



Studi Mikrofases dan Diagenesis Batugamping Formasi Paciran, Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah

Salsabila Prihandoko Putri, Wahyu Krisna Hidajat, Reddy Setyawan*

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRAK

Proses pembentukan batugamping ditentukan oleh proses geologi yaitu sedimentasi, morfologi bawah permukaan, pola struktur, keadaan pasca pengendapan dan lingkungan diagenesis, sehingga batugamping cukup bervariasi. Maka dari itu, penting untuk mengetahui proses diagenesis dan mikrofases batugamping. Lokasi penelitian merupakan salah satu daerah yang memiliki keterdapatan batugamping Formasi Paciran. Hal ini menjadi dasar dilakukannya studi mengenai mikrofases dan diagenesis batugamping pada daerah tersebut. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi geologi lokasi penelitian serta determinasi mikrofases batugamping dan proses diagenesis beserta lingkungannya. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka dan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer berupa sampel dari pemetaan yang kemudian dianalisis geokimia dengan metode XRF dan analisis petrografi. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa daerah penelitian tersusun atas Wackestone dan Packstone. Analisis petrografi dilakukan untuk mendeterminasi mikrofases batugamping pada daerah penelitian yang mana termasuk dalam dua Standard Microfacies Type (SMF) yaitu SMF 10 (*Bioclastic packstone grainstone with coated and abraded skeletal grains*) dan SMF 8 (*Wackestone and Floatstone with whole fossils and well preserved infauna and epifauna*) yang merepresentasikan lingkungan pengendapan Fasies Zone 7 (*Open Marine*). Studi diagenesis menunjukkan bahwa batugamping Formasi Paciran lokasi penelitian telah mengalami sementasi, replacement, disolusi, kompaksi, rekristalisasi dan dolomitisasi dengan lingkungan diagenesis laut dan lingkungan burial.

Kata kunci: batuan karbonat; diagenesis; Formasi Paciran; mikrofases,

ABSTRACT

*Limestone formation is controlled by geological processes, namely sedimentation, subsurface morphology, structural patterns, post-depositional conditions and diagenetic environment (physical, chemical and biological) that caused variation limestone, therefore it is important to know the microfacies and diagenesis processes of limestone. Tegaldowo, Gunem Sub-District, Rembang is one of the area where limestone of the Paciran Formation is outcropped. Those are the background for conducting the studies on limestone microfacies and diagenesis in the area. The research was conducted with the aim to know the geological conditions of research area as well as determination of limestone microfacies and the diagenesis process also the environment. The method used in this research includes literature study and data collecting. Data collecting in the form of geological data taken through mapping method which includes sampling for geochemical analysis using the XRF method and petrographic analysis. It is found that the studied area was composed of wackestone and packstone. Petrographic analysis was carried out to determine limestone microfacies in the study area which included in two Standard Microfacies Type (SMF), namely SMF 10 (*Bioclastic packstone grainstone with coated and abraded skeletal grains*) and SMF 8 (*Wackestone and Floatstone with whole fossils and well preserved well-preserved infauna and epifauna*) which represents the depositional environment of Fasies Zone 7 (*Open Marine*). The diagenetic study shows that the limestone of the Paciran Formation in studied area has undergone cementation, replacement, dissolution, compaction, recrystallization and dolomitization in diagenetic environment of the sea and burial.*

Keywords: carbonate rock; Paciran Formation; microfacies; diagenesis

*) Korespondensi: reddysetyawan.23@gmail.com

Diajukan : 1 Maret 2022

Diterima : 13 April 2023

Diterbitkan : 18 Desember 2023

PENDAHULUAN

Kondisi geologi kompleks Indonesia khususnya di Pulau Jawa memiliki peran yang cukup penting terhadap besarnya potensi sumberdaya geologi salah satunya ialah sumberdaya mineral, seperti potensi batugamping. Karyadi (2016) menyatakan keberadaan dan pertumbuhan batugamping relatif sensitif terhadap kondisi geologi dan perubahannya sehingga dapat menunjukkan informasi terkait asal-usul pembentukan batugamping. Pembentukan batugamping dimulai dari terendapkannya material sedimen yang kemudian lebih lanjut mengalami diagenesis.

Diagenesis mampu memberikan informasi penting tentang riwayat pasca pengendapan, komposisi air pori dan suhu (Scholle dan Ulmer-Scholle, 2003). Pengontrol utama dari proses diagenesis adalah komposisi batuan karbonat, mineralogi pada material sedimen atau batuan sedimen asal, cairan atau fluida pori, dan aliran fluida juga faktor geologi sejarah mencakup aktivitas tektonik yang menyebabkan pengangkatan ataupun perubahan muka air laut. Studi diagenesis batugamping bertujuan untuk interpretasi asal usul dan perubahan serta lingkungan pengendapan.

Mikrofasies merupakan studi karakteristik batuan secara petrografi dan paleontologi (Brown, 1943; Cuvillier, 1952 dalam Flugel, 2010). Mikrofasies dapat mengidentifikasi komposisi organisme dan mineral serta dapat dipergunakan untuk interpretasi kualitas batugamping (Fadhilillah dkk., 2014).

Proses dan faktor geologi seperti sedimentasi, morfologi bawah permukaan, pola struktur geologi, kondisi pasca pengendapan serta lingkungan diagenesis menyebabkan batugamping memiliki variasi cukup beragam, sehingga penting untuk mengetahui proses diagenesis dan mikrofasies batugamping. Batugamping yang beragam juga dapat ditemukan pada Formasi Paciran di Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah selain itu adanya potensi kualitas batugamping yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku semen (Munthe dan Warmada, 2015) serta belum adanya studi diagenesis dan mikrofasies pada batugamping Formasi Paciran menjadi latarbelakang dilakukannya penelitian. Penelitian

dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi geologi Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang serta determinasi mikrofasies batugamping dan proses diagenesis beserta lingkungannya. Secara fisiografi daerah penelitian yang berlokasi di Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah termasuk dalam Zona Rembang. Zona Rembang merupakan area perbukitan antiklinorium yang tersebar dari timur-barat di bagian utara Pulau Jawa

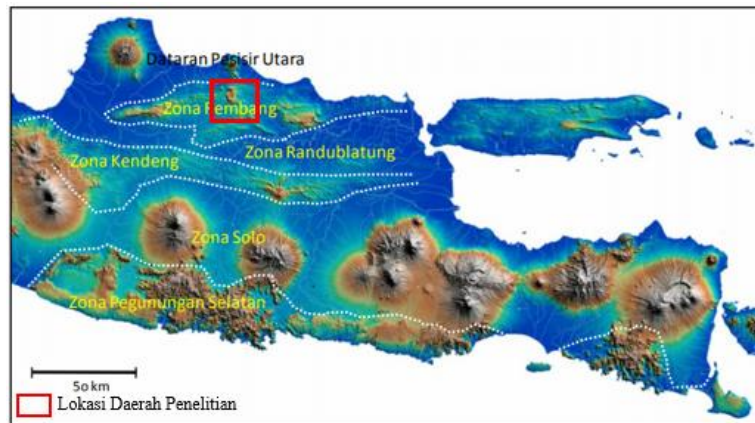
Geologi Regional

Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas satu formasi batuan yaitu Formasi Paciran. Formasi Paciran merupakan formasi yang tersusun atas batugamping massif seperti batugamping terumbu yang berumur Pliosen – Pleistosen Awal. Tektonik yang berkembang pada daerah penelitian yang termasuk dalam Zona Rembang merupakan bagian dari Cekungan Jawa Timur Utara yang aktivitasnya dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Samudera Hindia (Novian dkk., 2014). Pada Kenozoikum terjadi aktivitas subduksi di bagian selatan sehingga memicu pembentukan Cekungan Jawa Timur Utara. Pengangkatan Pulau Jawa terjadi pada akhir Miosen Awal yang mengakibatkan perkembangan aktivitas vulkanisme di Jawa. Selanjutnya pada Pliosen Tengah terjadi inversi cekungan yakni merupakan peristiwa pengangkatan dan pendangkalan cekungan.

