



DINAMIKA SEJARAH GEOLOGI BERDASARKAN ANALISIS STRATIGRAFI DAERAH KARAS DAN SEKITARNYA, KECAMATAN SEDAN, KABUPATEN REMBANG, JAWA TENGAH

Gilang Abimanyu¹, Yogie Zulkurnia Rochmana^{2}*

^{1,2}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km. 32 Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

*Korespondensi e-mail: yogie.zrochmana@ft.unsri.ac.id

ABSTRACT

The compressional tectonic process that occurred in the Early Pliocene caused folding and regional uplift on the Island of Java, which resulted in an intrusion process in the study area. The research of the Karas area and its surroundings is very interesting because of the process of deposition of formations that were originally aligned and appear to be misaligned due to the tectonic process. The purpose of this research is to determine the depositional history of each formation in the research area. The method use is stratigraphic analysis obtained from geological mapping. The research area consists of the Tawun Formation, Bulu Formation, Wonocolo Formation, Ledok Formation and the andesite intrusion of the Ngrayong Member. The geological history begins in the Early Miocene when the Tawun Member of the Ngrayong Formation was deposited during the transgression phase. Subsequently, in the Middle Miocene, the Bulu Formation was deposited in harmony during the widespread regression phase. Subsequently, the Wonocolo Formation was deposited on top of the Bulu Formation. This formation was formed during the transgression phase. In the late Miocene, the Ledok Formation was deposited during the regression phase. In the late Pliocene, a north-northeast-south-southwest compressional tectonic process occurred, which caused a change in dip direction and folding of the Tawun Formation of the Ngrayong Member, Bulu Formation, Wonocolo Formation and Ledok Formation with a relative folding direction of west-northwest - southeast-east. Then, in the Pleistocene, there was an intrusion in the form of the Andesite Intrusion, which intruded into the older formations. This research is expected to enrich the understanding of the local geology of the research area.

Keywords: Geological history, stratigraphy analysis, Karas area

Publikasi pada:

Journal of Geology and Sriwijaya

Institusi:

Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara, Palembang, Sumatera Selatan

Surel:

jgs_teknikgeologi@unsri.ac.id

Jejak artikel:

Diterima: 28 Mei 24

Diperbaiki: 10 Jun 24

Disetujui: 12 Jun 24

Lisensi oleh:

CC BY-NC-SA 4.0



SARI

Proses tektonik kompresional yang terjadi pada Kala Pliosen Awal menyebabkan terjadinya perlipatan dan terjadinya pengangkatan regional di Pulau Jawa yang mengakibatkan proses intrusi pada daerah penelitian. Penelitian pada daerah Karas dan sekitarnya sangat menarik dilakukan, proses pengendapan formasi yang awalnya selaras menjadi muncul ketidakselarasan akibat proses tektonik tersebut. Tujuan dilakukan penelitian untuk mengetahui sejarah pengendapan pada tiap formasi daerah penelitian. Metode yang digunakan yaitu analisis stratigrafi yang didapatkan melalui pemetaan geologi. Daerah penelitian tersusun atas Formasi Tawun Anggota Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo, Formasi Ledok dan Intrusi Andesit. Sejarah geologi dimulai pada Miosen Awal dimana terendapkannya Formasi Tawun Anggota Ngrayong pada saat fase transgresi berlangsung. Pada Kala Miosen Tengah terendapkan Formasi Bulu secara selaras pada fase regresi terjadi secara meluas. Formasi Wonocolo terendapkan secara selaras di atas Formasi Bulu. Formasi ini terbentuk pada saat fase transgresi berlangsung. Pada Kala Miosen Akhir, terendapkan Formasi Ledok saat fase regresi. Pada Pliosen Akhir terjadi proses tektonik kompresional yang berarah utara timurlaut – selatan baratdaya yang menyebabkan perubahan arah kemiringan dan terjadi proses perlipatan pada Formasi Tawun Anggota Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo dan Formasi Ledok dengan arah orientasi lipatan relatif berarah barat–baratlaut – timur tenggara. Pada Kala Pleistosen terjadi intrusi berupa Intrusi Andesit yang mengintrusi formasi yang lebih tua. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya wawasan geologi lokal pada daerah penelitian.

Kata kunci: Sejarah geologi, analisis stratigrafi, daerah Karas

PENDAHULUAN

Cekungan Jawa Timur Utara adalah salah satu cekungan yang memiliki potensi hidrokarbon terbesar di Indonesia (Alkatiri & Harmansyah, 2016). Keberadaan batuan karbonat sebagai reservoir hidrokarbon dan penyusun utama formasi di wilayah ini menjadi salah satu potensi dalam penelitian geologi, khususnya stratigrafi dan sedimentologi. Proses tektonik dan stratigrafi pada cekungan ini membagi arah bidang (*trend*) menjadi timur ke barat yang memanjang di pesisir timur Laut Jawa, pesisir utara Madura dan Kepulauan Kangean (Luan & Lunt, 2022). Keunikan tektonostratigrafi dapat tercipta dengan membuat model cekungan yang aktif secara tektonik dan perlu dilakukan evaluasi bukti geologi sebagai dasar pemodelan misalnya pengamatan litologi, analisis fosil dan lingkungan pengendapan, dan analisis fasies sedimen (Luan & Lunt, 2021a).

Stratigrafi merupakan studi batuan yang bertujuan untuk penentuan kronologi dan waktu terjadinya sejarah bumi. Sedimentologi adalah ilmu mengenai proses dari pembentukan batuan sedimen yang dihasilkan dari pengangkutan dan pengendapan material sedimen pada

lingkungan darat hingga laut (Djauhari, 2010). Rekonstruksi lingkungan *peleosediment* dapat memberikan panduan sejarah geologi untuk menggambarkan bentang alam dan lingkungan purba (Yu dkk, 2004; Eberli dkk, 2005; Wu dkk, 2009; Zhu dkk, 2015; Ran dkk, 2019). Rekonstruksi sejarah geologi berisi tentang sejarah pengendapan pada rentang waktu tertentu pada skala waktu geologi yang dihasilkan dari analisis data stratigrafi berupa korelasi litostratigrafi dan biostratigrafi untuk menentukan umur relatif batuan, serta analisis petrografi sayatan tipis batuan untuk menentukan komposisi penyusun batuan (Adam & Rochmana, 2022).

Daerah penelitian terletak pada desa Karas dan sekitarnya, Kecamatan Sedan, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah dan termasuk dalam zona Rembang. Stratigrafi zona Rembang mengikuti skema yang disusun oleh Pringgoprawiro (1983) dan Husein dkk (2016). Zona Rembang tersusun dari formasi muda ke tua yang meliputi Formasi Paciran, Formasi Lidah, Formasi Selorejo, Formasi Mundu, Formasi Ledok, Formasi Wonocolo, Formasi Bulu, Formasi Ngrayong, Formasi Tawun, Formasi Tuban, Formasi Prupuh, Formasi Kujung dan Formasi Ngimbang (Gambar 1). Daerah

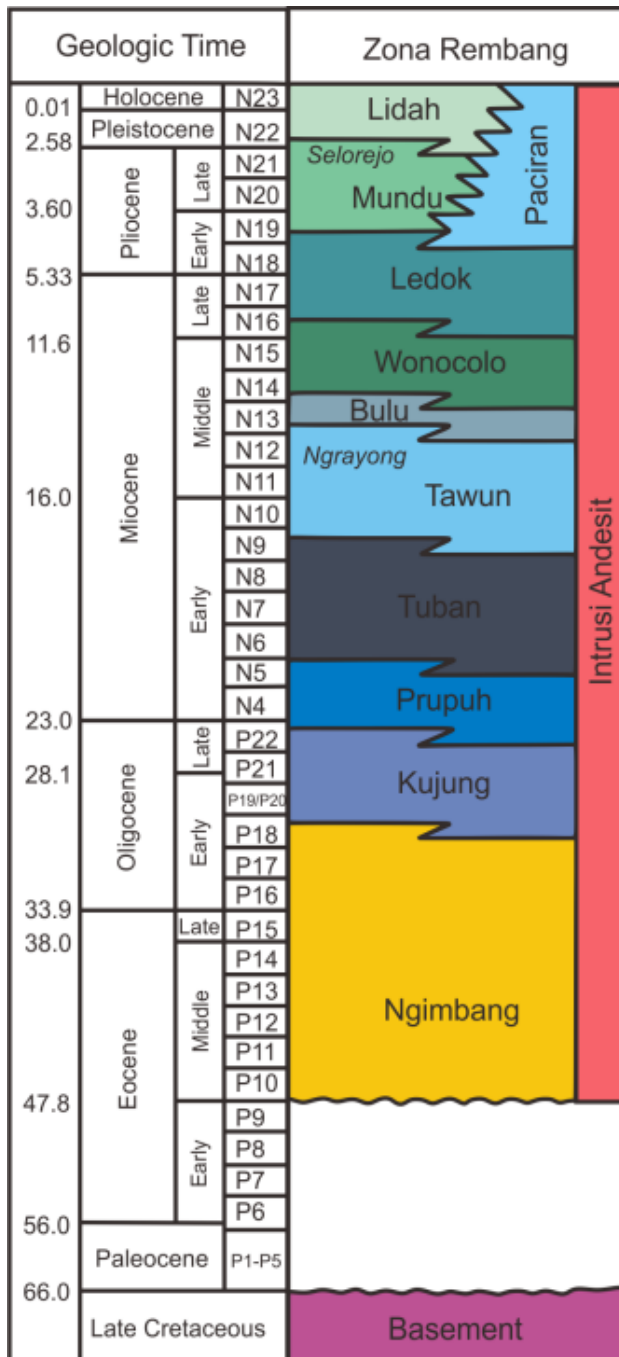
penelitian tersusun atas 4 (empat) formasi sedimen dan 1 (satu) intrusi batuan beku yaitu Formasi Ledok (Tml), Formasi Wonocolo (Tmw), Formasi Bulu (Tmb), Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn), dan Intrusi Andesit (Qla) (Situmorang dkk, 1992).

Proses tektonik regional yang terjadi pada Kala Oligosen Akhir hingga Resen membentuk Pola Struktur Jawa (Pulunggono, 1994). Perkembangan tektonik pada cekungan ini diakibatkan oleh aktivitas subduksi Lempeng Samudera Hindia (Novian dkk, 2014; Putri dkk, 2023). Fase transgresi yang terjadi pada Kala Oligosen hingga Miosen mengakibatkan pengendapan Formasi Rancak, Formasi Prupuh, Formasi Tuban dan Formasi Ngimbang. Proses tektonik dimulai pada Kala Miosen Tengah dan puncak terjadinya pada Kala Pleistosen menyebabkan terjadinya penurunan muka air laut. Pengendapan pada Kala Pleistosen ini diiringi dengan fase kenaikan muka air laut yang menyebabkan proses pengendapan Formasi Lidah, Formasi Paciran, Formasi Mundu, Formasi Wonocolo dan Formasi Ngrayong (Satyana & Djumiati, 2003).

