (Gambar 5).



Gambar 5. (A). Kenampakan megaskopis *packstone*, (B). Kenampakan mikroskopis sayatan batuan.

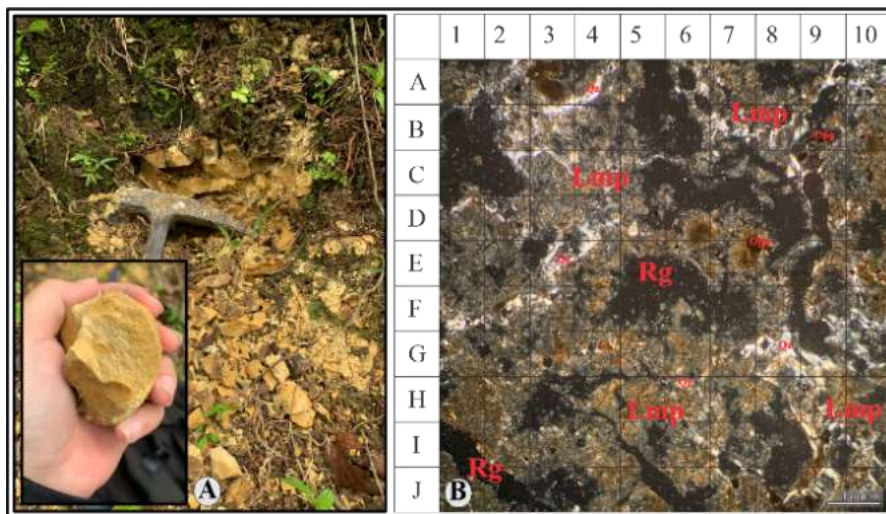


ISSN: 1907-5995

Fasies *Mudrocks*

Secara megaskopis batuan ini memiliki kenampakan yaitu warna segar abu - abu kekuningan dan warna lapuknya kuning kecoklatan, Struktur masif, memiliki tekstur: ukuran butir lempung ($< 1/256$), membuldar, terpilah baik, kemas tertutup dengan komposisi mineral lempung dan kuarsa. Berdasarkan pemerian lapangan nama batuan ini yaitu batulempung (Wentworth, 1922).

Berdasarkan analisis petrografi fasies mudrocks terdapat pada Lp 2 dengan kode sampel Lmp/I-P/56. Secara umum sayatan batuan menunjukkan kenampakan mikroskopis berupa struktur masif dengan tekstur ukuran butir lempung, bentuk butir yang membulat-membulat tanggung, sortasi baik dan kemas tertutup. Komposisi batuan tersusun atas mineral lempung (75%), kuarsa (6%), mineral opak (1%), dan rongga (18%). Berdasarkan hasil analisis petrografi batuan ini memiliki nama yaitu *Mudrocks* (Pettijohn, 1975). (Gambar 6).



Gambar 6. (A). Kenampakan megaskopis Batuan Mudrocks, (B). Kenampakan mikroskopis sayatan batuan.

Fasies *Mudstone*

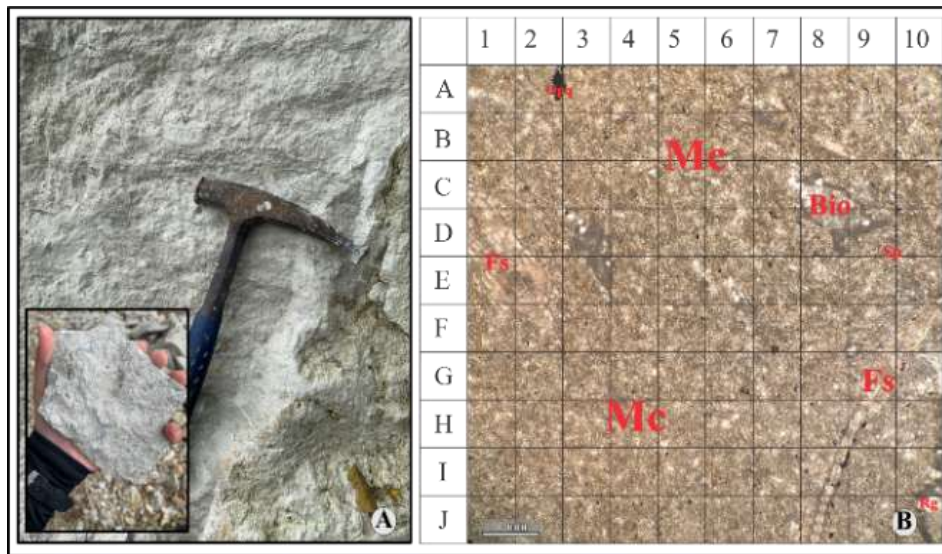
Secara megaskopis batuan ini memiliki kenampakan yaitu memiliki warna segar abu - abu putih dan warna lapuk coklat kehitaman. Struktur laminasi - perlapisan, memiliki tekstur: ukuran butir ($< 1/256$), membuldar, terpilah baik, kemas tertutup dengan komposisi cangkang fosil, kalsit dengan semen karbonat. Berdasarkan hasil pemerian lapangan nama batuan ini yaitu kalsilutit [14].