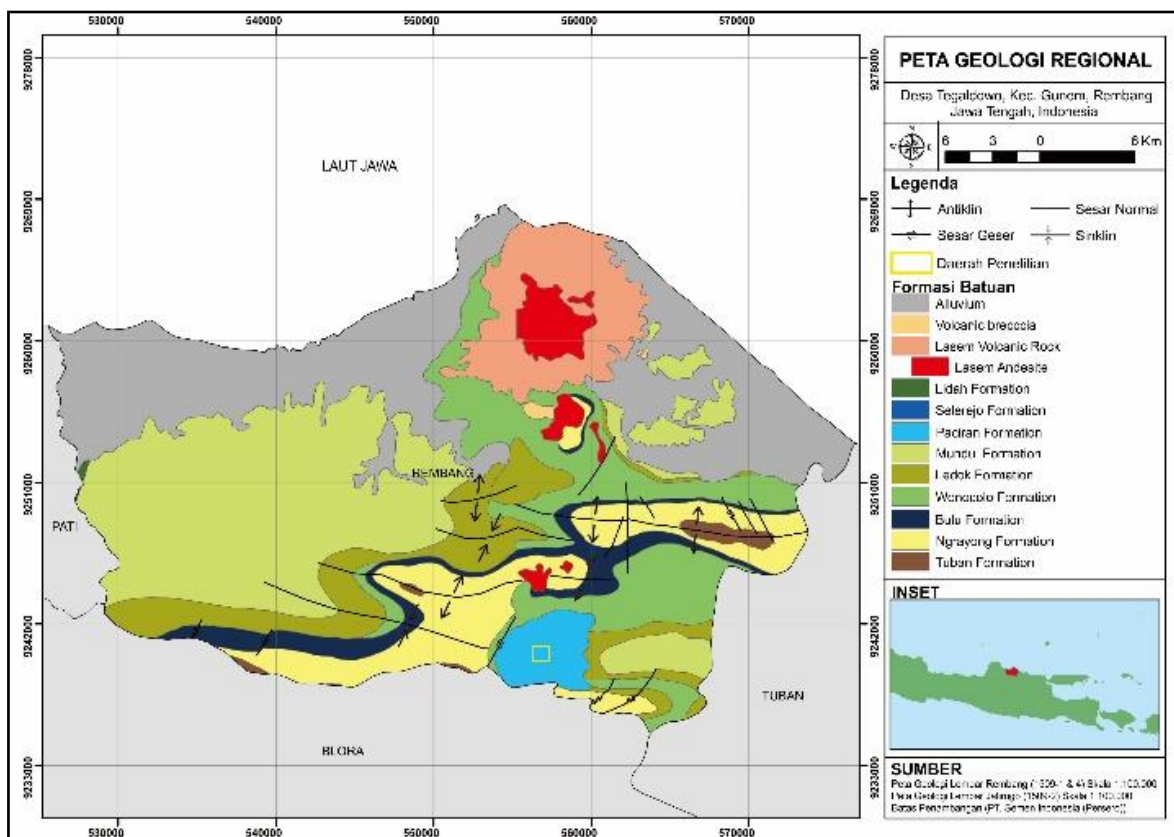
Batugamping

Batugamping termasuk kedalam batuan karbonat. Batuan karbonat merupakan batuan dengan komposisi mineral karbonat, mineral dengan rumus kimia senyawanya terdapat ikatan ion CO₃ yang mencapai 50% atau lebih (Raymond, 2002). Batugamping terdiri dari butiran framework, matriks (syndepositional), semen (postdepositional), dan terkadang pori-pori (Selley, 2005).

Klasifikasi batugamping yang umum digunakan ialah klasifikasi batugamping Embry dan Klovan (1971). Klasifikasi Embry dan Klovan (1971) mengacu pada tekstur dan komposisi batugamping, serta kuantitas matriks dan fragmen. Klasifikasi ini merupakan pengembangan dari klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962).



Gambar 1. Zonasi Fisiografi Pulau Jawa Bagian Tengah dan Timur (Husein dkk., 2016).



Gambar 2. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

Batugamping dapat terbentuk dalam tiga lingkungan utama yaitu: continents, transitional dan laut dangkal – dalam (Flugel, 2004).

Mikrofasies

Mikrofasies mengacu pada kriteria yang muncul pada sayatan tipis dalam analisis mikroskop (Brown, 1943). Microfacies types (MFT) adalah diskriminasi yang jelas dari kategori butir penyusun batuan karbonat, kemudian pemahaman tentang klasifikasi batuan karbonat

berdasarkan kriteria tekstur, pengenalan *depositional fabric* serta kemampuan untuk mengaitkan fosil pada analisis sayatan tipis ke kelompok sistematik utama dan unit taksonomi (Flugel, 2010).

Berdasarkan bantuan data sedimentologi dan juga paleoekologi, jenis-jenis mikrofasies batugamping dari berbagai umur dapat digabungkan menjadi jenis-jenis utama yang mencerminkan kondisi pengendapan dan ekologi dalam lingkungan sedimen tertentu yang dikenal

dengan Standard Microfacies Type (SMF Type) (Flügel, 1972). SMF Type yang digunakan dalam penelitian ini ialah konsep SMF Type dari Flügel (1972) yang kemudian dikembangkan oleh Wilson (1975).

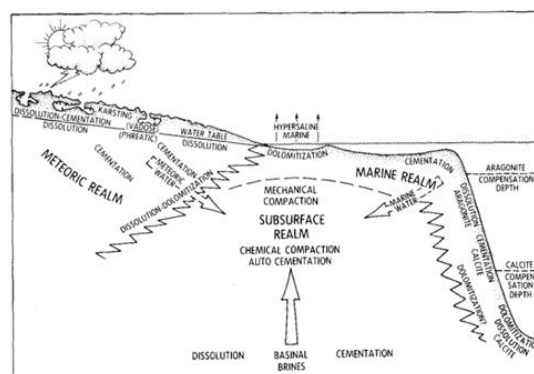
Diagenesis

Diagenesis merupakan proses yang terjadi setelah pengendapan, yang ditandai dengan perubahan fisika dan kimia yang tidak melibatkan suhu dan tekanan tinggi. Diagenesis dapat dikenali melalui analisis petrografi dan geokimia. Proses umum diagenesis ialah sementasi, disolusi, replacement, rekristalisasi, kompaksi dan *fracturing*. Analisis diagenesis melalui petrografi biasanya dengan mendeterminasi fabric diagenesis yang mencerminkan lingkungan diagenesis. Lingkungan diagenesis berdasarkan Moore (1989) terbagi menjadi tiga tempat yaitu *meteoric*, *marine* dan *subsurface* (Gambar 4).

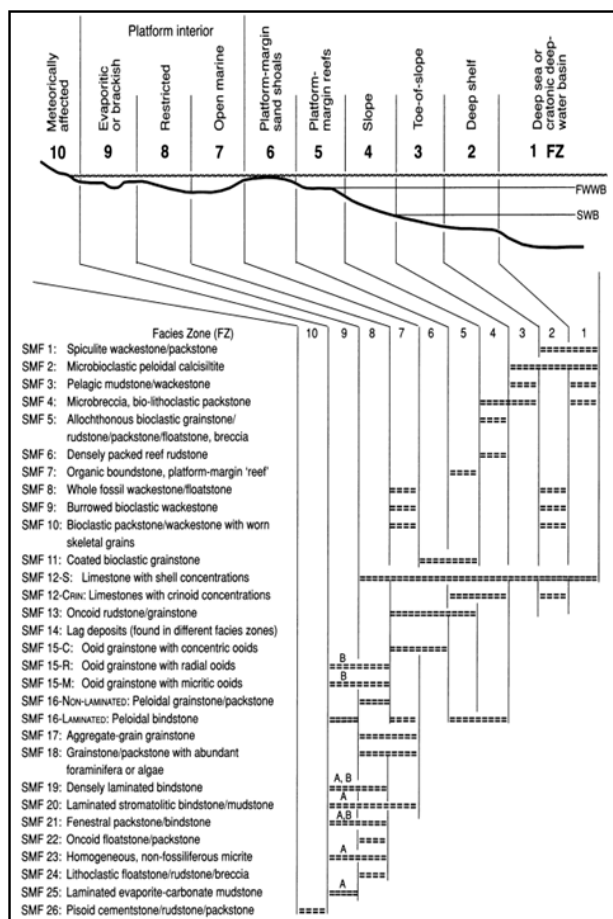
METODOLOGI

Penelitian mengambil data di Formasi Paciran, Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten

Rembang, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 6). Data primer dikumpulkan dengan metode pemetaan geologi pada daerah penelitian. Pemetaan geologi dilakukan pada daerah penelitian dengan skala 1:5.000 dengan data yang diperoleh ialah 22 titik pengamatan yaitu 2 titik pengamatan geomorfologi dan 20 titik pengamatan litologi. Pengambilan data sekunder yang merupakan data hasil pengeboran dan coring inti batuan milik PT. Semen Indonesia (Persero) yang



Gambar 4. Lingkungan Diagenesis (Moore, 1989)