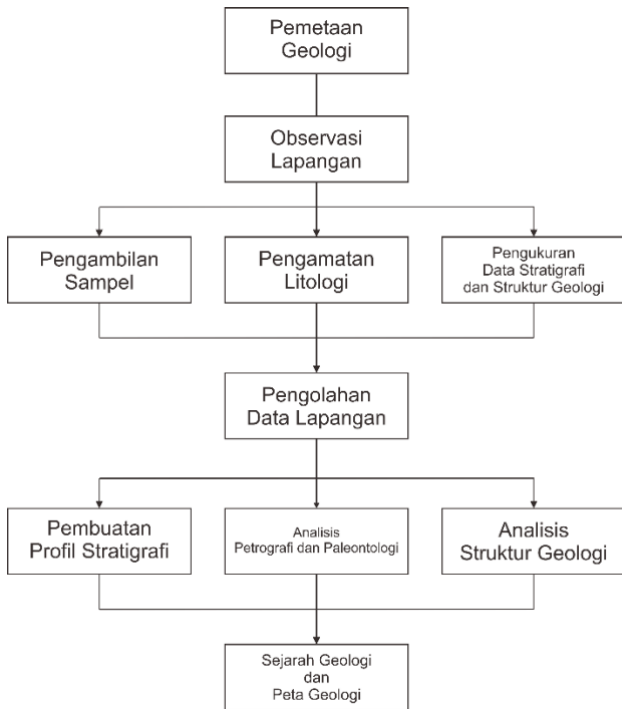
Penelitian mengenai stratigrafi dan sejarah geologi pada zona Rembang perlu dilakukan secara berkala karena perubahan kondisi litologi batuan pada daerah penelitian dan terus berubah secara dinamis. Rekonstruksi sejarah pengendapan, khususnya pada daerah penelitian belum pernah dilakukan kembali dalam rentang waktu yang lama sehingga penelitian ini diharapkan dapat memperbarui data geologi pada daerah penelitian dan dapat dijadikan pedoman untuk penelitian selanjutnya dibidang geologi misalnya tektonik dan stratigrafi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode analisis stratigrafi yang diperoleh dari kegiatan pemetaan geologi lapangan yang meliputi observasi makroskopis dan analisis mikroskopis, serta analisis data stratigrafi lokal daerah penelitian. Tahapan penelitian dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu observasi lapangan, analisis laboratorium, dan kerja studio (Gambar 2).



Gambar 1. Stratigrafi zona Rembang (modifikasi Pringoprawiro, 1983)



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Observasi makroskopis berupa pengambilan data lapangan yang terdiri dari pengukuran kedudukan litologi batuan, deskripsi fisik batuan dan pengambilan sampel batuan. Analisis petrografi bertujuan untuk mengetahui karakteristik mineral

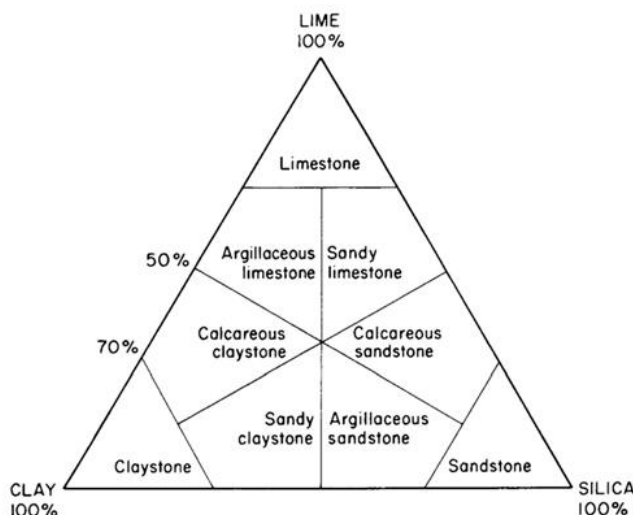
pada sayatan tipis batuan (Sunarta dkk, 2023). Perolehan data lapangan dilakukan penyusunan, interpretasi dan simulasi sejarah pengendapan (Hibatullah & Rochmana, 2024). Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui komposisi mineral dan kandungan fosil untuk menentukan umur relatif dengan menggunakan klasifikasi Blow (1969).

Analisis mikroskopis berupa pengamatan sayatan tipis batuan yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data deskripsi sayatan batuan dengan menggunakan klasifikasi penamaan batuan menurut Dunham (1962) (Gambar 3) dan klasifikasi batuan menurut Le Bas & Streckeisen (1991), Selley (2004) dan Kendall & Flood (2011) (Gambar 4).

Analisis paleontologi dilakukan untuk mengidentifikasi fosil foraminifera planktonik untuk menentukan umur relatif dan bentonik untuk menentukan lingkungan batimetri tiap formasi yang ada pada daerah penelitian. Hasil pengolahan data lapangan yang telah didapatkan kemudian dilakukan rekonstruksi sejarah geologi pada daerah penelitian sesuai urutan stratigrafinya.

| Depositional texture recognizable | | | | Depositional texture not recognizable | |
|--|----------------------|----------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|
| Original components not bound together during deposition | | | Original components were bound together | | |
| Contains mud (clay and fine silt-size carbonate) | | Lacks mud and is grain supported | | | |
| Mud-supported | | Grain-supported | | | |
| Less than 10% grains | More than 10% grains | | | | |
| Mudstone | Wackestone | Packstone | Grainstone | Boundstone | Crystalline |
| | | | | | |

Gambar 3. Klasifikasi penamaan batuan (Dunham, 1962)



Gambar 4. Klasifikasi batuan (Selley, 2004)

HASIL

Stratigrafi

Berdasarkan hasil observasi daerah penelitian tersusun atas 5 (lima) Formasi (Gambar 5) yaitu Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) merupakan formasi paling tua yang berumur Miosen Awal hingga

Tengah dengan litologi batupasir dan batugamping sebagai penyusun formasi. Formasi ini berada pada lingkungan pengendapan Laut Transisi – Neritik Tengah. Selanjutnya terendapkan Formasi Bulu (Tmb) yang memiliki umur Miosen Tengah yang tersusun atas litologi batugamping pasiran dan batupasir gampingan yang terendapkan pada lingkungan Neritik Tepi.

| Kala | Litostratigrafi | Formasi | Litologi | Lingkungan Pengendapan | |
|------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|
| Pleistosen | Qla | Lava Andesit | Andesit | | |
| Pliosen | | | | | |
| Miosen | | Tml | Formasi Ledok | Batupasir | Transisi - Neritik Tepi |
| | | Tmw | Formasi Wonocolo | Batugamping pasiran, Batugamping dan Batupasir gampingan | Neritik Tepi - Neritik Luar |
| | | Tmb | Formasi Bulu | Batugamping pasiran dan Batupasir gampingan | Neritik Tepi |
| Awal | Tmtn | Anggota Ngrayong Formasi Tuban | Batupasir dan Batugamping | Transisi - Neritik Tengah | |

Gambar 5. Stratigrafi daerah penelitian

Formasi Wonocolo (Tmw) yang berumur Miosen Tengah tersusun atas litologi batugamping pasiran, batugamping dan batupasir gampingan yang terendapkan pada

lingkungan Neritik Tepi – Neritik Luar. Kemudian terdapat Formasi Ledok (Tml) yang berumur Miosen Akhir hingga Pliosen yang tersusun atas litologi batupasir dan

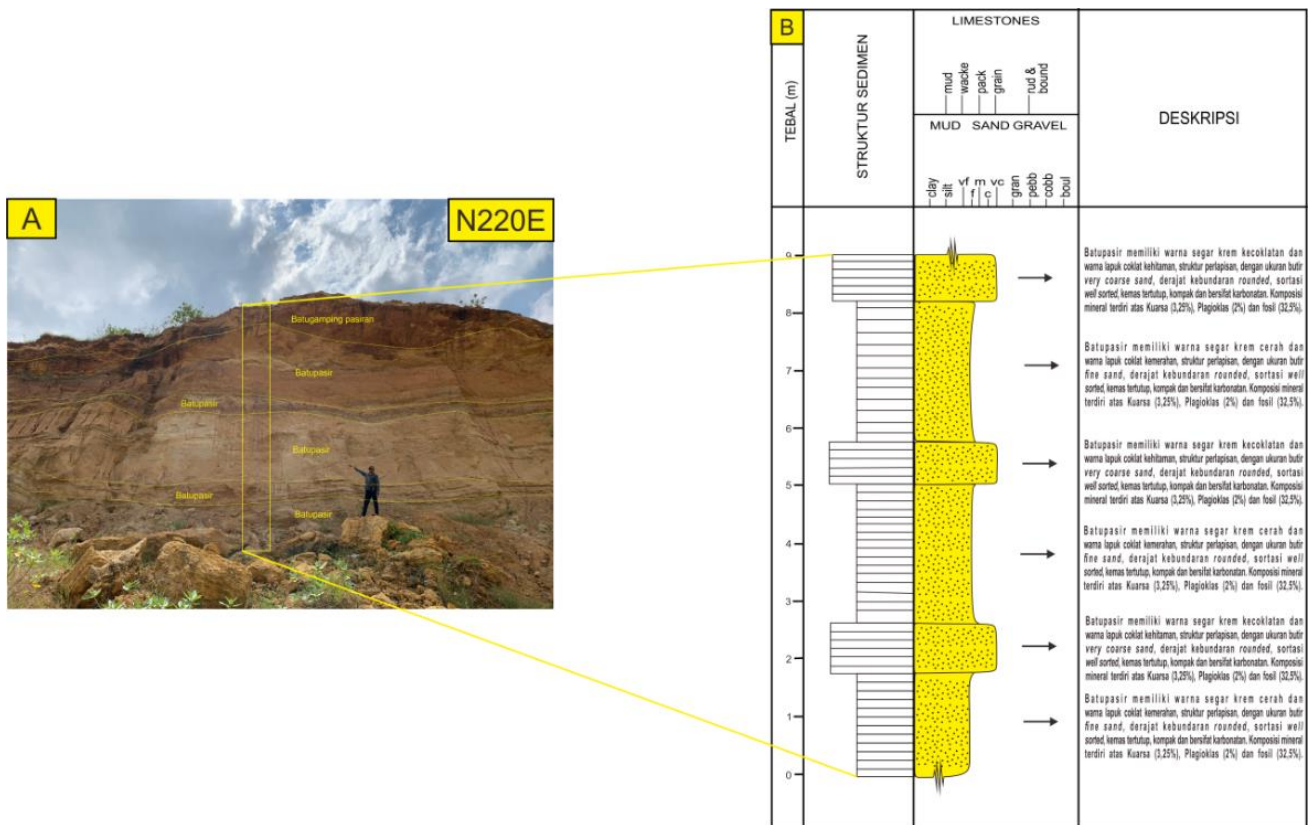
terendapkan pada lingkungan Transisi – Neritik Tepi. Terakhir terdapat Lava Andesit (Qla) yang merupakan intrusi berumur Pleistosen yang menerobos formasi tertua hingga formasi termuda. Hubungan stratigrafi masing-masing formasi sedimen adalah selaras dimana pengendapan terjadi secara berurutan. Pada akhir pengendapan formasi sedimen terjadi proses kompresional yang menyebabkan intrusi batuan beku berupa andesit yang menyebabkan ketidakselarasan *non-conformity* pada lokasi penelitian.

Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn)

Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) disimbolkan dengan warna biru tua. Pada formasi ini dijumpai litologi batupasir

yang tersingkap karena proses antropogenik dan batugamping. Batupasir secara makroskopis memperlihatkan warna segar krem kecokelatan hingga cerah dan warna lapuk cokelat hingga kemerahan. Struktur sedimen berupa perlapisan. Batupasir ini berukuran butir *fine sand* hingga *very coarse sand* dengan kebulunan *rounded*, sortasi *well sorted* dan kemas tertutup. Batuan ini bersifat karbonatan dan kompak (Gambar 6).

Pengamatan batuan secara mikroskopis menunjukkan batupasir ini merupakan batuan sedimen klastik yang memperlihatkan warna putih kekuningan pada PPL dan berwarna putih kecokelatan pada XPL. Batupasir ini memiliki tekstur pemilahan *poorly sorted*, dengan derajat kebulunan *sub rounded* hingga *sub angular*.