Berdasarkan analisis petrografi fasies mudstone terdapat pada Lp 3 dengan kode sampel KS/I-P/54. Secara umum sayatan batuan menunjukkan struktur masif, tekstur berupa ukuran butir lutit dengan bentuk butir cenderung membulat tanggung-menyudut tanggung, kemas tertutup, terpilah baik. Komposisi penyusun batuan meliputi *allochem* berupa fosil (8%), bioklas (3%), mikrit kalsit (84%), sparit karbonat (4%), dan mineral opak (1%). Secara umum nampak *micrite* yang mendominasi keseluruhan sayatan diikuti oleh *allochem*. Berdasarkan hasil analisis petrografi batuan ini memiliki nama yaitu *Mudstone* [15] (Gambar 7).

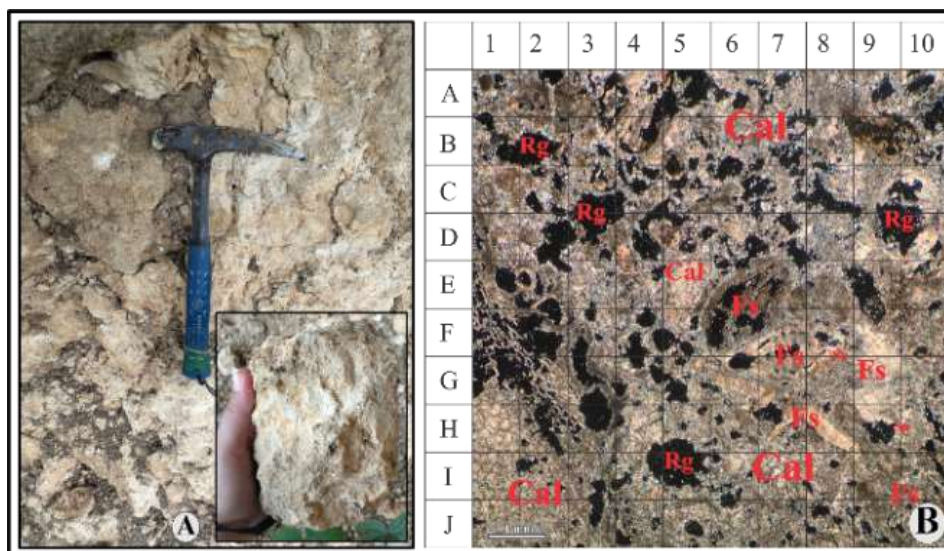
Fasies *Boundstone I*

Secara megaskopis batuan ini memiliki kenampakan yaitu warna segar abu - abu kekuningan dan warna lapuk kuning kecoklatan, memiliki struktur massif, dengan tekstur nonklastik, komposisi fosil dan kalsit. Berdasarkan pemerian lapangan nama batuan ini yaitu batugamping terumbu [14].

Berdasarkan analisis petrografi pada Lp 5 dengan kode sampel GT/II-125. Secara umum sayatan batuan menunjukkan struktur massif, tekstur amorf, Komposisi penyusun batuan meliputi *allochem* berupa fosil (17%), mikrit kalsit (68%), sparit (6%), dan terdapat (porositas batuan) pada sayatan batuan (9%). Secara umum massif *allochem* berupa fosil yang mendominasi keseluruhan sayatan yang diikuti oleh mikrit kalsit. Berdasarkan hasil analisis petrografi batuan ini memiliki nama yaitu *Boundstone* [15] (Gambar 8).



Gambar 7. (A). Kenampakan Megaskopis Batuan *Mudstone*, (B). Kenampakan Mikroskopis Sayatan Batuan.