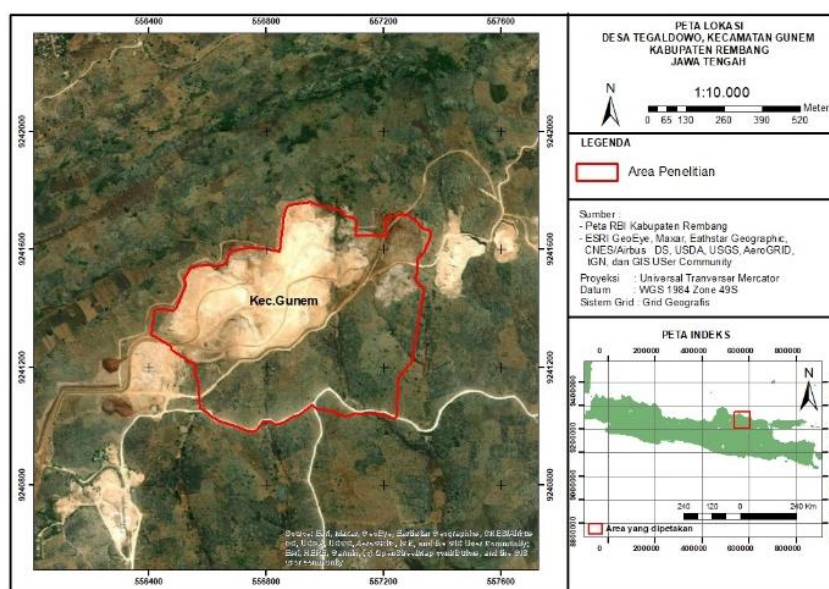


Gambar 3. Distribusi SMF dalam Paparan Karbonat (Wilson, 1975 dalam Flügel, 2010)

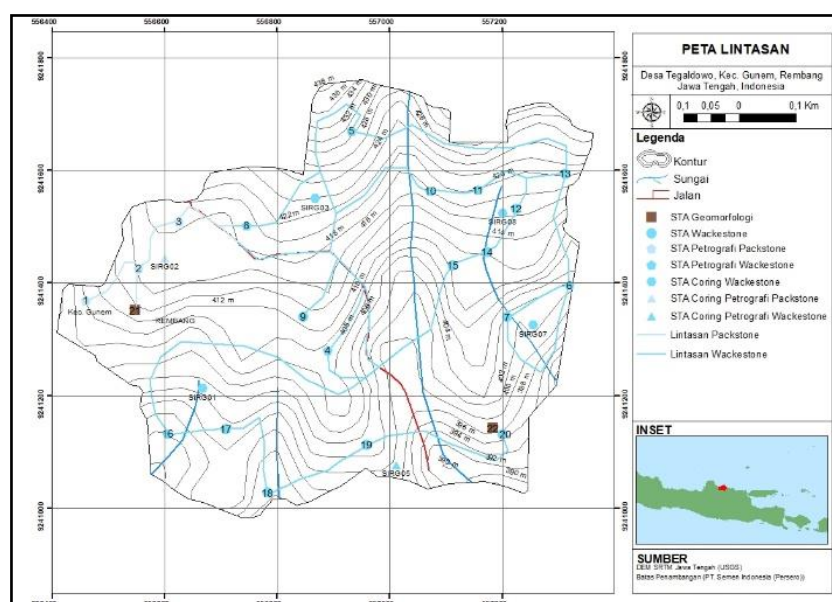
dilaksanakan pada tahun 2016 dengan 6 titik pengeboran dan 5 titik pengambilan sampel coring inti batuan hingga kedalaman ± 50 m (Gambar 7).

Analisis geokimia dilakukan untuk mengetahui komposisi penyusun batugamping yang ada pada daerah penelitian. Analisis geokimia dilakukan dengan metode XRF (X-Ray Fluorescence). Analisis geokimia batuan umum menggunakan metode XRF karena sampel yang dibutuhkan untuk analisis ini berjumlah relatif kecil yaitu ± 1 gram. Analisis geokimia dilakukan pada seluruh sampel yaitu 20 sampel permukaan dan 4 sampel bawah permukaan hasil coring.

Analisis yang bertujuan untuk mengetahui komposisi batugamping seperti mineral dan butir penyusun lainnya dapat dilakukan dengan metode analisis petrografi. Identifikasi dan analisis mencakup analisis lapangan, komponen batuan berdasarkan analisis petrografi, identifikasi umur batuan serta analisis kimia sampel batuan karbonat. Analisis sampel petrografi dilakukan pada 10 sampel batugamping permukaan dan 4 sampel batugamping bawah permukaan hasil coring. Setiap sayatan diberikan Alizarine red untuk determinasi komposisi semen dan blue dye untuk menunjukkan keberadaan porositas.



Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 7. Peta Lintasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Daerah Penelitian

Kondisi geologi aktual pada lokasi penelitian diketahui melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Tujuan dari pengamatan secara langsung ialah untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi geomorfologi dan persebaran litologi pada daerah penelitian.

Analisis geomorfologi pada daerah penelitian dengan skala 1:5.000 mengacu pada penggolongan berdasarkan rincian geomorfologi yang menitik beratkan pada aspek proses, bentuk relief dan lereng, serta morfometri. Berdasarkan analisis rincian geomorfologi maka daerah penelitian tersusun atas 2 rincian geomorfologi Berbukit bergelombang terdenudasi dan Bukit bergelombang miring terdenudasi yang mengacu pada perhitungan morfometri dan gambaran umum daerah penelitian (Gambar 8).

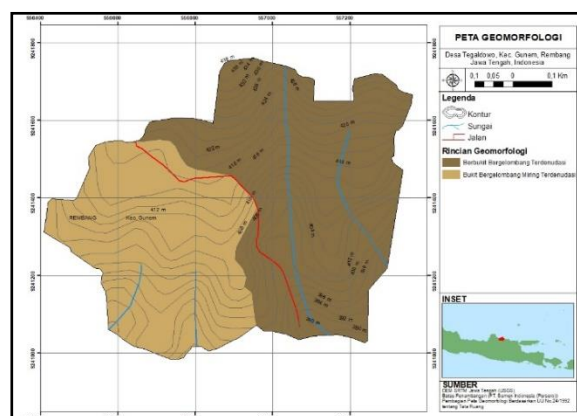
Berdasarkan hasil pemetaan geologi serta data pengeboran, daerah penelitian tersusun atas satu satuan litologi yaitu batugamping yang berdasarkan analisis petrografi dapat dikelompokkan menjadi satuan wackestone dan packstone berdasarkan klasifikasi Embry dan Klovan (1971) (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis didapatkan wackestone memenuhi 70% daerah penelitian kemudian packstone 30% (Gambar 9).

Wackestone merupakan batugamping karbonat yang mud supported dengan kehadiran butir > 10% pada analisis sayatan tipis berdasarkan klasifikasi Embry dan Klovan, 1971. Wackestone tersusun atas allochem, orthochem dan semen serta porositas (Gambar 10). Packstone adalah batuan karbonat yang grain supported dengan matriks berupa mud. Namun pada batuan ini masih dijumpai material berukuran lempung sebagai matriks pada analisis sayatan tipis berdasarkan klasifikasi Embry dan Klovan, 1971. Packstone ini tersusun atas komposisi berupa allochem, orthochem dan semen serta porositas (Gambar 11).

Batugamping daerah penelitian termasuk dalam Formasi Paciran selanjutnya dilakukan analisis petrografi untuk mendeterminasi komposisi fosil penyusun batuan dengan tujuan untuk mengetahui umur relatif batugamping. Berdasarkan analisis petrografi didapatkan fosil penyusun batugamping (Gambar 12) pada daerah penelitian ialah Nummulites sp.; Archaias sp.; Miogypsina sp.; Marginopora vertebralis dan

Coralline algae (Red Algae). Fosil yang dideterminasi dari sayatan petrografi menjelaskan bahwa rentang umur batugamping Formasi Paciran ialah Pliosen (Tabel 2).

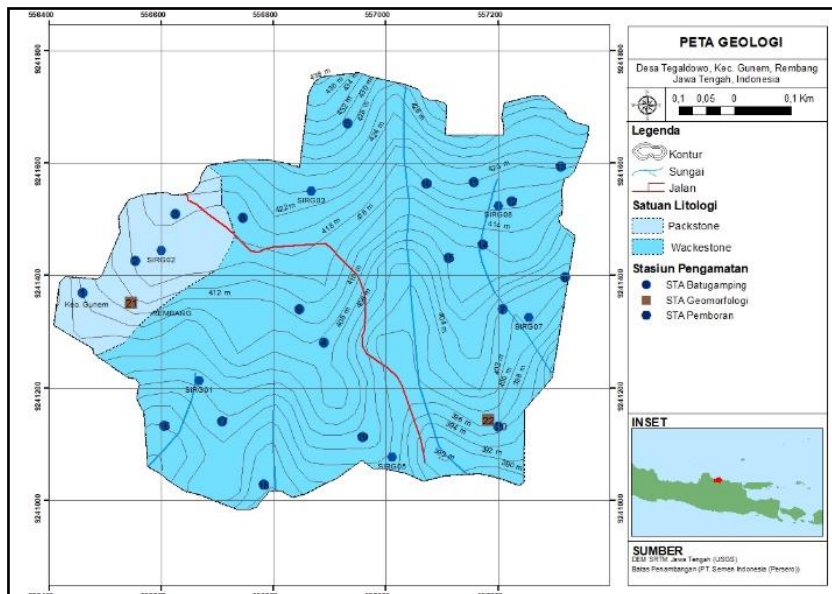
Determinasi foraminifera besar dan umur relatif mengacu pada Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera 2nd Edition (BouDagher-Fadel, 2018) dan A color guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis (Scholle dan Ulmer-Scholle, 2003).