Gambar 6. Singkapan batupasir (A); profil singkapan (B)

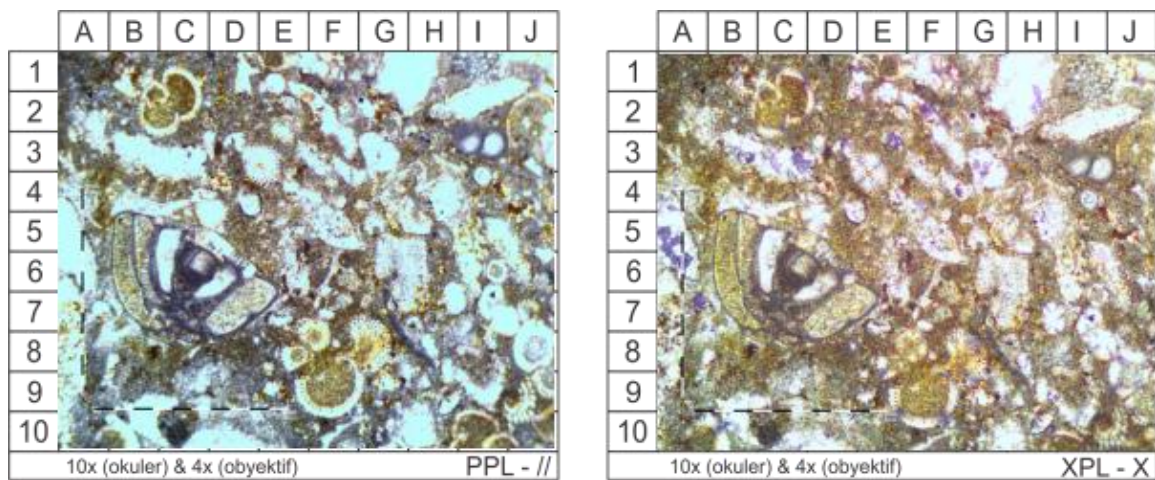
Sayatan tipis batupasir yang diamati menunjukkan bahwa batupasir ini didominasi oleh fragmen berupa fosil

sebanyak 32,5 % yang terlihat pada B5 dan D6 yang tersebar secara merata, terdapat juga mineral kuarsa pada A5 dan plagioklas

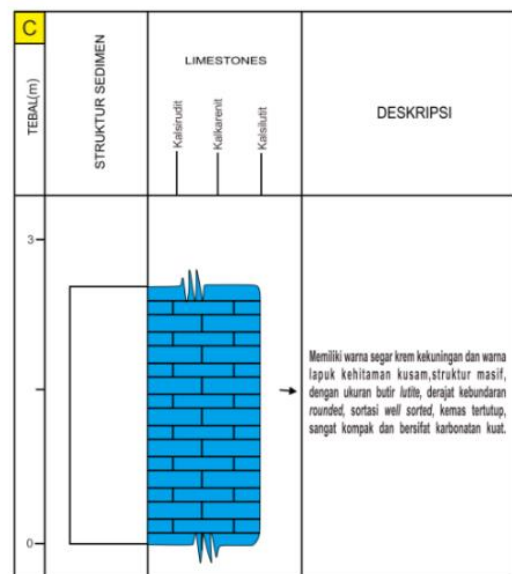
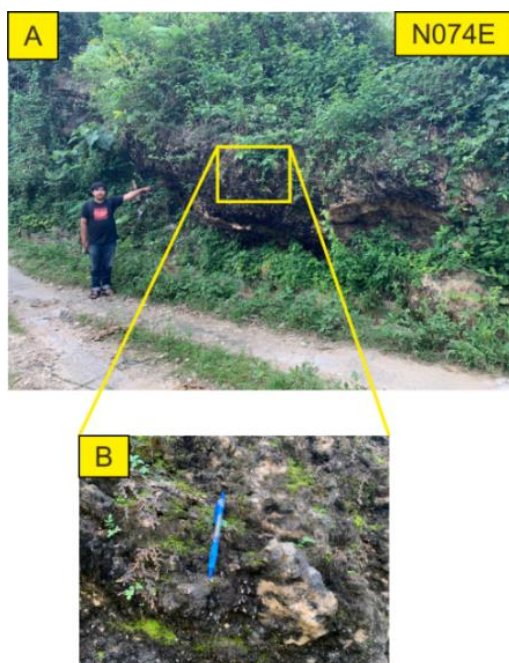
pada H1. Tersusun oleh matriks berupa *micrite* dan semen *sparry calcite*. Berdasarkan komposisi penyusun batuan yang telah dideskripsi ditentukan nama batuan *Packed Biomicrite* menurut Kendall & Flood (2011) (Gambar 7).

Batugamping ditemukan juga pada formasi ini yang berada pada tepi jalan di sekitar perbukitan intrusi andesit. Kondisi

singkapan telah ditumbuhi vegetasi, secara makroskopis memiliki kenampakan warna segar kuning krem dan warna coklat kehitaman. Batugamping ini memiliki ukuran butir *lutite*, dengan sortasi *well sorted*, kebulunan *rounded*, kemas tertutup, sangat kompak, bersifat karbonatan kuat dan memiliki struktur masif (Gambar 8).

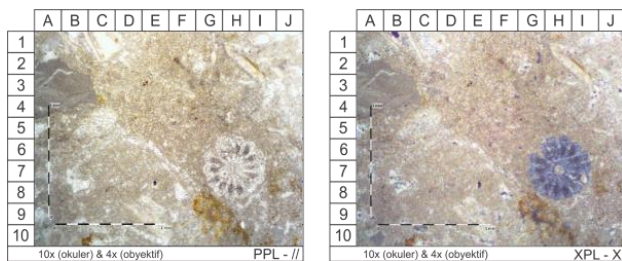


Gambar 7. Kenampakan petrografi batupasir Formasi Tawun Anggota Ngrayong



Gambar 8. Singkapan batugamping (A & B); profil singkapan (C).

Pengamatan batugamping secara mikroskopis melalui mikroskop dengan perbesaran 40x menunjukkan warna krem kecokelatan pada PPL dan berwarna krem pada XPL, tekstur pemilahan *poorly sorted*, derajat kebundaran *rounded* hingga *angular*. Sayatan tipis yang diamati menunjukkan bahwa batugamping ini disusun oleh fragmen berupa fosil sebanyak 9,75 % yang terlihat pada H6–7–8, terdapat juga mineral kuarsa pada B1 dan plagioklas pada C1–2, serta terdapat mineral feldspar pada E8–9. Tersusun oleh matriks berupa *micrite* dan semen *sparrycalcite*. Berdasarkan komposisi penyusun batuan yang telah dideskripsi ditentukan nama *Wackestone* menurut Dunham (1962) (Gambar 9).

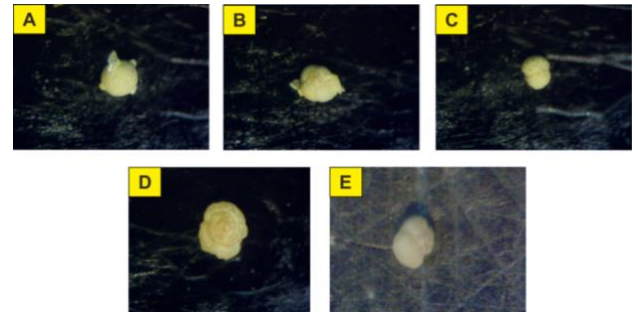


Gambar 9. Kenampakan petrografi batugamping Formasi Tawun Anggota Ngrayong

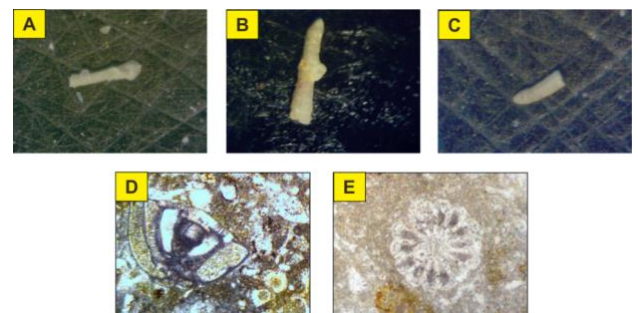
Satuan batupasir Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) bersifat karbonatan, sehingga dilakukan preparasi fosil foraminifera. Berdasarkan analisis paleontologi untuk menentukan umur relatif batuan dan lingkungan pengendapan batimetri pada satuan batupasir Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) yang dilakukan di LP 38, telah diidentifikasi fosil planktonik berupa *Orbulina universa*, *Globigerina venezuelana*, *Praeorbulina transitoria*, *Globorotalia archeomenardii* dan *Globigerinoides immaturus* (Gambar 10).

Fosil bentonik pada batupasir Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) antara lain *Lagena distoma*, *Tubinella funalis*, *Oolina*

botelliformis, *Pyrgo depressa* dan *Notocyathus conicus* (Gambar 11).



Gambar 10. Kenampakan fosil planktonik pada batupasir Formasi Tawun Anggota Ngrayong dengan perbesaran 4x (A) *Orbulina universa*, (B) *Globigerina venezuelana*, (C) *Praeorbulina transitoria*, (D) *Globorotalia archeomenardii* dan (E) *Globigerinoides immaturus*



Gambar 11. Kenampakan fosil bentonik pada batupasir Formasi Tawun Anggota Ngrayong dengan perbesaran 4x (A) *Lagena distoma*, (B) *Tubinella funalis*, (C) *Oolina botelliformis*, dan Foraminifera besar berupa (D) *Pyrgo depressa* dan (E) *Notocyathus conicus*.

Berdasarkan analisis paleontologi didapatkan umur relatif Miosen Tengah (N9) menurut Blow (1969) (Tabel 1) dan lingkungan pengendapan Transisi hingga Neritik Tengah pada Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) menurut Barker (1960) (Tabel 2).

Formasi Bulu (Tmb)

Formasi Bulu (Tmb) disimbolkan dengan warna biru muda pada peta geologi dan terendapkan secara selaras di atas Formasi

Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn). Formasi Bulu (Tmb) tersusun atas litologi batugamping pasiran dan batupasir gampingan yang dijumpai selama observasi lapangan dilakukan. Batugamping pasiran ditemukan di tepian sungai yang secara

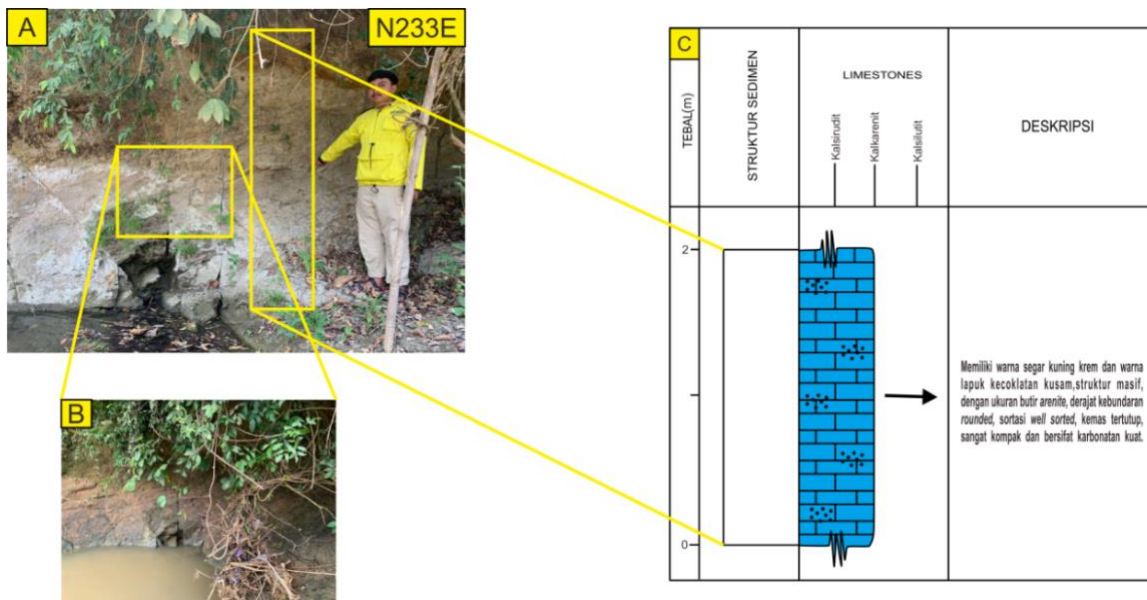
makroskopis memiliki kenampakan warna segar krem kekuningan dengan warna lapuk kecokelatan, ukuran butir arenite, dengan kebulunan *rounded* serta sortasi *well sorted* (Gambar 12).