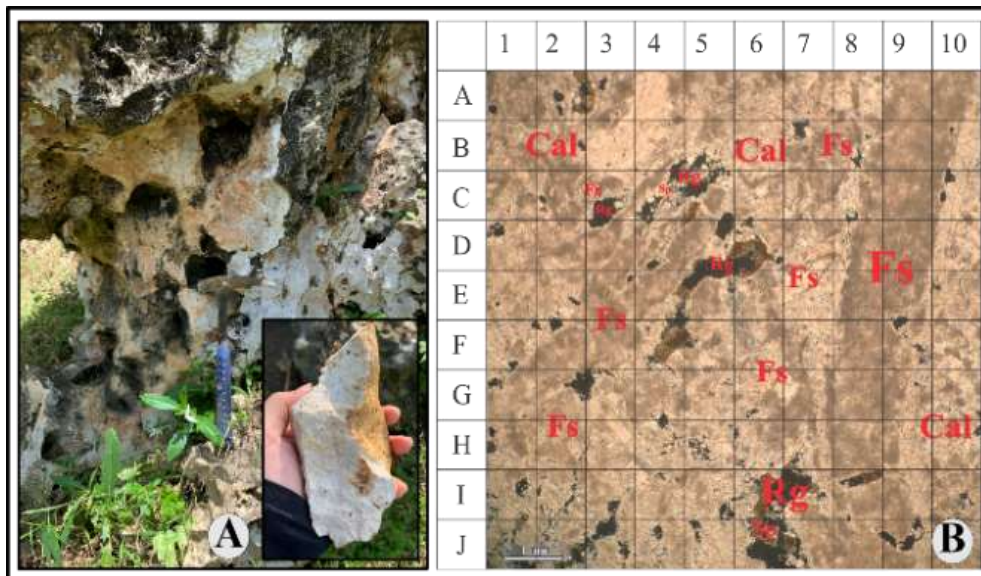


Gambar 8. (A). Kenampakan Megaskopis Batuan *Boundstone*, (B). Kenampakan Mikroskopis Sayatan Batuan (XPL).

Fasies Boundstone II

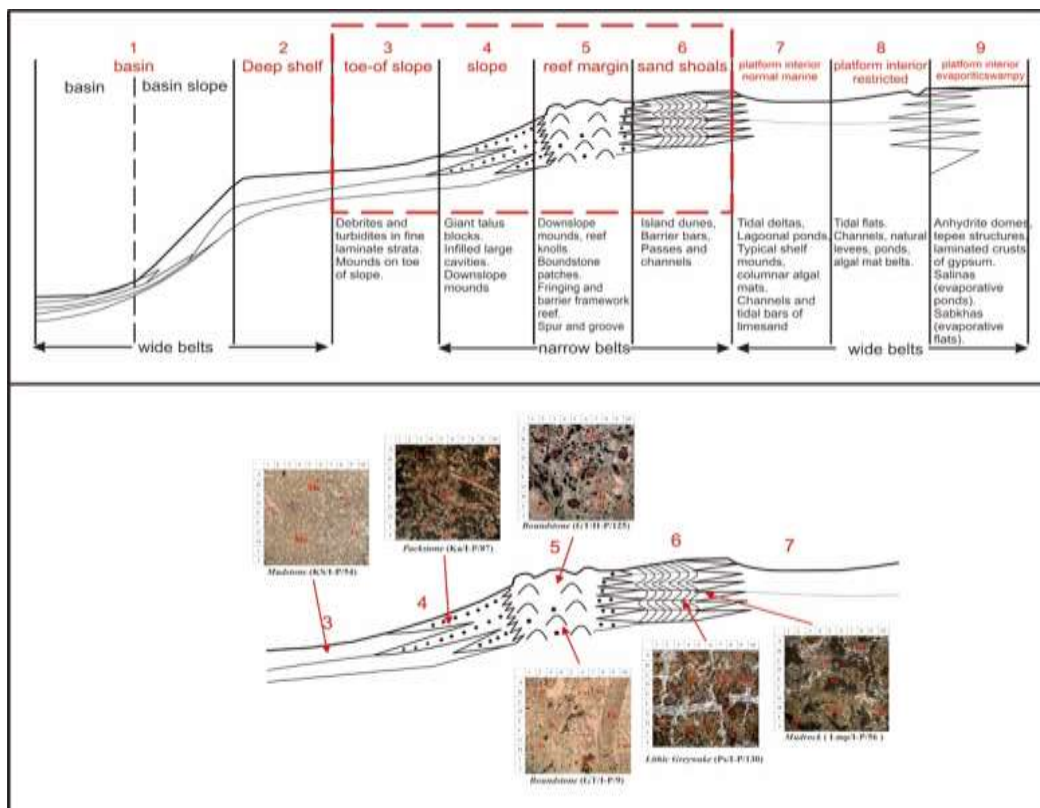
Secara megaskopis batuan ini memiliki kenampakan yaitu warna segar putih keabu - abu dan warna lapuk abu – abu kekuningan, memiliki struktur massif, dengan tekstur nonklastik, komposisi fosil dan kalsit. Berdasarkan pemerian lapangan nama batuan ini yaitu batugamping terumbu (Grabau, 1904).