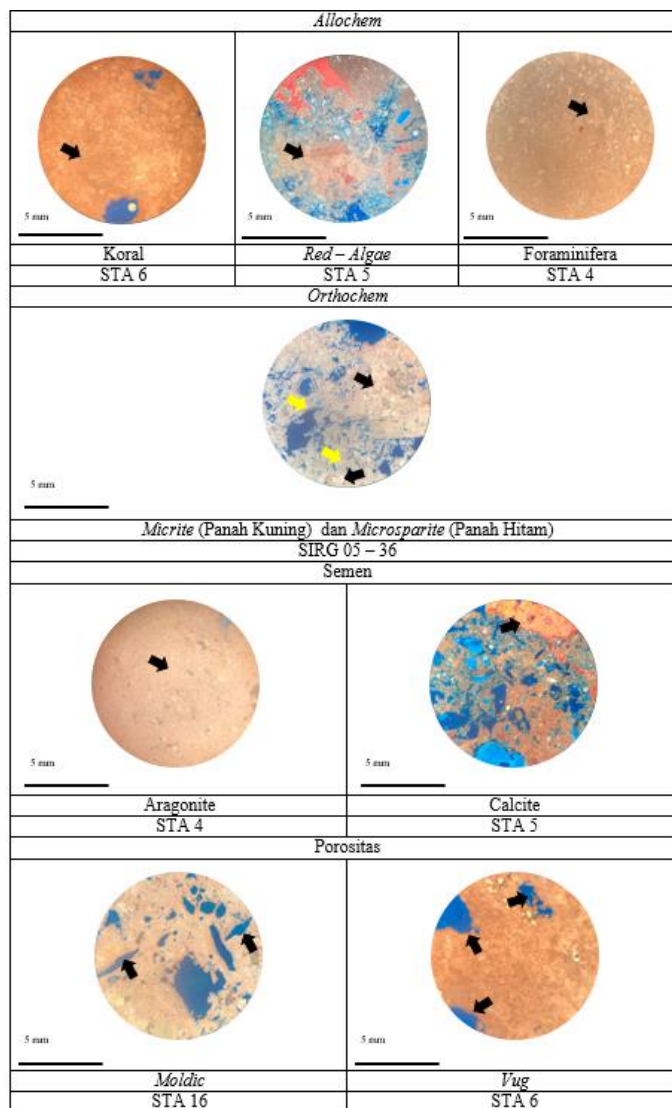
Gambar 8. Peta Geomorfologi

Tabel 1. Hasil Analisis Petrografi

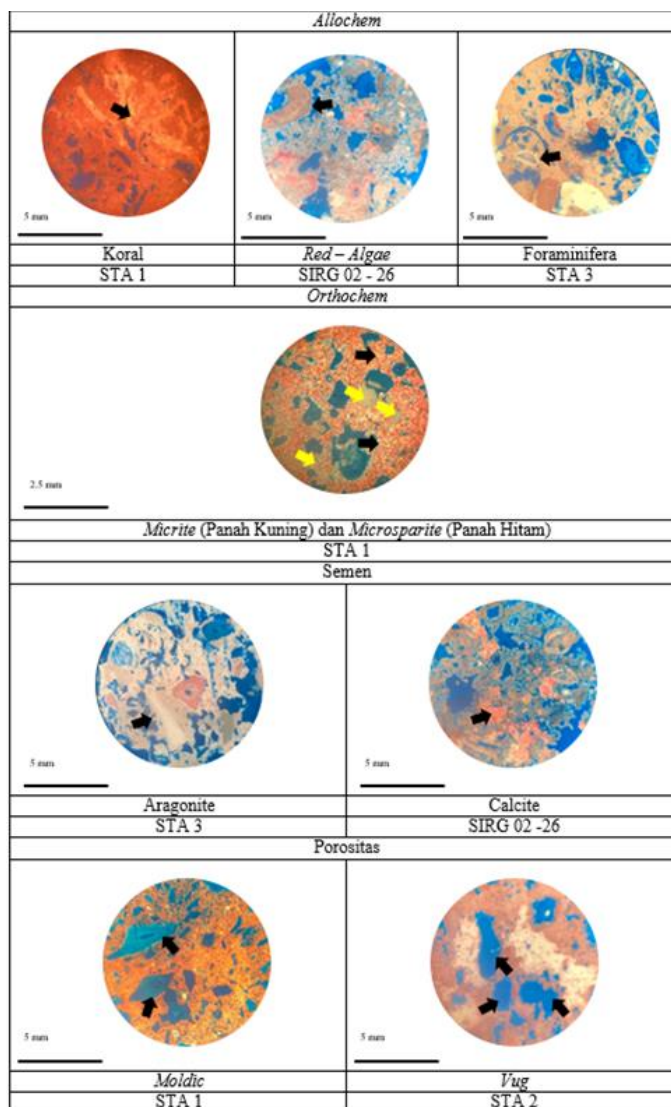
STA	Litologi (Embry dan Klovan, 1971)
STA 1	Packstone
STA 2	Packstone
STA 3	Packstone
STA 4	Wackestone
STA 5	Wackestone
STA 6	Wackestone
STA 8	Wackestone
STA 10	Wackestone
STA 11	Wackestone
STA 16	Wackestone
SIRG02 - 26	Packstone
SIRG02 - 48	Packstone
SIRG05 - 36	Wackestone
SIRG05 - 44	Wackestone



Gambar 9. Peta Geologi lokasi penelitian dengan satuan litologi packstone dan wackestone.



Gambar 10. Komposisi Wackestone



Gambar 11. Komposisi Packestone

Tabel 2. Umur Relatif Batugamping Formasi Paciran

Fosil	E	O	M	Pli	P	H
<i>Nummulites sp.</i>						
<i>Archaias sp.</i>						
<i>Marginopora vertebralis</i>						
<i>Miogypsina sp.</i>						
<i>Corallina officinalis</i>						

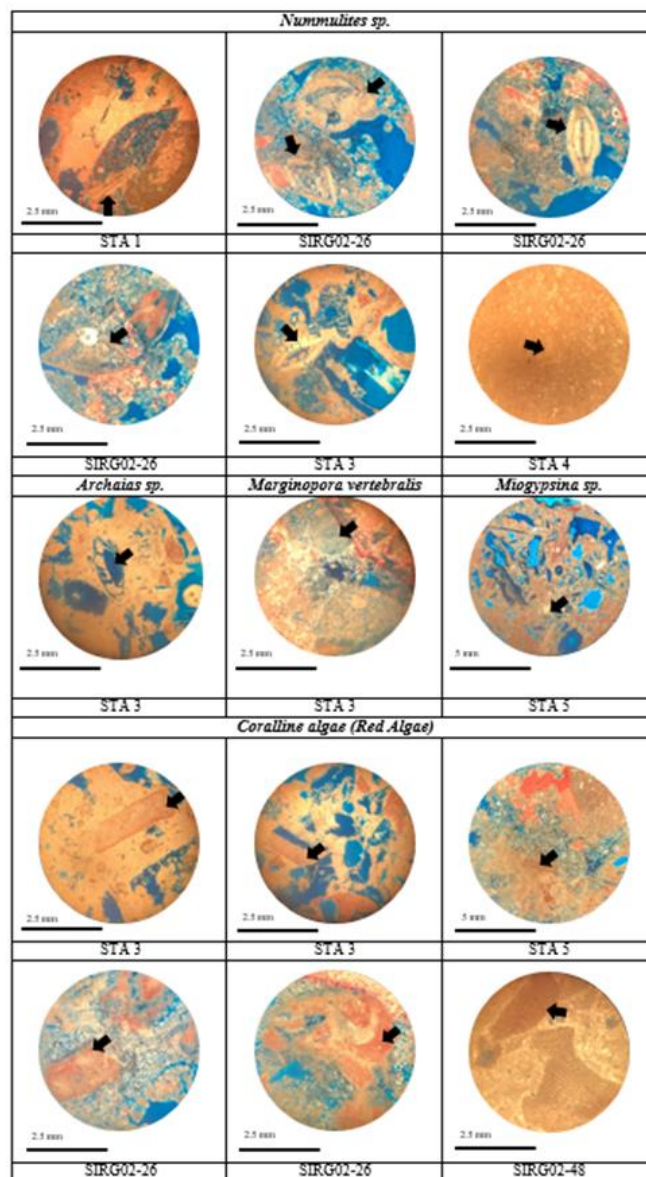
Mikrofasies Batugamping Formasi Paciran

Analisis mikrofasies dilakukan pada sayatan petrografi sebanyak 14 sampel. Penentuan mikrofasies dilakukan dengan aspek Standard Microfacies Type atau Tipe Mikrofasies Standard (SMF Type) (Wilson, 1975; dalam Flugel, 2010). Hasil pengamatan pada sampel sayatan petrografi batugamping Formasi Paciran pada Desa

Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah yang berkaitan dengan jenis litologi, mikrofasies dan zona fasies terdapat pada Tabel 3.