Tabel 1. Hasil analisis umur relatif batugamping Formasi Tawun Anggota Ngrayong

| UMUR | EOCENE | | OLIGOCENE | | | | MIOCENE | | | | | | | | | PLIOCENE | | PLEISTOCENE | | | | | | | | | | | |
|---|--------|------|-----------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|----|----|----|----|----------|----|----------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | middle | late | early | middle | late | early | middle | late | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | a | b | c | d | e.1-4 | e.5 | f.1 | f.2 | f.3 | g | h | | | Holocene | | | | | | | | | | | | | | | |
| Foraminifera Planktonik | P-13 | P-14 | P-16 | P-17 | P-18 | P-19 | Nf-20 | Nf-21 | Nf-22 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | N17 | N18 | N19 | N20 | N21 | N22 | N23 |
| 1 <i>Orbulina universa</i> (A) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 <i>Globigerina venezuelana</i> (R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 <i>Praeorbulina transitoria</i> (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 <i>Globorotalia archeomenardi</i> (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 <i>Globigerinoides immaturus</i> (R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 2. Hasil analisis lingkungan batimetri batugamping Formasi Tawun Anggota Ngrayong

| Lingkungan Batimetri | Transisi | Neritik | | | Batial | | Abisal |
|--|----------|---------|--------|------|--------|-------|--------|
| | | Tepi | Tengah | Luar | Atas | Bawah | |
| Foraminifera Bentonik | 0 | 20 | 100 | 200 | 500 | 2000 | 4000 |
| 1 <i>Lagena distoma</i> (64-75ft) (C) | | | | | | | |
| 2 <i>Tubinella funalis</i> (20-60ft) (C) | | | | | | | |
| 3 <i>Pyrgo depressa</i> (11ft) (R) | | | | | | | |
| 4 <i>Oolina botelliformis</i> (11ft) (C) | | | | | | | |
| 5 <i>Notocyathus conicus</i> (8ft) (R) | | | | | | | |

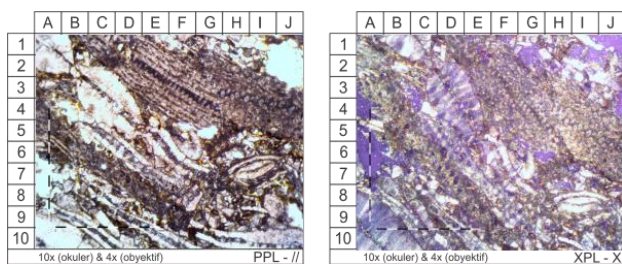


Gambar 12. Singkapan batugamping pasiran (A & B); profil singkapan (C).

Batugamping pasiran ini sangat kompak, kemas tertutup dan bersifat karbonatan kuat atau bereaksi terhadap larutan Hcl. Batugamping pasiran dilakukan pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dan

dianalisa melalui mikroskop dengan perbesaran 40x yang memperlihatkan kenampakan warna coklat gelap pada PPL dan cenderung coklat muda pada XPL.

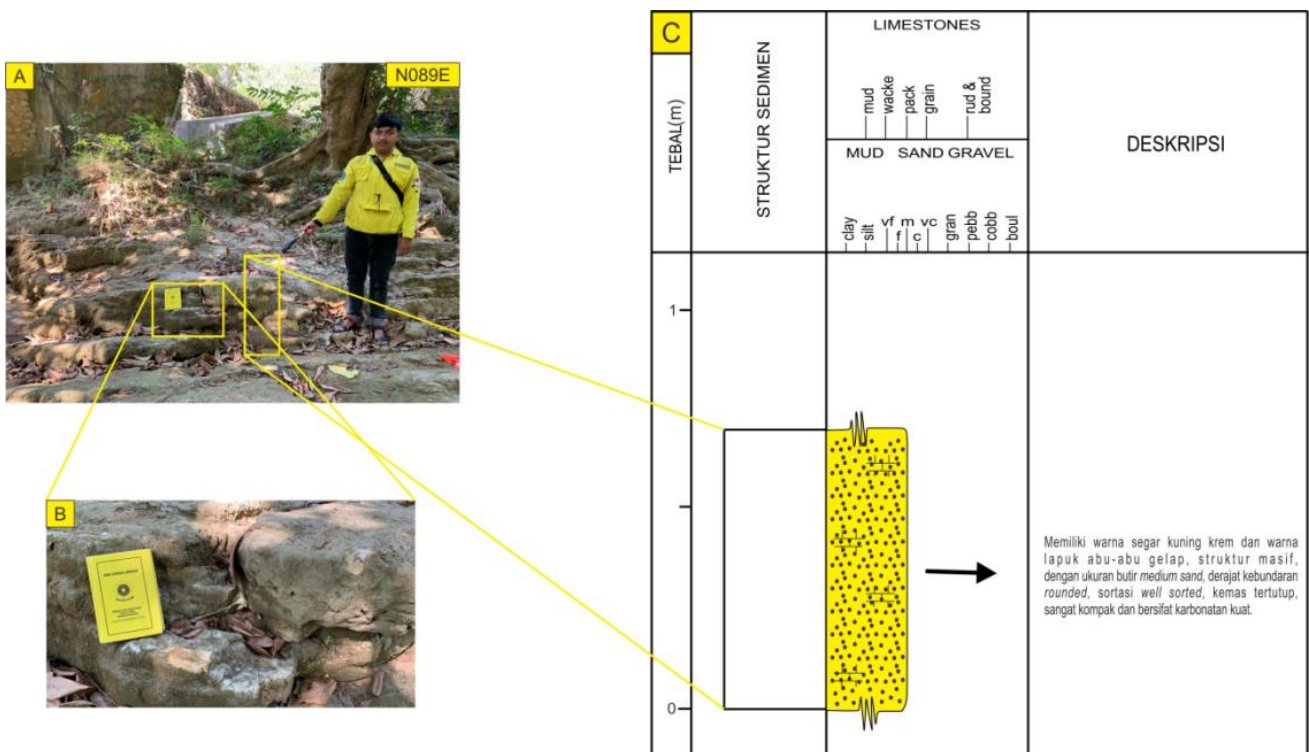
Batugamping pasir ini memiliki tekstur derajat pemilahan *poorly sorted*, derajat kebulatan *rounded* dengan kemas *grain supported fabric*. Batugamping pasir Formasi Bulu (Tmb) tersusun oleh fragmen yang didominasi oleh fosil sebanyak 56,75 % yang tersebar secara merata dan dapat dilihat pada C2–3 dan D2–3, selain itu juga tersusun oleh fragmen berupa mineral kuarsa pada J1 dan plagioklas I1, batuan ini disusun oleh matriks berupa *micrite* serta semen *sparrycalcite*. Berdasarkan kandungan batuan, didapatkan nama batuan *Boundstone* menurut Dunham (1962) (Gambar 13).



Gambar 13. Kenampakan petrografi batugamping pasir Formasi Bulu

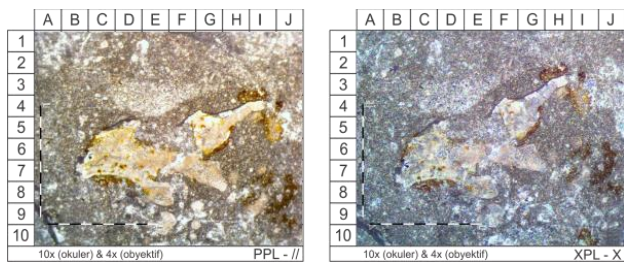
Pada Formasi Bulu juga dijumpai litologi batupasir gampingan yang secara makroskopis berwarna segar kuning krem dan abu-abu gelap dan warna lapuk cokelat kusam. Batupasir gampingan memiliki ukuran butir beragam meliputi *medium sand* hingga *fine sand*, kebulatan *rounded*, sortasi baik, kemas tertutup, sangat kompak dan bersifat karbonatan kuat (Gambar 14).

Pengamatan batupasir gampingan dilakukan secara mikroskopis melalui mikroskop dengan perbesaran 40x merupakan batuan sedimen berupa batupasir gampingan yang memperlihatkan warna krem kecokelatan pada PPL dan berwarna kecokelatan gelap pada XPL. Batupasir gampingan ini memiliki tekstur pemilahan *moderately sorted*, dengan derajat kebulatan *sub rounded* hingga *sub angular*.



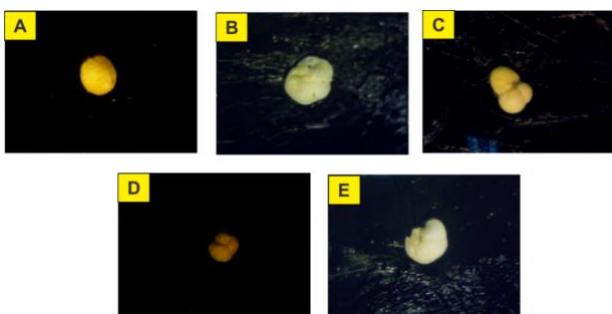
Gambar 14. Singkapan Batupasir gampingan (A); Profil Singkapan (C)

Sayatan tipis yang diamati menunjukkan bahwa batupasir gampingan ini disusun oleh fragmen berupa fosil sebanyak 14 % yang terlihat pada C–G 5–7 yang tersebar secara merata, terdapat juga mineral kuarsa pada C1–2, opak pada B8 dan feldspar pada J7–8, tersusun oleh matriks berupa *micrite* dan semen *sparrycalcite*. Berdasarkan komposisi penyusun batuan ditentukan nama *Calcareous sandstone* menurut Selley (2004) (Gambar 15).



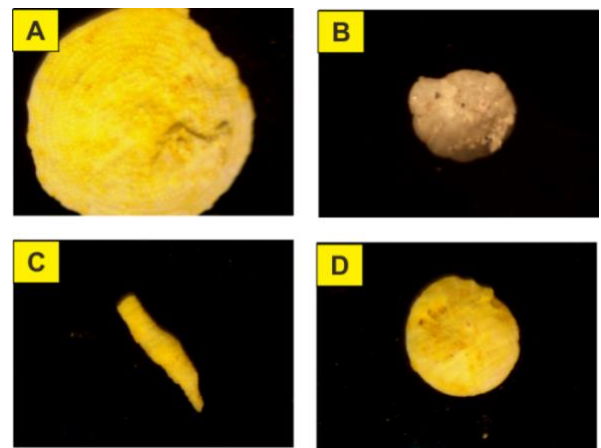
Gambar 15. Kenampakan petrografi batupasir gampingan Formasi Bulu

Satuan batupasir Formasi Bulu (Tmb) bersifat karbonatan, sehingga dilakukan preparasi fosil foraminifera. Berdasarkan analisis paleontologi untuk menentukan umur relatif batuan dan lingkungan pengendapan batimetri pada satuan batugamping Formasi Bulu (Tmb) yang dilakukan di LP 76, telah diidentifikasi fosil planktonik berupa *Orbulina universa*, *Globorotalia lobata*, *Globigerinoides immaturus*, *Globorotalia mayeri* dan *Globorotalia fohsi* (Gambar 16).



Gambar 16. Kenampakan fosil planktonik pada batugamping Formasi Bulu dengan perbesaran 4x (A) *Orbulina universa*, (B) *Globorotalia lobata*, (C) *Globigerinoides immaturus*, (D) *Globorotalia mayeri* dan (E) *Globorotalia fohsi*.

Fosil bentonik pada batugamping Formasi Bulu (Tmb) antara lain *Marginopora vertebralis*, *Alveolinella quoyi*, *Tubinella funalis* dan *Cibicides praecinctus* (Gambar 17). Berdasarkan analisis paleontologi, didapatkan umur relatif Miosen Tengah (N12) menurut Blow (1969) (Tabel 3) dan lingkungan pengendapan Neritik Tepi pada Formasi Bulu (Tmb) menurut Barker (1960) (Tabel 4).



Gambar 17. Kenampakan fosil bentonik pada batugamping Formasi Bulu dengan perbesaran 4x (A) *Marginopora vertebralis*, (B) *Streblus beccarii*, (C) *Tubinella funalis*, dan (D) *Cibicides praecinctus*.