Berdasarkan analisis petrografi pada Lp 6 dengan kode sampel GT/I-P/9 (Gambar 8b). Secara umum sayatan batuan menunjukkan struktur massif, tekstur amorf, dengan komposisi penyusun batuan meliputi *allochem* berupa fosil (50%), mikrit kalsit (42%), sparit (5%), dan terdapat juga rongga (porositas batuan) pada sayatan batuan (3%). Berdasarkan hasil analisis petrografi batuan ini memiliki nama yaitu *Boundstone* (Dunham, 1962) (Gambar 9).



Gambar 9. (A). Kenampakan Megaskopis Batuan, (B). Kenampakan Mikroskopis Sayatan Batuan.

Berdasarkan hasil analisis sayatan tipis dan fasies pada batuan diatas maka didapatkan beberapa zona lingkungan pengendapan menurut (Schlager, 2005; modifikasi dari Wilson, 1975) yaitu dimulai dari fasies lithic greywacke dan mudrock diendapkan pada lingkungan pengendapan sand shoals, fasies boundstone diendapkan pada lingkungan pengendapan reef margin, fasies packstone diendapkan pada lingkungan pengendapan slope dan fasies mudstone diendapkan pada lingkungan pengendapan toe-of slope (Gambar 10).



Gambar 10. (A). Model fasies lingkungan pengendapan Formasi Pamutuan berdasarkan klasifikasi [16]

Dari model lingkungan pengendapan di atas menunjukkan mekanisme pembentukan pada daerah penelitian dimulai dari fasies *lithic greywacke* dan *mudrock* yang mengalami erosi / rombakan dari batuan sebelumnya kemudian diendapkan pada lingkungan *sand shoals*. Selanjutnya lingkungan *reef margin* yang merupakan lingkungan pembentuk fasies *boundstone*, mempunyai energi gelombang dan arus yang besar, selain itu terkadang lingkungan ini tersingkap di atas permukaan air laut. Sehingga organisme *algae* yang saling terjalin dan koral yang bisa bertahan dan berkembang pada lingkungan *reef margin* akibat besarnya energi yang berkembang di daerah *reef margin* maka seringkali sebagian fasies *boundstone* akan terombak dan tertransport baik di sekitar lingkungan itu sendiri, ataupun di lingkungan lain. Pada daerah penelitian fasies *boundstone* terombakan dan tertransport ke lingkungan *slope* dengan arus yang turbidit dan membentuk fasies *packstone* dan fasies *packstone* mengalami erosi /rombakan serta tertransportasi pada lingkungan pengendapan *toe-of slope* membentuk fasies *mudstone*.

Secara umum daerah penelitian mengalami penambahan ruang akomodasi sehingga sedimentasi terus berjalan dengan pasokan sedimen yang dapat mengimbangi penambahan ruang akomodasi. Akibatnya lingkungan pengendapan tidak jauh berbeda dari waktu ke waktu. Pada saat pasokan sedimen silisiklastik asal darat mendominasi maka pertumbuhan *reef* akan terganggu, sementara jika pasokan sedimen asal darat berkurang maka *reef* akan tumbuh dengan baik [5].

KESIMPULAN (10 PT)

Berdasarkan analisis data didapatkan kesimpulan yaitu didapatkan empat fasies batuan fasies *Lithic Greywacke* dan *Mudrock*, fasies *Boundstone*, fasies *Packstone* dan fasies *Mudstone*. Fasies-fasies tersebut diendapkan pada empat lingkungan pengendapan yang saling berganti yaitu *sand shoals*, *reef margin*, *slope* dan *toe of slope*. Fasies tersebut diendapkan pada pada N 13 – N 14 (Miosen Tengah) pada lingkungan Neritik Tengah – Neritik Luar (100 – 200 meter).