Tipe mikrofasies standard (SMF Type) berasal dari jenis mikrofasies lokal dengan memerhatikan paleontologi serta sedimentologi batuan yang memberikan gambaran zona fasies purba. Berdasarkan analisis mikrofasies batugamping pada daerah penelitian terbagi menjadi dua Tipe Mikrofasies Standard (SMF Type) yaitu SMF 10 (Bioclastic packstone grainstone with coated and abraded skeletal grains) dan SMF 8 (wackestone and floatstone with whole fossils and well-preserved infauna and epifauna) (Gambar 13).

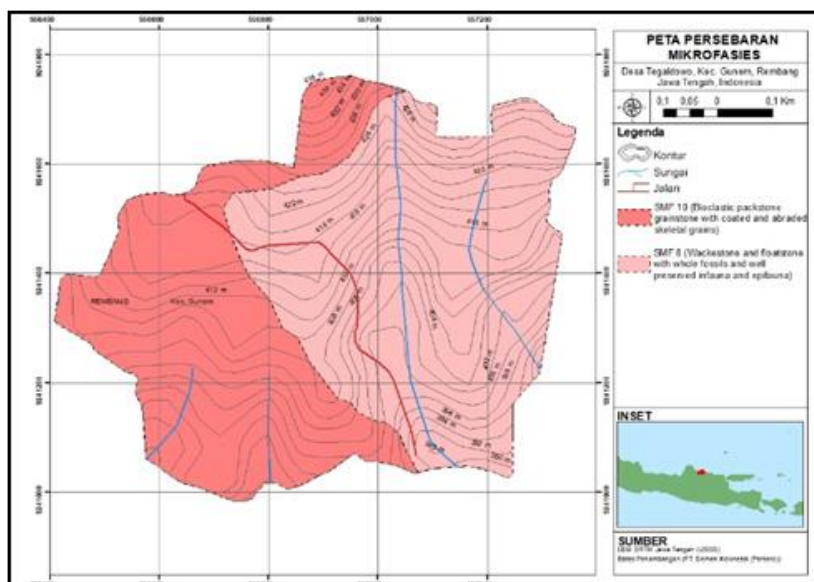
SMF 10 memiliki kriteria bentuk bioklastik yang ada telah terganti atau dilapisi oleh bahan



Gambar 12. Fossil Penyusun Batugamping Formasi Paciran

Tabel 3. Analisis Mikrofasis Batugamping Formasi Paciran

STA	Litologi	Komposisi Dominan	SMF Type	Fasies Zone
STA 1	Packstone	Coral; Foraminifera	SMF 10	Facies Zone 7 (Open Marine)
STA 2	Packstone	Foraminifera	SMF 10	
STA 3	Packstone	Red Algae; Foraminifera	SMF 10	
STA 4	Wackestone	Coral; Foraminifera	SMF 8	
STA 5	Wackestone	Red Algae; Foraminifera	SMF 10	
STA 6	Wackestone	Foraminifera	SMF 8	
STA 8	Wackestone	Foraminifera	SMF 8	
STA 10	Wackestone	Sponge	SMF 8	
STA 11	Wackestone	Coral; Foraminifera	SMF 8	
STA 16	Wackestone	Foraminifera	SMF 10	
SIRG02 - 26	Packstone	Red Algae; Foraminifera	SMF 10	
SIRG02 - 48	Packstone	Red Algae; Foraminifera	SMF 10	
SIRG05 - 36	Wackestone	Foraminifera	SMF 10	
SIRG05 - 44	Wackestone	Foraminifera	SMF 10	



Gambar 13. Peta Persebaran Mikrofasis

lain seperti fine-grained matrix (Gambar 14) yang umumnya membentuk packstone atau wackestone serta terkadang membentuk fine-grained grainstone. Organisme yang mendominasi mikrofasis ini berdasarkan pengamatan petrografi yang dilakukan ialah berupa koral, red algae, dan foraminifera.

SMF 8 memiliki karakteristik sebagian besar organismenya merupakan organisme sesil dan beberapa organisme bergerak. Mikrit biasanya berupa puing grain yang tersebar dan berukuran halus (Gambar 15). Organisme yang mendominasi mikrofasis ini berdasarkan pengamatan petrografi yang dilakukan berupa koral, foraminifera besar dan sedikit sponge.

Dua tipe mikrofasis Standard (SMF Type) batugamping Formasi Paciran pada daerah penelitian yaitu SMF 10 dan SMF 8 mampu mencirikan dua zonasi fasies karbonat (Wilson, 1975) yaitu pada lingkungan open marine (FZ 7) dan shelf lagoon (FZ 2). Hasil interpretasi Fasies Zone berdasarkan Wilson (1975; Flugel, 2010) dan keterkaitannya dengan komposisi organisme penyusun batugamping serta struktur dan tekstur batuan baik secara makroskopis dan mikroskopis mana zona fasies dari batugamping Formasi Paciran di Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah ialah termasuk pada Fasies Zona 7 (Open Marine).

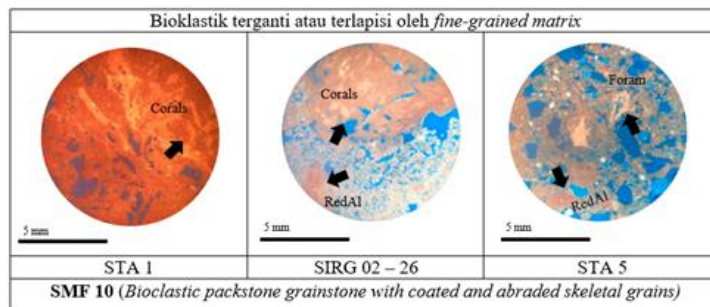
Diagenesis Batugamping Formasi Paciran

Studi diagenesis menitik beratkan pada pengamatan fitur diagenesis yang mana dapat

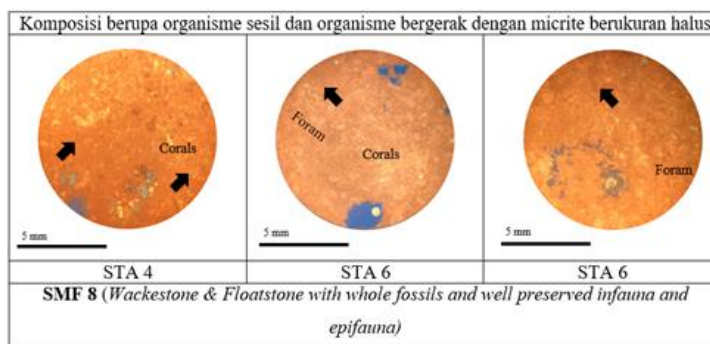
membantu interpretasi proses diagenesis seperti fisik, kimia dan organik yang dialami batugamping. Berdasarkan pengamatan petrografi, maka diketahui bahwa diagenesis yang dialami ialah sementasi, replacement, kompaksi, recrystallization, dolomitisasi dan disolusi.

Sementasi ialah proses diagenesis yang berupa pengisian pori terbuka dengan mineral dari proses primer maupun sekunder karena presipitasi. Sementasi ditunjukkan dengan adanya pembentukan mineral baru pada pori batuan atau bahkan penambahan unsur kimia pada butir karbonat sedimen. Diagenesis sementasi ini ditunjukkan berdasarkan kenampakan diagenetic fabric berupa isopachous crust dari kristal fibrous-bladed selanjutnya ditandai dengan adanya komponen batugamping dikelilingi oleh material semen (Gambar 17). Adanya diagenetic fabric isopachous crust dari kristal fibrous-bladed menunjukkan bahwa proses sementasi terjadi pada lingkungan marine yang termasuk dalam eogenesis. Eogenesis merupakan proses diagenesis awal.