Formasi Wonocolo (Tmw)

Formasi Wonocolo (Tmw) disimbolkan dengan warna hijau pada peta geologi dan diendapkan secara selaras di atas Formasi Bulu (Tmb). Formasi Wonocolo tersusun atas litologi batugamping pasiran dan batupasir gampingan yang dijumpai selama observasi lapangan dilakukan.

Litologi batupasir gampingan secara makroskopis memiliki warna segar putih kekuningan dan warna lapuk abu-abu kusam. Batupasir gampingan ini memiliki ukuran butir *medium sand*, derajat kebundaran *rounded*, sortasi baik, kemas tertutup, kompak dan bersifat karbonatan sedang (Gambar 18). Pengamatan batupasir gampingan secara mikroskopis melalui

mikroskop dengan perbesaran 40x merupakan batuan sedimen berupa batupasir gampingan yang memperlihatkan

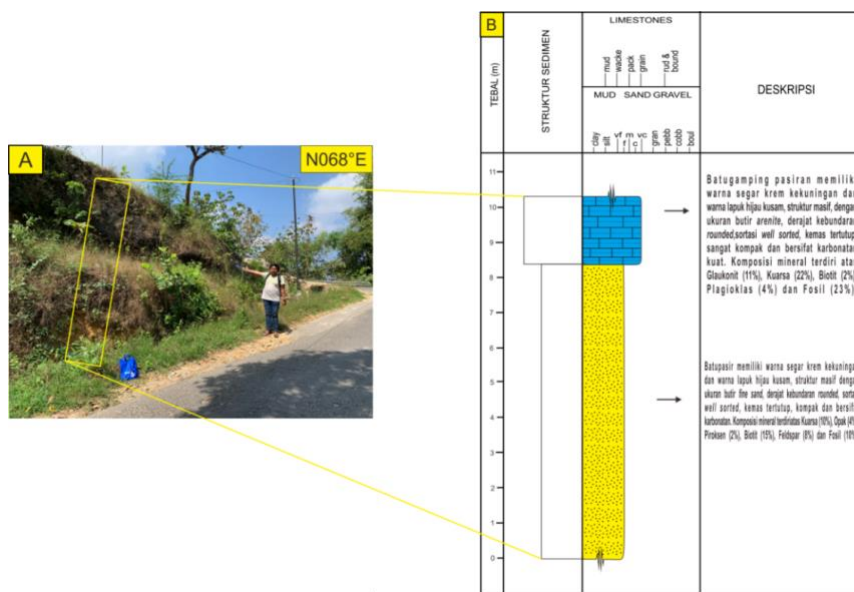
warna abu-abu kecokelatan pada PPL dan berwarna kecokelatan pada XPL.

Tabel 3. Hasil analisis umur relatif batugamping Formasi Bulu

| UMUR | EOCENE | | | OLIGOCENE | | | | MIOCENE | | | | | | | PLIOCENE | | PLEISTOCENE | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|------|-------|-----------|-------|-------|--------|---------|-----|----|----|----|----|----|----------|----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | middle | late | early | middle | late | early | middle | late | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | a | b | c | d | e.1-4 | e.5 | f.1 | f.2 | f.3 | g | h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Foraminifera Planktonik | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | P19 | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | N17 | N18 | N19 | N20 | N21 | N22 | N23 | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 4. Hasil analisis lingkungan batimetri batugamping Formasi Bulu

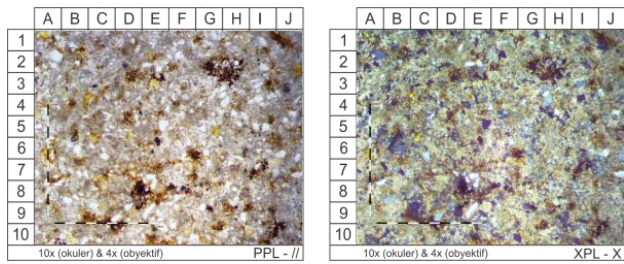
| Lingkungan Batimetri | Transisi | Neritik | | | Batial | | Abisal |
|-----------------------|---|---------|--------|------|--------|-------|--------|
| | | Tepi | Tengah | Luar | Atas | Bawah | |
| Foraminifera Bentonik | 0 | 20 | 100 | 200 | 500 | 2000 | 4000 |
| 1 | <i>Marginopora vertebralis</i> (15-20ft)(A) | ●● | | | | | |
| 2 | <i>Alveolinella quoyi</i> (16ft) (A) | ● | | | | | |
| 3 | <i>Tubinella funalis</i> (20-60ft) (C) | ● | ● | | | | |
| 4 | <i>Cibicides praecinctus</i> (37ft) (R) | ● | | | | | |



Gambar 18. Kontak singkapan batupasir gampingan dan batugamping pasiran (A); profil singkapan (B)

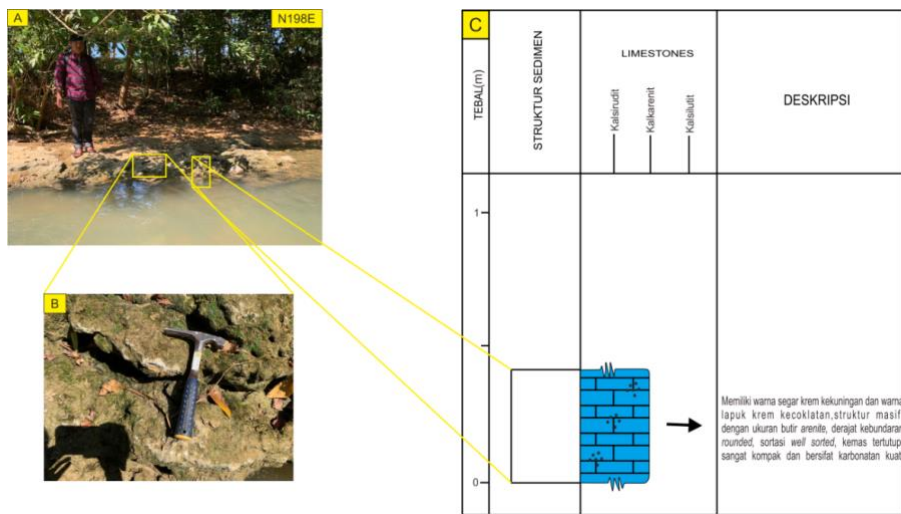
Batupasir gampingan ini memiliki tekstur pemilahan *moderately sorted*, dengan derajat kebundaran *rounded* hingga *angular*. Sayatan tipis yang diamati menunjukkan batupasir gampingan ini disusun oleh fragmen berupa fosil sebanyak 10 % yang terlihat pada D1 yang tersebar secara merata, terdapat juga mineral kuarsa pada C9, opak

pada D8, feldspar pada B4–5 dan biotit pada G5. Tersusun oleh matriks berupa *micrite* dan semen *sparrycalcite*. Berdasarkan komposisi penyusun batuan ditentukan nama *Calcareous sandstone* menurut Selley (2004) (Gambar 19).



Gambar 19. Kenampakan petrografi batupasir gampingan Formasi Wonocolo

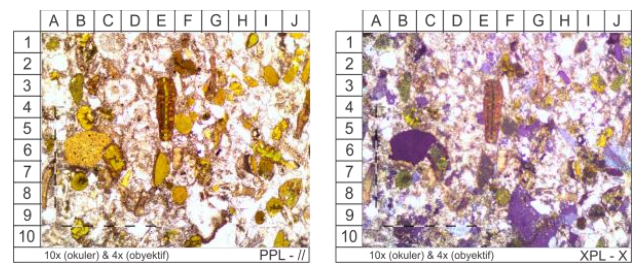
Litologi batugamping pasiran ditemukan pada tepi sungai, secara makroskopis batuan ini memiliki kenampakan warna segar krem kekuningan dengan warna lapuk hijau kusam. Memiliki ukuran butir *arenite*, dengan kebundaran *rounded* serta sortasi *well sorted*. Batugamping pasiran merupakan batuan yang sangat kompak, kemas tertutup dan bersifat karbonatan kuat (Gambar 20).



Gambar 20. Singkapan batugamping pasiran (A & B); profil singkapan (C)

Batugamping pasiran ini dilakukan pengamatan secara mikroskopis melalui sayatan tipis dan dianalisa melalui mikroskop dengan perbesaran 40x yang memperlihatkan kenampakan sampel batuan ini dengan warna *colorless* pada PPL dan cenderung krem keunguan pada XPL. Batugamping pasiran ini memiliki tekstur derajat pemilahan *poorly sorted*, derajat kebundaran *sub rounded* hingga *sub angular*. Batugamping pasiran Formasi Wonocolo (Tmb) tersusun oleh fragmen fosil sebanyak 23 % yang tersebar secara merata dan dapat dilihat pada E4, selain itu juga tersusun oleh fragmen berupa mineral glaukonit pada B3 dan C6, kuarsa pada G9, biotit pada I6 dan plagioklas pada H6. Batuan ini disusun oleh matriks berupa *micrite* serta semen *microsparry*. Berdasarkan kandungan dan komposisi batuan, didapatkan nama batuan

Packstone menurut Dunham (1962) (Gambar 21).

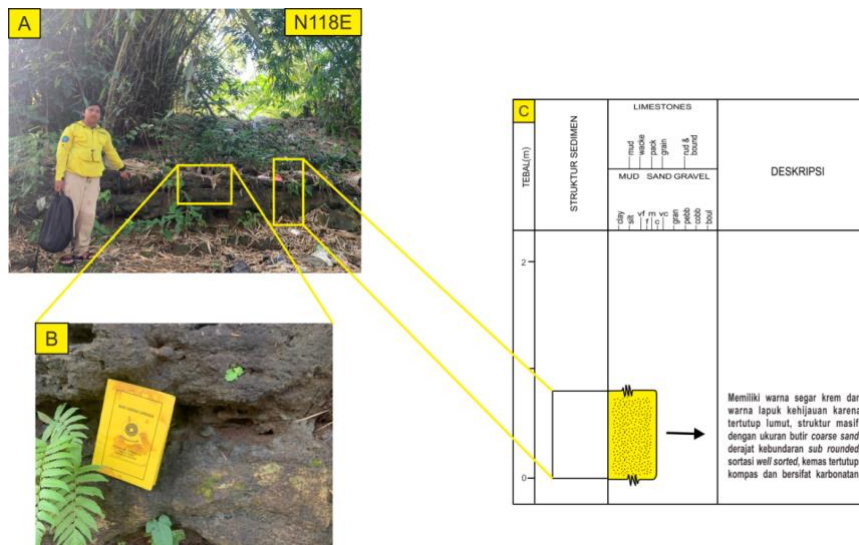


Gambar 21. Kenampakan petrografi batugamping pasiran Formasi Wonocolo

Satuan batugamping pasiran Formasi Wonocolo (Tmw) bersifat karbonatan, sehingga dilakukan preparasi fosil foraminifera. Berdasarkan analisis paleontologi untuk menentukan umur relatif batuan dan lingkungan pengendapan batimetri pada satuan batugamping pasiran Formasi Wonocolo (Tmw) yang dilakukan di

baik, kemas tertutup, kompak, bersifat karbonatan dan memiliki ciri khas

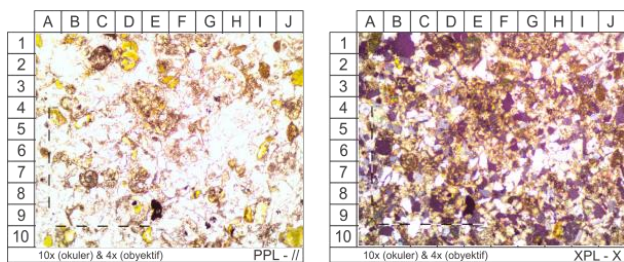
berlempeng–lempeng pada lapisan batuan (Gambar 24).