UCAPAN TERIMAKASIH (10 PT)

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah memfasilitasi alat dan laboratorium

DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] A, L. Pomar, "Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands," *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, vol.175, no. 1, pp. 249–272, 2001.
- [2] C. Tavares, L. Borghi, P. Corbett, J. Nobre-Lopes, and R. Câmara, "Facies and depositional environments for the coquinas of the Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional criteria," *Brazilian J. Geol.*, vol. 45, no. 3, pp. 415–429, 2015.
- [3] H. Emraninasab, M. H. Adabi, M. Majidifard, and N. K. Ghadimvand, "Facies Interpretation, Depositional Environment and Sequence Stratigraphy of the Sartakht Formation in the Bakhshi Section, Located in Kalmard Block, East-Central Iran," *Open J. Geol.*, vol. 6, pp. 314–329, 2016.
- [4] Hashmie, A. Rostamnejad, F. Nikbakht, M. Ghorbanie, P. Rezaie, and H. Gholamalian, "Depositional environments and sequence stratigraphy of the Bahram Formation (middle–late Devonian) in north of Kerman, south-central Iran," *Geosci. Front.*, vol. 7, no. 5, pp. 821–834, 2016.
- [5] Z. Khattak, M. A. Khan, Z. Rahman, M. Ishfaq, and M. Yasin, "Microfacies and Diagenetic Analysis of Lockhart Limestone, Shah Alla Ditta Area Islamabad, Pakistan," *Pakistan J. Geol.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–26, 2017.
- [6] M. Schlaich and T. Aigner, "Facies and integrated sequence stratigraphy of an Epeiric Carbonate Ramp Succession: Dhurma Formation, Sultanate of Oman," *Depos. Rec.*, vol. 3, no. 1, pp. 92– 132, 2017.
- [7] M. H. Adabi, U. Kakemem, and A. Sadeghi, "Sedimentary facies, depositional environment, and sequence stratigraphy of Oligocene– Miocene shallow water carbonate from the Rig Mountain, Zagros basin (SW Iran)," *Carbonates and Evaporites*, vol. 31, no. 1, pp. 69– 85, 2016.
- [8] M. Omidvar, A. Safari, H. Vaziri-Moghaddam, and H. Ghalavand, "Facies analysis and paleoenvironmental reconstruction of upper cretaceous sequences in the eastern Para-Tethys basin, NW Iran," *Geol. Acta*, vol. 14, no. 4, pp. 363–384, 2016.
- [9] M. A. Jambak, I. Syafri, V. Isnaniawardhani, B. Benyamin, and H. Rodriguez, "Facies and Diagenetic Level of the Upper Cibulakan and Parigi Formation, in Randegan and Palimanan Area," *Indones. J.*



ISSN: 1907-5995

- [10] Van Bemmelen, R. W., "General Geology of Indonesia and adjacent archipelagos," *The geology of Indonesia*, 1949.
- [11] Pulunggono, A. dan Martodjojo, S., "Perubahan tektonik Paleogen-Neogen merupakan peristiwa tektonik penting di Jawa," Kumpulan Makalah Seminar Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa sejak Akhir Mesozoik hingga Kuartar, Jurusan Geologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1994; hal. 1 – 14.
- [12] Supriatna, S., Sarmili, L., Sudana, D., dan Koswara, A., "Peta Geologi Indonesia Lembar Karangnunggal, Jawa (skala 1:100.000)," Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1992.
- [13] Pettijohn, F. J., "*Sedimentary rocks*," Vol.3, 1975; p. 628, New York: Harper & Row.
- [14] Grabau, A., "On The Classification of Sedimentary Rocks," New Jersey : Princeton University, 1904.
- [15] Dunham, R. J., "*Classification of carbonate rocks according to depositional texture*," American Association of Petroleum Geologists, Memoir, Vol.1, 1962; p. 108-121.
- [16] Wilson, J. L., "*Carbonate Facies in Geologic History*," Springer Verlag, New York, 1975; p.471.
- [17] Schlager, W., "*Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy*," SPEM, Tulsa, Oklahoma, 2005.
- [18] Blow, W. H., "Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy," In Proceedings of the first international conference on planktonic microfossils, Vol.1, 1969 (January); pp. 199-422), Leiden: Eij Brill.
- [19] Tipword, H. L., Setzer, F. M, dan Smith, F. L. JR., "*Interpretation of Depositional Environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from Paleocology and Related Stratigraphy*," Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans., 1966.
- [20] Wentworth, C. K., "A scale of grade and class terms for clastic sediments," *The journal of geology*, 1922; 30(5), 377-392.