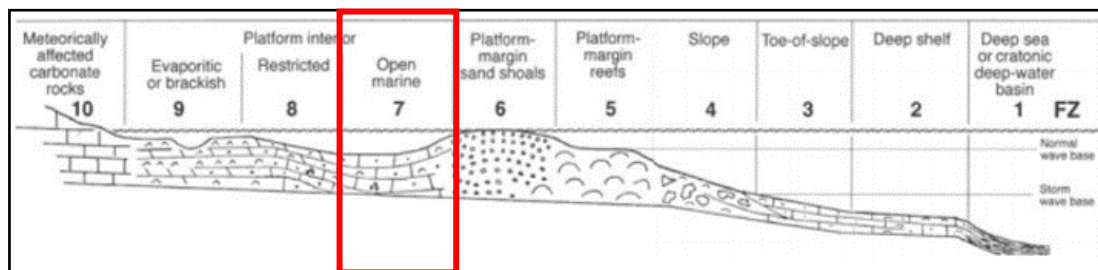
Replacement merupakan proses perubahan atau pergantian satu polymorph mineral dengan polymorph lainnya. Proses replacement juga menyebabkan perubahan matrik (micrite) menjadi microspar. Diagenesis replacement berdasarkan hasil analisis petrografi ditandai dengan adanya perubahan matriks (micrite) menjadi microspar (Gambar 18).



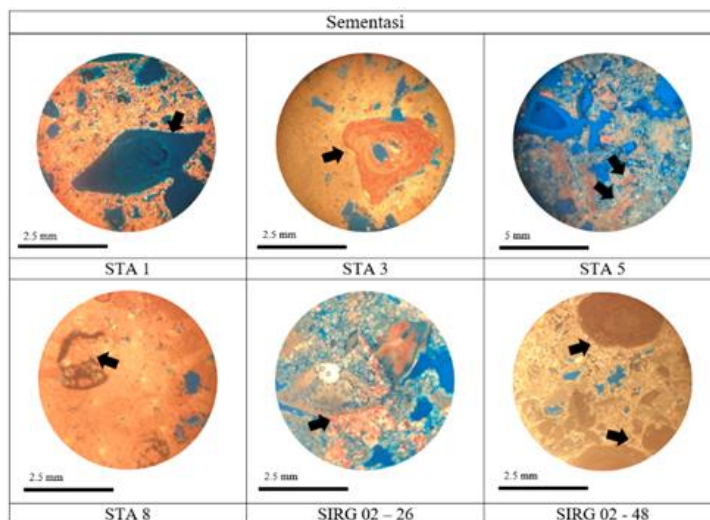
Gambar 14. Karakteristik SMF 10



Gambar 15. Karakteristik SMF 8



Gambar 16. Interpretasi Fasies Zone F. Paciran (modified Wilson model) (Flügel, 2010)



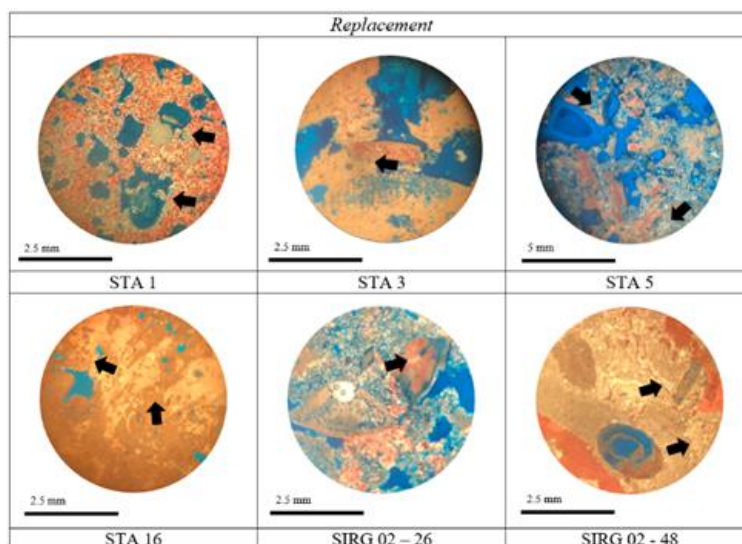
Gambar 17. Sementasi pada Batugamping Formasi Paciran.

Kompaksi merupakan proses diagenesis yang terbagi menjadi dua yaitu kimia dan mekanik. Diagenesis kompaksi ini ditunjukkan berdasarkan kenampakan diagenetic fabric berupa plastic or brittle grain deformation (Gambar 19). Adanya diagenetic fabric plastic or brittle grain deformation menunjukkan bahwa proses kompaksi terjadi pada lingkungan burial yang termasuk dalam mesogenesis. Mesogenesis ialah fase diagenesis kelanjutan dari tahap eogenesis. Perubahan lingkungan diagenesis yang awalnya merupakan lingkungan marine menjadi lingkungan burial ini berkorelasi dengan adanya kenaikan muka air laut pada Pliosen – Pleistosen.

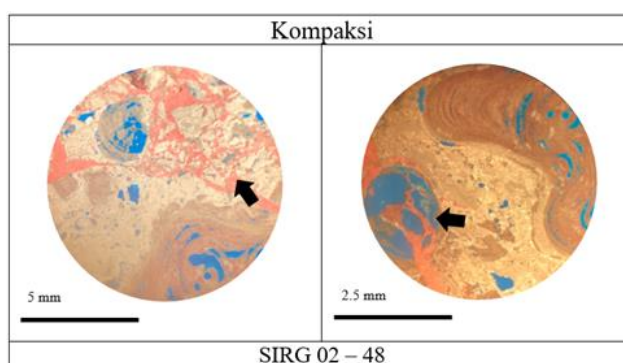
Rekristalisasi adalah proses perubahan ukuran kristal tanpa adanya perubahan mineralogi, merupakan tahapan diagenesis yang umumnya ditandai dengan adanya perubahan ukuran kristal dan bentuk kristal tanpa adanya perubahan

mineralogi. Diagenesis rekristalisasi ini ditunjukkan berdasarkan kenampakan kristalisasi material semen serta diagenetic fabric berupa drusy mosaic of equant spar and equant calcite mosaic (Gambar 20). Diagenetic fabric dapat memberikan informasi mengenai diagenesis dan lingkungan diagenesis. Adanya diagenetic fabric drusy mosaic of equant spar and equant calcite mosaic menunjukkan bahwa proses rekristalisasi terjadi pada lingkungan burial yang termasuk dalam mesogenesis.

Selanjutnya dolomitisasi yaitu proses pergantian mineral kalsit menjadi mineral dolomit akibat adanya peningkatan unsur Mg. Dolomitisasi merupakan proses diagenesis yang ditandai dengan adanya kemunculan mineral dolomit yang menggantikan mineral kalsit. Dolomitisasi berdasarkan pengamatan petrografi ada 14 sampel ditunjukkan dengan kenampakan



Gambar 18. *Replacement* pada Batugamping Formasi Paciran.

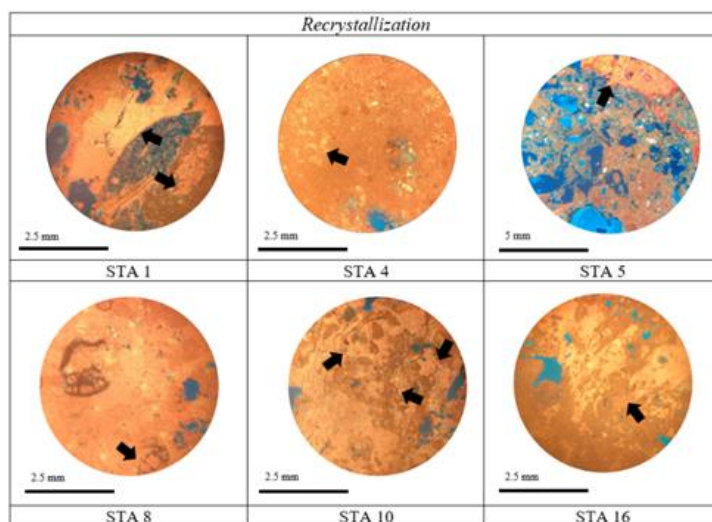


Gambar 19. Kompaksi pada Batugamping F. Paciran.

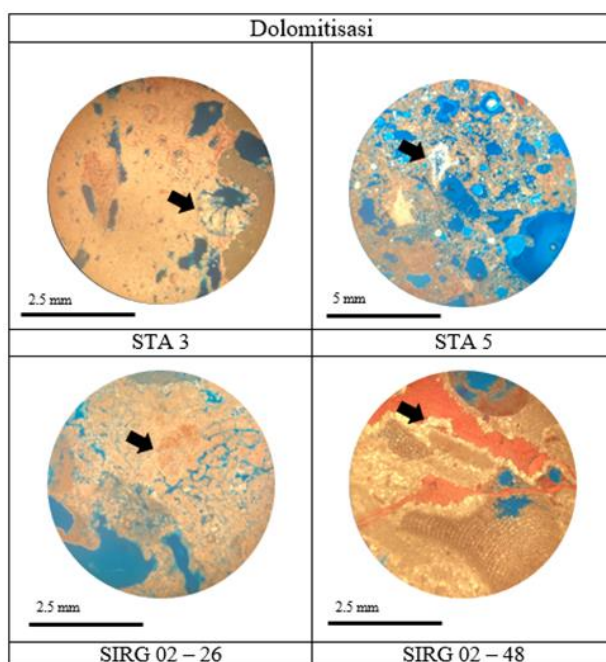
mineral dolomit yang tidak bereaksi dengan alizarine red dan morfologi mineral yang cenderung equant (Gambar 21).