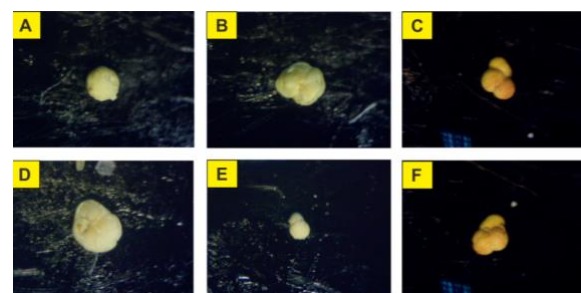
Gambar 24. Singkapan batupasir (A & B); profil singkapan (C)

Batupasir ini juga dilakukan pengamatan secara mikroskopis melalui mikroskop dengan perbesaran 40x menunjukkan batuan sedimen klastik berupa batupasir yang memperlihatkan warna putih kekuningan pada PPL dan berwarna putih kecokelatan pada XPL, tekstur pemilahan *well sorted*, dengan derajat kebundaran *rounded* hingga *sub rounded*. Sayatan yang diamati menunjukkan bahwa batupasir ini disusun oleh fragmen berupa glaukonit sebanyak 18,25 % yang terlihat pada D2 dan J10, terdapat juga mineral kuarsa pada B1 dan G10, fosil pada C2 dan B7, feldspar pada E10 dan opak pada D9, tersusun oleh matriks berupa *calcite* dan semen *sparrycalcite*. Berdasarkan komposisi penyusun batuan ditentukan nama *Calcareous Sandstone* menurut Selley (2004) (Gambar 25).

Satuan batupasir Formasi Ledok (Tml) bersifat karbonatan, sehingga dilakukan preparasi fosil foraminifera. Berdasarkan analisis paleontologi untuk menentukan umur relatif batuan dan lingkungan pengendapan batimetri pada satuan batupasir Formasi Ledok (Tml) yang dilakukan di LP 4, telah diidentifikasi fosil planktonik berupa *Orbulina universa*, *Globorotalia foehsi*, *Globigerina venezuelana*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia menardi* dan *Globigerinoides immaturus* (Gambar 26).



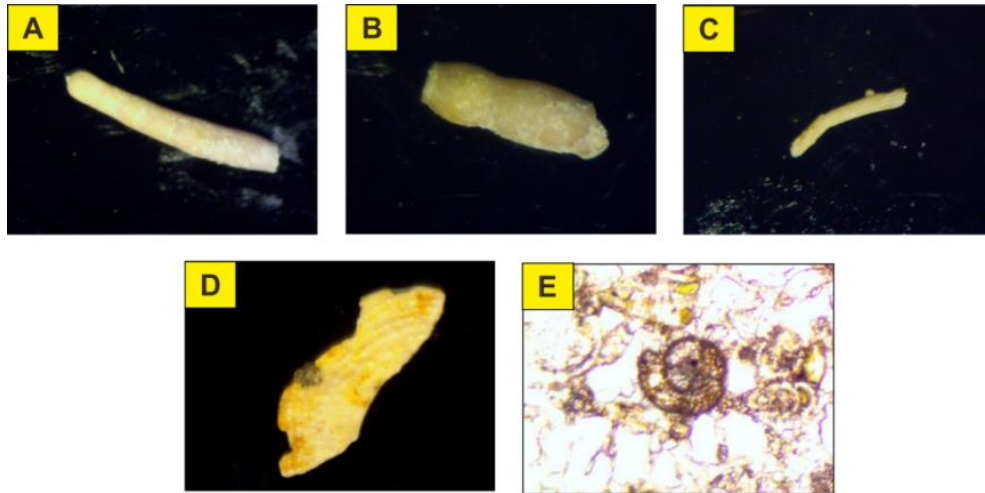
Gambar 25. Kenampakan petrografi batupasir Formasi Ledok



Gambar 26. Kenampakan fosil planktonik pada batupasir Formasi Ledok dengan perbesaran 4x (A) *Orbulina universa*, (B) *Globorotalia miocenica*, (C) *Globorotalia obesa*, (D) *Globorotalia menardi*, (E) *Globigerinoides ruber* dan (F) *Globigerina praebulloides*.

Fosil bentonik pada batupasir Formasi Ledok (Tml) antara lain *Parvicarinina altocamerata*, *Cibicides praecinctus*, *Robulus atlanticus*, *Lagena distoma* dan *Tubinella funalis* (Gambar 27).

Berdasarkan analisis paleontologi, didapatkan umur relatif Miosen Tengah (N17) menurut Blow (1969) (Tabel 7) dan lingkungan pengendapan Transisi hingga Neritik Tepi pada Formasi Ledok (Tml) menurut Barker (1960) (Tabel 8).



Gambar 27. Kenampakan fosil bentonik pada batupasir Formasi Ledok dengan perbesaran 4x (A) *Tubinella funalis*, (B) *Oolina botelliformis*, (C) *Lagena distoma*, (D) *Alveolinella quoyi* dan (E) *Ammonia beccarii*

Tabel 7. Hasil analisis umur relatif batupasir Formasi Ledok

| UMUR | EOCENE | | OLIGOCENE | | | | MIOCENE | | | | | | | | PLIOCENE | | PLEISTOCENE | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|------|-----------|--------|-------|-------|---------|----|--------|-----|------|----|----|----|----------|----------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| | middle | late | early | middle | late | early | | | middle | | late | | | h | | Holocene | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | a | b | c | d | e.1-4 | e.5 | | | f.1 | f.2 | f.3 | | g | | | h | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Foraminifera Planktonik | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | P19 | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | N17 | N18 | N19 | N20 | N21 | N22 | N23 | | |
| 1 <i>Orbulina universa</i> (A) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 <i>Globorotalia miocenica</i> (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 <i>Globorotalia obesa</i> (R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 <i>Globorotalia menardi</i> (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 <i>Globigerinoides ruber</i> (C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 <i>Globigerina praebulloides</i> (A) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 8. Hasil analisis lingkungan batimetri batupasir Formasi Ledok

| Lingkungan Batimetri | | Transisi | | Neritik | | | Batial | | Abisal |
|-----------------------|--|----------|------|---------|------|------|--------|------|--------|
| | | | Tepi | Tengah | Luar | Atas | Bawah | | |
| Foraminifera Bentonik | | 0 | 20 | 100 | 200 | 500 | 2000 | 4000 | |
| 1 | <i>Tubinella funalis</i> (20-60ft) (C) | | ● | ● | | | | | |
| 2 | <i>Oolina botelliformis</i> (11ft) (C) | | ● | | | | | | |
| 3 | <i>Lagena distoma</i> (64-75ft) (C) | | | ● | ● | | | | |
| 4 | <i>Alveolinella quoyi</i> (16ft) (R) | | ● | | | | | | |
| 5 | <i>Ammonia beccarii</i> (8ft) (A) | | ● | | | | | | |

Intrusi Andesit (Qla)

Intrusi Andesit (Qla) disimbolkan dengan warna merah pada peta geologi dan merupakan intrusi berupa batuan beku andesit yang menerobos formasi yang lebih

tua ke formasi yang lebih muda. Intrusi Andesit (Qla) tersusun atas litologi andesit yang dijumpai selama observasi lapangan. Litologi andesit dicirikan dengan warna segar abu-abu kehitaman dan warna lapuk abu-abu kusam. Andesit ini memiliki granularitas

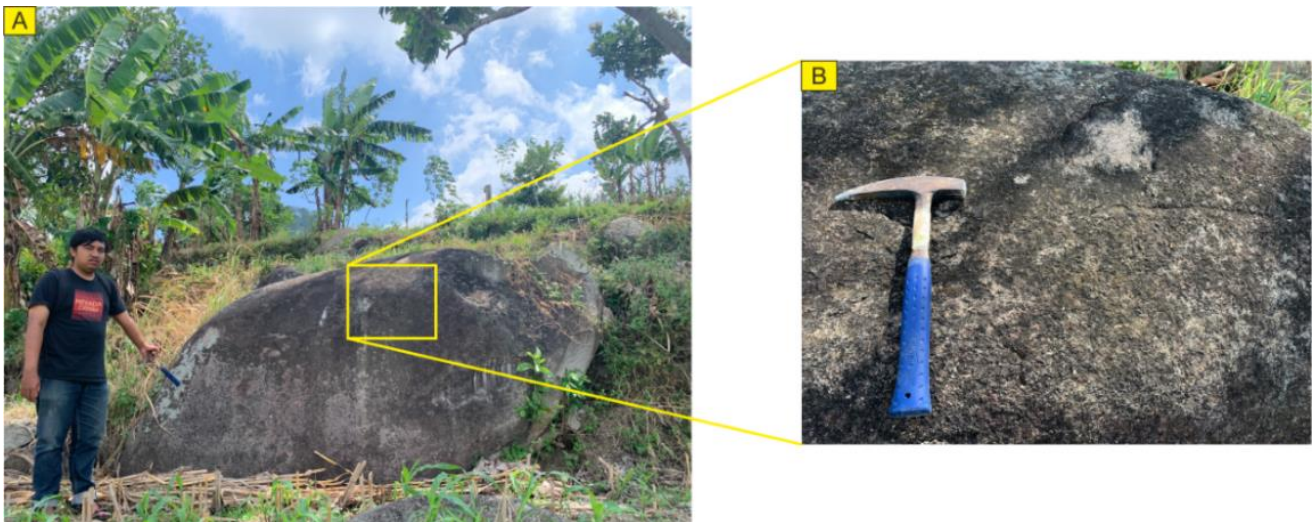
afanitik, derajat kristalisasi holokristalin, struktur masif dan kemas ekuigranular (Gambar 28).

Batuan beku intrusif berupa andesit memperlihatkan warna putih kecokelatan pada PPL dan berwarna kehitaman pada XPL, dengan ukuran butir mineral berkisar <1 mm (afanitik) hingga >1 mm (fanerik), derajat kristalisasi holokristalin, bentuk mineral *euهدral* hingga *anhedral*, tingkat keseragaman butir *inequigranular*.

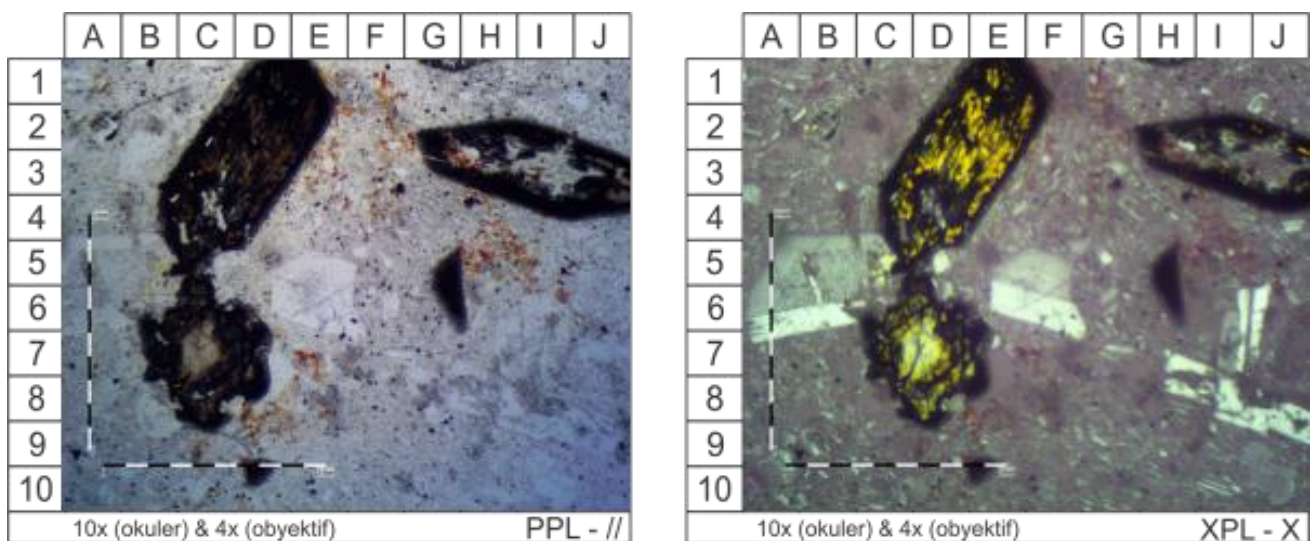
Sayatan tipis yang diamati menunjukkan bahwa andesit ini disusun oleh fragmen

berupa plagioklas sebanyak 13,5 %, terdapat juga mineral kuarsa, *hornblende* dan alkali feldspar, massa dasar berupa mikrolit (39,75 %) dan terdapat mineral lainnya berupa orthoklas sebesar 1 % yang terlihat pada I9. Berdasarkan komposisi penyusun batuan, ditentukan nama *Andesite* menurut Le Bas & Streckeisen (1991) (Gambar 29).