Berdasarkan korelasi terhadap diagenetic fabric yang ada pada tiap sayatan diinterpretasikan bahwa proses dolomitisasi yang terjadi pada batugamping Formasi Paciran di Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang ini terbentuk pada lingkungan burial karena adanya pengenceran air laut karena bertambahnya kedalaman pada lingkungan burial.

Diagenesis dilanjutkan dengan tahapan disolusi. Disolusi atau pelarutan merupakan proses pencucian atau pelarutan mineral tidak stabil yang mengakibatkan pembentukan porositas. Perbedaan lingkungan diagenesis dapat menyebabkan mineral tidak stabil larut dan membentuk mineral lain yang lebih stabil pada lingkungan yang baru, pembentukan mineral yang lebih stabil yang belum sempurna akan meninggalkan celah yang dikenal sebagai porositas.



Gambar 20. Rekristalisasi pada Batugamping Formasi Paciran.



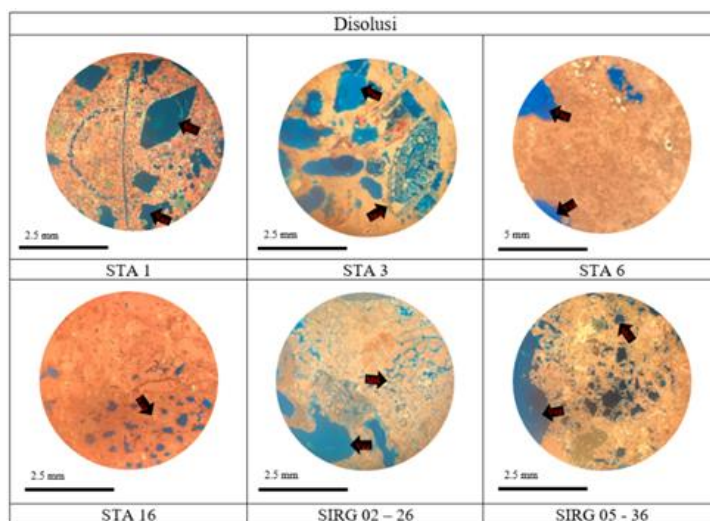
Gambar 21. Dolomitisasi pada Batugamping Formasi Paciran

Pelarutan ditunjukkan dengan adanya pembentukan porositas sekunder seperti vug dan moldic. Diagenesis pelarutan atau disolusi ini ditunjukkan berdasarkan kenampakan diagenetic fabric berupa dissolution feature (Gambar 22). Adanya diagenetic fabric dissolution feature menunjukkan bahwa proses pelarutan terjadi pada lingkungan meteorik yang termasuk dalam telogenesis. Telogenesis ialah fase diagenesis kelanjutan dari tahap mesogenesis yang berkaitan dengan adanya peristiwa pengangkatan. Berdasarkan determinasi diagenetic fabric pada sayatan petrografi maka lingkungan diagenesis yang berkembang ialah lingkungan marine, burial dan meteorik (Tabel 4).

Interpretasi lingkungan diagenesis juga didukung dengan data geokimia. Semen lingkungan laut biasanya ditandai dengan unsur carbonat yang diperkaya dengan Mg, Sr, dan Na dan menunjukkan pengurangan pada Fe dan Mn

(Moore, 1989). Flugel (2010) mengemukakan bahwa kandungan Na yang rendah berhubungan erat dengan diagenesis meteoric.

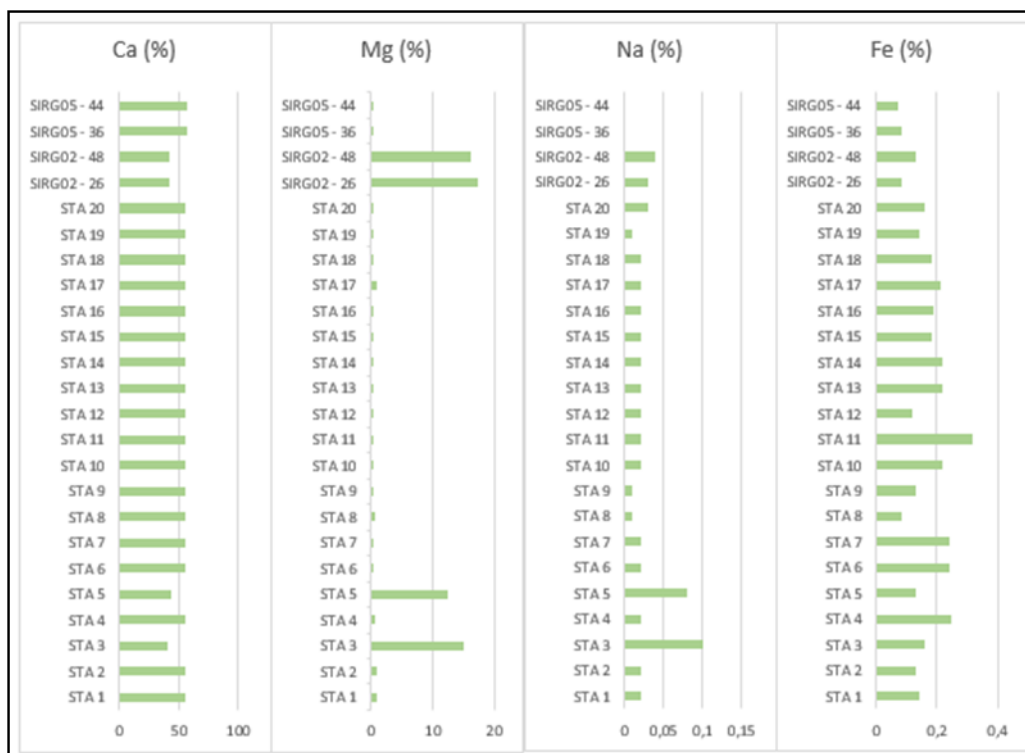
Lingkungan burial menurut Moore (1989) umumnya ditunjukkan dengan semen yang diendapkan dari fluida yang sedang dalam proses evolusi secara kimiawi. Proses evolusi yang dimaksud ialah adanya interaksi batuan dan fluida berkelanjutan dengan jangka waktu yang sangat lama. Adanya interaksi antara fluida dan batuan yang beragam secara mineralogi sering menghasilkan pembentukan air asin yang semakin pekat yang kaya akan logam seperti Fe, Mn, Pb, dan Zn (Collins, 1975; Carpenter, 1978; Land dan Prezbindowski, 1981). Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan burial biasanya ditandai dengan adanya peningkatan unsur Fe. Lingkungan burial biasanya kaya akan Fe dan Mn dengan seringkali mengandung dolomit (Moore, 1989).



Gambar 22. Disolusi pada Batugamping Formasi Paciran

Tabel 4. Diagenetic Fabric Batugamping Formasi Paciran (Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem).

Fabric Diagenesis	Marine	Mixing	Meteoric	Burial
1. Bored, biodegradasi pada grain dengan pengisian semen dari lubang dan pembentukan micrite.				
2. Isopachous Crust dari kristal fibrous – bladed				
3. Marine – cemented (sementasi lingkungan laut)				
4. Plastic or brittle grain deformation				
5. Drusy mosaic of equant spar				
6. Equant Calcite Mosaic				
7. Dissolution feature				



Gambar 23. Hasil Analisis Unsur Kimia Batugamping Formasi Paciran

Komposisi unsur pada batugamping Formasi Paciran (Gambar 23) menunjukkan adanya pengkayaan unsur Na yang mengkonfirmasi bahwa litologi batugamping Formasi Paciran mengalami diagenesis pada lingkungan laut. Selain itu nilai Na sebagian besar $> 0,02\%$ semakin memperkuat bahwa batugamping Formasi Paciran mengalami diagenesis pada lingkungan laut. Kemudian berdasarkan analisis petrografi dapat dideterminasi keterdapatannya mineral dolomit pada beberapa sayatan yang kemudian didukung dengan adanya peningkatan unsur Fe pada beberapa sampel yang dapat dideterminasi sebagai penciri perubahan lingkungan diagenesis yang cenderung menjadi lingkungan burial.

A. Interpretasi Tahap Diagenesis

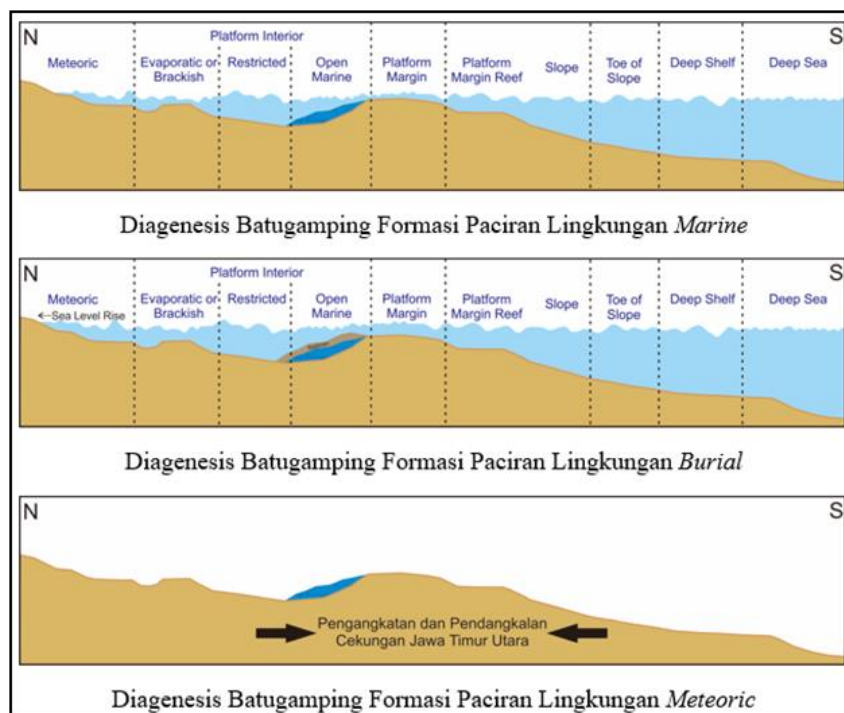
Diagenesis diawali dengan fase eogenesis yaitu pada lingkungan marine yang ditunjukkan dengan berkembangnya organisme foraminifera, red algae, dan coral. Hal ini juga berkorelasi dengan lingkungan pengendapan pada zona open marine. Diagenesis yang terjadi pada lingkungan marine berdasarkan hasil analisis diagenetic fabric ialah sementasi dan replacement.

Diagenesis kemudian dilanjutkan dengan fase mesogenesis pada lingkungan burial akibat

keberlanjutannya proses sedimentasi. Diagenesis yang terjadi pada lingkungan burial berdasarkan analisis diagenetic fabric ialah kompaksi, recrystallization, dan dolomitasi.

Proses diagenesis batugamping terus berlangsung dan berlanjut hingga tahap telogenesis yang berkaitan dengan proses pengangkatan kepermukaan. Formasi Paciran diinterpretasikan terangkat kepermukaan karena adanya proses pengangkatan dan pendangkalan Cekungan Jawa Timur Utara pada Pliosen Tengah yang masih berlangsung hingga saat ini dan membentuk kondisi morfologi saat ini. Pengangkatan diakibatkan oleh berkembangnya vulkanisme Jawa Modern serta gaya shearing akibat tarikan lempeng di sepanjang Palung Jawa dan menyebabkan inversi Cekungan Jawa Timur Utara dalam peristiwa Rembang (Rembang Event) (Novian dkk., 2014).

Adanya pengangkatan dan pendangkalan cekungan menandakan adanya perubahan lingkungan diagenesis menjadi lingkungan meteoric. Lingkungan meteoric dicirikan dengan keterpaparan terhadap kondisi subaerial dan perairan yang relative encer menunjukkan berbagai keadaan saturasi dari sangat kurang jenuh – sangat jenuh. Oleh karena itu lingkungan meteoric memiliki potensi tinggi untuk



Gambar 24. Interpretasi Lingkungan Diagenesis Batugamping Formasi Paciran

menghasilkan porositas sekunder melalui pelarutan dan potensi penghancuran porositas oleh sementasi pasif (Moore, 1989).

Diagenesis yang terjadi pada lingkungan meteoric berdasarkan fabric diagenesis dissolution feature pada analisis petrografi ialah diagenesis pelarutan atau dissolution. Porositas sekunder yang terbentuk ialah moldic dan vug.

KESIMPULAN

Daerah penelitian Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang memiliki geomorfologi Berbukit Bergelombang Terdenudasi dan Bukit Bergelombang Miring Terdenudasi, tersusun dari Wackestone dan Packstone berumur Pliosen yang merupakan bagian dari Batugamping Formasi Pacarin.

Dijumpai mikrofasi SMF 10 (*Bioclastic packstone grainstone with coated and abraded skeletal grains*) dan SMF 8 (*Wackestone and Floatstone with whole fossils and well preserved infauna and epifauna*), termasuk ke dalam Fasies Zona 7 atau open marine (Wilson, 1975 dalam Flugel, 2010).

Batugamping Formasi Paciran di daerah penelitian telah mengalami sementasi dan *replacement* akibat diagenesis di zona marine; mengalami disolusi, kompaksi, rekristalisasi dan dolomitasi, akibat diagenesis di zona burial.

SARAN

Berdasarkan pengamatan dan pembahasan hasil penelitian, maka didapatkan beberapa saran untuk mengembangkan penelitian yaitu:

1. Eksplorasi bahan baku semen dapat dilakukan pada seluruh daerah penelitian yang mana pada titik dengan nilai Mg tinggi dapat dilakukan pembatasan kadar dalam campuran pembuatan semen.
2. Batugamping yang mengalami diagenesis dolomitasi berdasarkan persebarannya berada pada daerah utara yang mana dalam pemanfaatannya sebagai bahan baku semen akan dibatasi karena kandungan Mg yang tinggi, maka dari itu disarankan untuk melakukan pengurangan eksploitasi atau pengambilan batuan yang berada pada bagian utara daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih sebanyak banyaknya disampaikan kepada seluruh pihak yang turut memberi bantuan dalam penyusunan penelitian ini, terkhusus kepada pihak PT. Semen Gresik Rembang dan PT. Semen Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian pada daerah penelitian. Kemudian terimakasih juga kepada dosen pembimbing yang telah membimbing hingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, J.S., 1943. Suggested use of the word microfacies. *Economic Geology*, 38(4). DOI: doi.org/10.2113/gsecongeo.38.4.325
- Cuvillier, J., 1952. La notion de "microfacies" et ses applications. *VIII Congr. Naz. Metano e Petrolio*, sect. I, 1-7.
- Dunham, R.J., 1962. *Classification of Carbonate Rock According to Depositional Texture*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologist Memoir 1.
- Embry, A.F. dan Klovan, J.E. 1971. *A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Bank Island*. N.W.T, Canadian Petroleum Geology Bulletin.
- Fadhilillah, A.P., Aribowo, Y. dan Widiarso, D.A. 2014. Mikrofasis Batugamping Formasi Bulu dan Kualitas Bahan Baku Semen, pada Lapangan Gunung "Payung", Kecamatan Bogorejo, Kabupaten Blora Jawa Tengah. *Geological Engineering e-Journal*, 6(2), hal.554-569.
- Flügel, E. 1972., Mikrofazielle Untersuchungen in der Alpinen Trias. Methoden und Probleme. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* 21, 9-64, 9 Pls., Innsbruck
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation, and application*. Springer Science and Business Media.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies Of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application*. Edisi ke-2. Springer.
- Husein, S., Titisari, A.D., Freski, Y.R., Utama, P.P., 2016. *Buku Panduan Ekskursi Geologi Regional 2016 Jawa Timur bagian barat, Indonesia*. Yogyakarta: Departemen Teknik Geologi FT UGM.
- Karyadi, R., 2016. Mikrofasis Dan Diagenesa Batugamping Formasi Klapanunggal, Daerah Cileungsi, Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. Skripsi (tidak dipublikasikan). Universitas Padjadjaran.
- Land, L.S. dan Prezbindowski, D.R., 1981. The origin and evolution of saline formation water, Lower Cretaceous carbonates, south-central Texas, USA. *Journal of Hydrology*, 54(1-3), hal.51-74. DOI: https://doi.org/10.1016/0022-1694(81)90152-9
- Moore, C.H., 1989. *Developments in Sedimentology: Carbonate Diagenesis and Porosity*. Elsevier.
- Munthe, Christo A., dan Warmada, I Wayan, 2015. *Geologi dan Tinjauan Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen di Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada.
- Novian, M.I., Husein, S., Saputra, R.N., 2014. *Buku Panduan Ekskursi Geologi Regional 2014*. Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Raymond, O., 2002. *Petrology, The Study of Igneous, Sedimentary and Metamorphic rocks 2nd Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Scholle, P.A. dan Ulmer-Scholle, D.S., 2003. *A color guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis, AAPG Memoir 77*.
- Selley, R.C., 2005. *Sedimentary Rocks Limestones*. Elsevier
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.