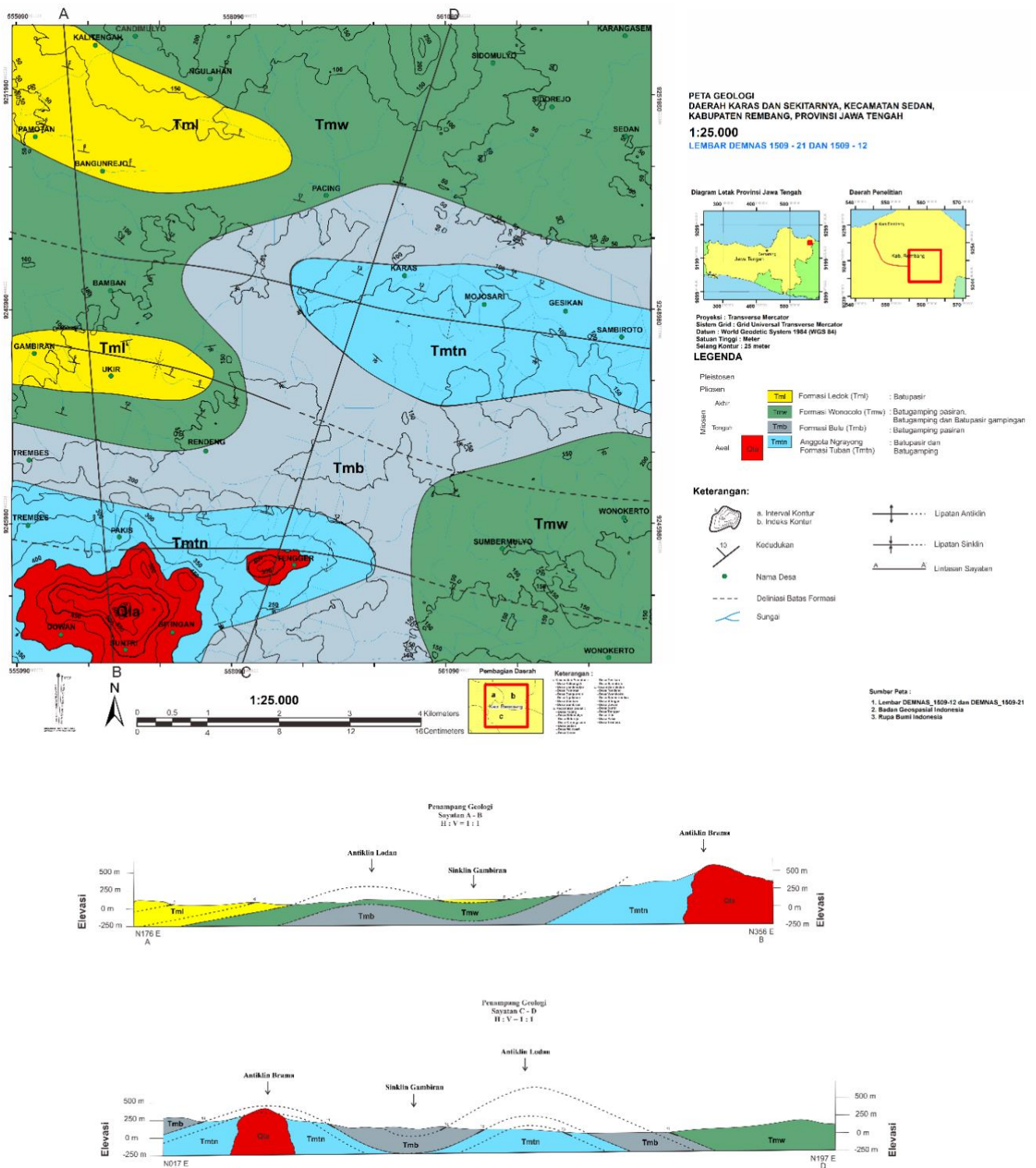
Hasil observasi lapangan dan analisis laboratorium kemudian disusun menjadi sebuah peta geologi daerah penelitian yang berguna untuk menunjukkan batas formasi geologi dan penampang geologi bawah permukaan daerah penelitian (Gambar 30).



Gambar 28. Singkapan andesit (A); kenampakan jarak dekat (B)



Gambar 29. Kenampakan petrografi andesit Intrusi Andesit



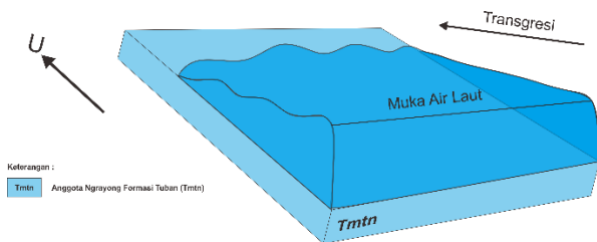
Gambar 30. Peta geologi dan penampang geologi bawah permukaan daerah penelitian

Sejarah Geologi

Sejarah geologi daerah penelitian ditentukan berdasarkan aspek stratigrafi serta struktur geologi berdasarkan data lapangan dan analisa yang telah dilakukan serta mempertimbangkan sejarah geologi regional yang dihasilkan oleh penelitian terdahulu. Sejarah geologi daerah penelitian divisualisasikan dalam bentuk 3 (tiga) dimensi yang mempresentasikan setiap peristiwa geologi yang terjadi pada waktu tertentu. Pengendapan Formasi pada daerah penelitian dimulai dari Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn), Formasi Bulu (Tmb), Formasi Wonocolo (Tmw), dan Formasi Ledok (Tml) yang kemudian diintrusi oleh Lava Andesit (Qla) yang berumur lebih muda.

Miosen Awal

Cekungan Jawa Timur Utara, khususnya Perbukitan Rembang pada Kala ini masih berada di bawah permukaan air laut yang mengakibatkan transgresi pada daerah penelitian sehingga proses sedimentasi Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) berada pada lingkungan yang cukup dalam. Pada proses pengendapan sedimen ini membentuk litologi berupa batupasir dan batugamping pasiran pembentuk formasi ini. Lingkungan pengendapan terjadi pada lingkungan Transisi hingga Neritik Tengah menurut Barker (1960) (Gambar 31).

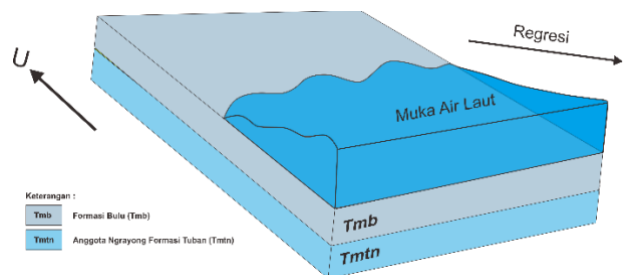


Gambar 31. Model pengendapan Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn)

Miosen Tengah

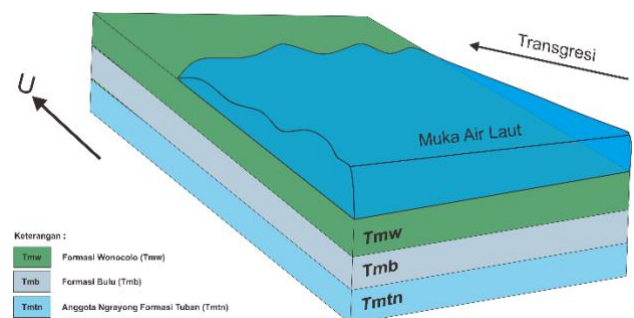
Pada Kala ini hampir di seluruh wilayah Indonesia mengalami fase regresi yang

meluas. Fase penurunan muka air laut pada Kala ini mengakibatkan perubahan pola pengendapan yang disebabkan oleh pendangkalan dan menghasilkan litologi batugamping yang mengandung terumbu yang membentuk Formasi Bulu (Tmb) yang terendapkan selaras di atas Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn). Lingkungan pengendapan formasi ini berada pada lingkungan Neritik Tepi menurut Barker (1960) (Gambar 32).



Gambar 32. Model pengendapan Formasi Bulu (Tmb)

Kemudian setelah Formasi Bulu (Tmb) terbentuk selaras di atasnya terendapkan Formasi Wonocolo (Tmw) yang terjadi saat fase transgresi yang menyebabkan proses sedimentasi terjadi pada lingkungan yang lebih dalam. Lingkungan pengendapan formasi ini berada pada Neritik Tepi hingga Neritik Luar menurut Barker (1960). Formasi Wonocolo (Tmw) tersusun atas batupasir gampingan dan batugamping pasiran yang tersebar secara merata dan mengandung foraminifera yang melimpah (Gambar 33).

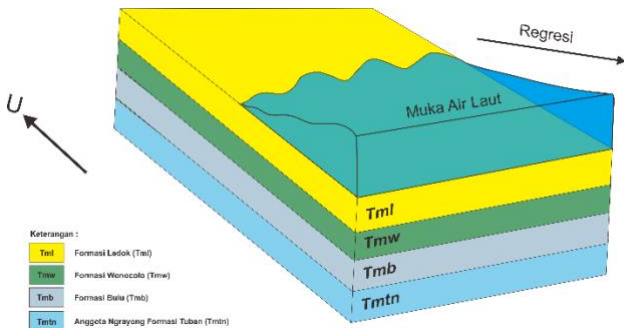


Gambar 33. Model pengendapan Formasi Wonocolo (Tmw)

Miosen Akhir – Pliosen Akhir

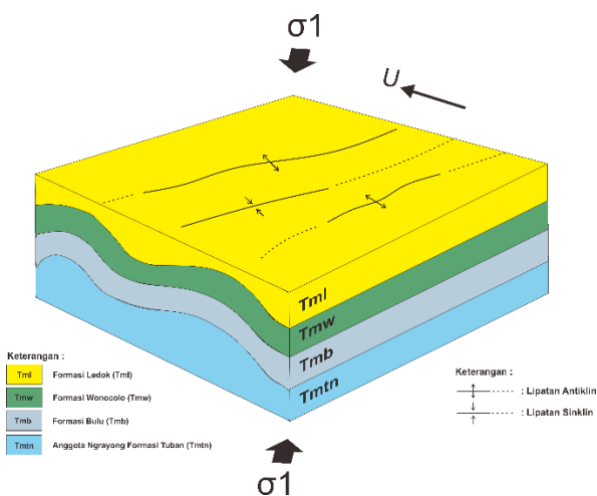
Setelah Formasi Wonocolo (Tmw) terendapkan, pengendapan selanjutnya

dilanjutkan dengan keterbentukan Formasi Ledok (Tml) yang tersusun atas litologi batupasir. Formasi ini terendapkan secara selaras (Gambar 34).



Gambar 34. Model pengendapan Formasi Ledok (Tmw)

Formasi ledok (Tml) terbentuk pada saat proses regresi dimana muka air laut mengalami penurunan yang menyebabkan suplai material sedimen darat banyak terendapkan. Lingkungan pengendapan formasi ini berada pada lingkungan Transisi hingga Neritik Tepi menurut Barker (1960). Proses tektonik kompresional pada Kala Pliosen Akhir yang berarah selatan baratdaya–utara timurlaut yang menyebabkan perubahan arah kemiringan dan terjadi proses pelipatan formasi yang berada pada daerah penelitian dengan arah orientasi lipatan relatif berarah barat–baratlaut – timur tenggara (Gambar 35).

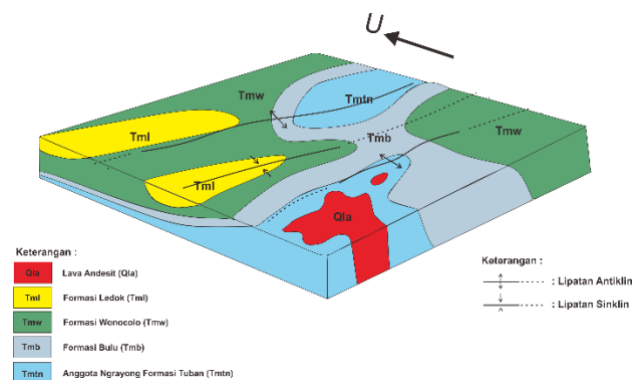


Gambar 35. Model terjadinya proses tektonik pada Kala Pliosen Awal hingga Akhir dan terbentuk lipatan

Pleistosen

Menurut Hall (2012), pada Kala ini terjadi tumbukan antar lempeng benua antara Lempeng Timor dengan Busur Vulkanik Sunda. Hal ini mengakibatkan *tectonic uplift* di Pulau Jawa secara regional. Zona Pegunungan Selatan mengalami *uplift* yang paling parah dan didukung dengan tingkat denudasional yang tinggi pada singkapan gunung api yang berada pada zona – zona *back arc basin*, sehingga singkapan berupa tubuh – tubuh lava mulai tersingkap.

Proses intrusi yang terjadi pada daerah penelitian berupa Lava Andesit (Qla) yang mengintrusi formasi yang lebih tua. Intrusi andesit pada daerah penelitian ditemukan bekas intrusi berupa batuan andesit yang berada pada puncak bukit di sekitar Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) (Gambar 36).



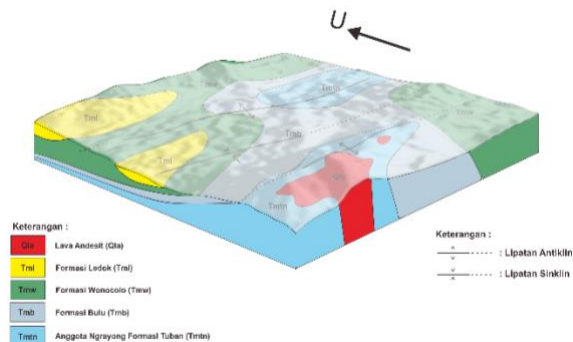
Gambar 36. Model Intrusi Andesit (Qla)

Resen

Pada Kala Pliosen hingga Pleistosen terjadi proses pengangkatan sehingga menyebabkan semua formasi tersingkap ke permukaan dan mengalami proses erosional secara regional pada daerah penelitian. Proses ini mengakibatkan terbentuknya morfologi pada daerah penelitian seperti sekarang (Gambar 37).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan pada Zona Rembang, menunjukkan keselarasan pengendapan formasi sedimen yang dimulai pada Kala Eosen menurut Lunt (2019). Pada penelitian

lainnya juga menunjukkan pengendapan formasi sedimen di kawasan ini secara selaras misalnya Formasi Ngrayong, Formasi Wonocolo dan Formasi Mundu menurut R dkk (2019). Terdapat beberapa jenis tektonostratigrafi pada Zona Rembang yang mempengaruhi proses pengendapan menurut Lunt (2019) dan Luan & Lunt (2021b).



Gambar 37. Model morfologi daerah penelitian hingga Kala Resen

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, ditemukan hasil penelitian ini menunjukkan persamaan yang hampir mirip dengan pengendapan masing – masing formasi sedimen secara selaras yang dimulai pada Kala Miosen Awal hingga Miosen Akhir yang disusun oleh Formasi Tawun Anggota Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo, dan Formasi Ledok. Namun terjadi proses tektonik berupa kolisi pada lempeng yang menyebabkan terjadinya intrusi berupa Intrusi Andesit pada daerah penelitian, membuat sedikit perbedaan dengan penelitian sebelumnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan stratigrafi daerah penelitian yang tersusun atas 5 (lima) formasi dengan Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) terdiri atas batupasir dan batugamping pasiran yang memiliki umur Miosen Awal dan terendapkan pada lingkungan Transisi hingga Neritik Tengah. Formasi Bulu (Tmb) terdiri atas batugamping

dan batupasir gampingan yang memiliki umur Miosen Tengah dan terendapkan pada lingkungan Neritik Tepi. Formasi Wonocolo (Tmw) terdiri atas batupasir gampingan dan batugamping pasiran yang memiliki umur Miosen Tengah dan terendapkan pada lingkungan Neritik Tepi hingga Neritik Luar. Formasi Ledok (Tml) terdiri atas batupasir yang memiliki umur Miosen Akhir dan terendapkan pada lingkungan Transisi hingga Neritik Tepi.

Sejarah geologi daerah penelitian dimulai dari Kala Miosen Awal dimana terendapkannya Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn) pada saat fase transgresi berlangsung. Selanjutnya pada Kala Miosen Tengah terendapkan Formasi Bulu (Tmb) secara selaras pada fase regresi terjadi secara meluas. Kemudian Formasi Wonocolo (Tmw) terendapkan secara selaras di atas Formasi Bulu (Tmb). Formasi ini terbentuk pada saat fase transgresi berlangsung. Pada Kala Miosen Akhir, terendapkan Formasi Ledok (Tml) saat fase regresi. Pada Pliosen Akhir ini terjadi proses tektonik kompresional yang berarah selatan baratdaya – utara timurlaut yang menyebabkan perubahan arah kemiringan dan terjadi proses perlipatan pada Formasi Tawun Anggota Ngrayong (Tmtn), Formasi Bulu (Tmb), Formasi Wonocolo (Tmw) dan Formasi Ledok (Tml) dengan arah orientasi lipatan relatif berarah barat baratlaut – timur tenggara. Kemudian pada Kala Pleistosen terjadi intrusi berupa Lava Andesit (Qla) yang mengintrusi formasi yang lebih tua.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M.D.K. & Rochmana, Y.Z., 2022, Analisis Stratigrafi dan Sejarah Pengendapan Daerah Cibenda, Kabupaten Ciamis, Jawa Barat dan Sekitarnya, *Ophiolite J. Geol. Terap*, 4, 69.
- Alkatiri, F. & Harmansyah, 2016, Dinamika Sedimentasi Formasi Prupuh dan

- Paciran daerah Solokuro dan Paciran, Lamongan, Jawa Timur, *Prosiding Seminar Nasional ReTIII ke-11*, 62–68.
- Barker, R.W., 1960, Taxonomic Notes, *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Oklahoma.
- Blow, W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy, in: Proceedings of the First International Conference on Planctonic Microfossils. *Proceedings Leiden E.J. Bulletin*, Geneva, hal. 199–421.
- Djauhari, N., 2010, *Stratigrafi*, Pakuan University Press, Bogor.
- Dunham, R.J., 1962, *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures*, *Classif. Carbonate Rocks--A Symp.*, 108–121.
- Eberli, G.P., Masferro, J.L. & Sarg, J.F., 2005, *Seismic Imaging of Carbonate Reservoirs and Systems*, AAPG Mem. 81, 1–9.
- Hall, R., 2012, Late Jurassic - Cenozoic Reconstructions of the Indonesia Region and the Indian Ocean, *Tectonophysics*, 149, 55–85.
- Hibatullah, K.N. & Rochmana, Y.Z., 2024, Stratigraphic Analysis and Depositional History of Kubang Area, Cianjur Regency, West Java, *J. Geosains dan Remote Sens.*, 5.
- Husein, S., Titisari, A.D., Freski, Y.R. & Utama, P.P., 2016, *Buku Panduan Ekskursi Geologi Regional 2016 Jawa Timur Bagian Barat, Indonesia*, Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kendall, C.G.S.C. & Flood, P., 2011, *Classification of Carbonates*, *Encycl. Earth Sci. Ser.*, Part 2, 193–198.
- Le Bas, M.J. & Streckeisen, A.L., 1991, The IUGS Systematics of Igneous Rocks, *J. Geol. Soc. London*, 148, 825–833.
- Luan, X. & Lunt, P., 2022, Controls on Early Miocene Carbonate and Siliciclastic Deposition in Eastern Java and South Makassar Straits, Indonesia, *J. Asian Earth Sci.*, 227, 105091.
- Luan, X. & Lunt, P., 2021a, Eocene to Miocene Stratigraphic Controls in the Far East Java Sea: Implications for Stratigraphic Studies, *Mar. Geol.*, 436, 106479.
- Luan, X. & Lunt, P., 2021b, Latest Eocene and Oligocene Tectonic Controls on Carbonate Deposition in Eastern Java and the South Makassar Straits, Indonesia, *J. Asian Earth Sci.*, 220, 104900.
- Lunt, P., 2019, The Origin of the East Java Sea Basins Deduced from Sequence Stratigraphy, *Mar. Pet. Geol.*, 105, 17–31.
- Novian, M.I., Husein, S. & Saputra, R.N., 2014, *Buku Panduan Ekskursi Geologi Regional 2014*, 2014 ed. Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pringgoprawiro, H., 1983, Biostratigrafi dan Peleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara Pendekatan Baru, *Disertasi*, ITB: Bandung.
- Pulunggono, 1994, Perubahan Tektonik Paleogen-Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, *Proc. Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa*, Yogyakarta, h, in: Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik hingga Kuarter, Jurusan Teknik Geologi UGM, Yogyakarta, hal. 37–49.
- Putri, S.P., Hidajat, W.K. & Setyawan, R., 2023, Studi Mikrofases dan Diagenesis Batugamping Formasi Paciran, Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah, *J. Geosains dan Teknol.*, 6, 104–120.
- Ran, W., Luan, X., Lu, Y., Liu, H., Yang, J., Zhao, Y., He, W. & Yan, Z., 2019,

- Formation and Evolution of the Tertiary Carbonate Reefs in the Madura Strait Basin of Indonesia, *J. Oceanol. Limnol.*, 37, 47–61.
- Satyana, A.H. & Djumiati, M., 2003, Oligo-Miocene Carbonates of the East Java Basin, Indonesia: Facies Definition Leading to Recent Significant Discoveries, *AAPG International Conference*, Barcelona, hal. 1–5.
- Selley, R.C., 2004, *Diagenesis*, Overview, *Encycl. Geol.*
- Situmorang, R.L., Smit, R. & Van Vesse, E.J., 1992, Peta Geologi Lembar Djatirogo. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Sunarta, J.A., Rochmana, Z. & Wiwik, E., Hastuti, D., 2023, Rekonstruksi Sejarah Geologi Berdasarkan Analisis Stratigrafi di Daerah Cengal dan Sekitarnya, Kecamatan Maja, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat, *J. Miner. Energi dan Lingkung.*, 7, 33–50.
- Wu, S., Yuan, S., Zhang, G., Ma, Y., Mi, L. & Xu, N., 2009, Seismic Characteristics of a Reef Carbonate Reservoir and Implications for Hydrocarbon Exploration in Deepwater of the Qiongdongnan Basin, Northern South China Sea, *Mar. Pet. Geol.*, 26, 817–823.
- Yu, K.F., Zhao, J.X., Collerson, K.D., Shi, Q., Chen, T.G., Wang, P.X. & Liu, T.S., 2004, Storm Cycles in the Last Millennium Recorded in Yongshu Reef, Southern South China Sea, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 210, 89–100.
- Zhu, W., Wang, Z., Mi, L., Du, X., Xie, X., Lu, Y., Zhang, D., Sun, Z., Liu, X. & You, L., 2015, Sequence Stratigraphic Framework and Reef Growth Unit of Well Xike-1 from Xisha Islands, South China Sea, *Diqiu Kexue - Zhongguo Dizhi Daxue Xuebao/Earth Sci.*, J. China Univ. Geosci. 40, 677–687.