

**SKRIPSI**

**ANALISIS DIAGENESIS BATUAN KARBONAT FORMASI MALLAWA  
DAERAH TELLUMPAWAE KECAMATAN MALLAWA  
KABUPATEN MAROS PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUSJALIFAH  
D061 18 1 335**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**SKRIPSI**

**ANALISIS DIAGENESIS BATUAN KARBONAT FORMASI MALLAWA  
DAERAH TELLUMPANUAE KECAMATAN MALLAWA  
KABUPATEN MAROS PROVINSI SULAWESI SELATAN**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
(ST) Pada Program Studi Teknik Geologi Departemen Teknik Geologi Fakultas  
Teknik Universitas Hasanuddin*

**OLEH**

**MUSJALIFAH  
D061 18 1 335**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS DIAGENESIS BATUAN KARBONAT FORMASI MALAWA  
DAERAH TELLUMPANUAE KECAMATAN MALAWA  
KABUPATEN MAROS PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUSJALIFAH  
D061 18 1 335**

Menyetujui,

Pembimbing Utama



**Prof. Dr. rer. nat. Ir. A.M. Imran**  
**NIP. 19630605 198903 1 005**

Pembimbing Pendamping



**Safruddin, S.T., M.Eng**  
**NIP. 19890207 202005 3 001**

Mengetahui,

**Ketua Departemen Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**



**Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng**  
**NIP. 19771214 200501 1 002**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Musjalifah  
NIM : D061181335  
Program Studi : Teknik Geologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

*Analisis Diagenesis Batuan Karbonat Formasi Mallawa Daerah Tellumpauae  
Kecamatan Mallawa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan*

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya sendiri bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 09 Maret 2023

Yang menyatakan,



Musjalifah

## SARI

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam Daerah Tellumpanuae, Kecamatan Mallawa, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis daerah ini terletak pada 119°53'4" BT dan 04°50'43" LS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik, proses, dan lingkungan diagenesis pada batuan karbonat di lokasi penelitian. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *measuring section* dan petrografi.

Pengambilan sampel di lapangan dilakukan dengan *measuring section* secara vertikal, dimana dalam hal ini terdapat 3 lapisan batuan karbonat yang diambil untuk kemudian dianalisis. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa batuan karbonat yang terdapat pada Formasi Mallawa daerah penelitian secara petrografi adalah *Packstone* dan *Weckestone* (Dunham, 1962) dengan karakteristik yaitu terdiri dari semen yang memiliki bentuk *equant* dan *blocky*, porositas primer berupa *interparticle* dan *intraparticle*, dan porositas sekunder berupa *moldic*, *vuggy*, dan *fracture*, serta dijumpainya *micritic envelopes*. Proses diagenesis yang berkembang pada batuan karbonat Formasi Mallawa meliputi mikritisasi, sementasi, pelarutan, dan rekristalisasi. Lingkungan diagenesis pembentukannya terjadi pada lingkungan *shallow marine*, *marine phreatic*, *meteoric phreatic*, dan *meteoric vadose*.

**Kata Kunci:** *Diagenesis, Batuan Karbonat, Formasi Mallawa*

## **ABSTRACT**

*Administratively, the research area is located in Tellumpanuae area, Mallawa District, Maros Regency, South Sulawesi Province. Geographically the area is located at 119°53'4" East longitude and 04°50'43" South longitude. The purpose of this study was to determine the characteristics, processes, and diagenetic environment of carbonate rocks in the research area. The methods used during in this research are measuring section and petrography.*

*Sampling in the field is done by measuring section vertically, where in this case there are 3 layers of carbonate rocks taken for later analysis. Based on the results of the analysis that has been carried out, it can be seen that the carbonate rocks found in the Mallawa Formation of the research area are petrographically Packstone and Weckestone (Dunham, 1962) with characteristics consisting of cement that has the form of equant and blocky, primary porosity in the form of interparticle and intraparticle, and secondary porosity in the form of moldic, vuggy, and fracture, and the presence of micritic envelopes. The diagenetic processes developed in the carbonate rocks of the Mallawa Formation include micritization, cementation, dissolution, and recrystallization. The diagenetic environment of the formation occurs in shallow marine, marine phreatic, meteoric phreatic, and meteoric vadose environments.*

**Keywords:** *Diagenetic, Carbonate Rocks, Mallawa Formation*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan izin-Nya, penelitian yang berjudul “*Analisis Diagenesis Batuan Karbonat Formasi Mallawa Daerah Tellumpanuae Kecamatan Mallawa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan*” ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tak lupa penulis hantarkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa dan membimbing umat manusia dari dunia yang penuh kegelapan menuju dunia yang terang benderang.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, khususnya kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. rer. nat. Ir. A.M. Imran** sebagai Dosen Pembimbing I, atas segala bimbingan dan arahnya selama ini baik dalam proses akademik maupun dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. **Bapak Safruddin, S.T., M.Eng.** sebagai penasihat akademik sekaligus Dosen Pembimbing II, atas segala bimbingan dan arahnya selama ini baik dalam proses akademik maupun dalam penyusunan skripsi ini.
3. **Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.** sebagai ketua Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
4. **Ibu Dr. IR. Hj. Ratna Husain L, M.T.** sebagai Dosen Penguji yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu serta saran demi kesempurnaan laporan ini.

5. **Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T.** sebagai Dosen Penguji yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu serta saran demi kesempurnaan laporan ini.
6. **Seluruh Bapak dan Ibu Dosen** Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, atas segala bimbingan dan nasehatnya.
7. **Seluruh Staf** Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, atas bantuannya selama pengurusan administrasi penelitian.
8. Keluarga tercinta, khususnya kepada **Ayahanda Mastuni, Ibunda Hadijah**, dan Saudari penulis **Kak Nurpadilah** yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat dan bantuan kepada penulis, baik bantuan moril maupun materil, serta doa restu yang senantiasa terucapkan tiada henti yang kemudian menjadi sumber semangat bagi penulis selama ini.
9. **Saudara Andi Ahmad Abdillah, Rahmat Ramadhana, Nasrul, Chece Kirani Saputri, dan Risna Putri Asdarina**, yang telah membantu dan mendampingi penulis selama pengambilan data di lapangan.
10. **Saudari Hani Alfiyah Lestyowati, Sitti Aisyah Nawir, dan Hulaima Nasir**, yang telah kebersamai penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini, yang menjadi tempat untuk berbagi segala hal, serta menjadi penyemangat bagi penulis selama menjalani perkuliahan.
11. **Agung Prasajo**, yang telah menjadi *partner* untuk berdiskusi terkait apapun, khususnya dalam perjuangan selama menjalani proses perkuliahan.
12. Saudara dan Saudari Seperjuangan **Xenolith 18** yang menjadi ruang untuk berdiskusi serta telah memberikan banyak dukungan kepada penulis.



Terima kasih banyak atas segala suka, duka, semangat dan kekeluargaan selama penulis dalam masa studi di Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

13. **Seluruh anggota HMG FT-UH dan AAPG UH-SC** untuk segala kebersamaan yang telah dilalui selama proses pembelajaran sebagai seorang mahasiswa geologi.

14. **Seluruh pihak** yang telah membantu dan mendukung penulis sampai detik ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, sehingga segala saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat diperlukan dalam penyempurnaan laporan ini.

Akhir kata penulis mohon maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan kata dalam laporan ini dan semoga laporan ini dapat berguna bagi semua pihak yang menggunakannya. Aamiin.

Gowa, Februari 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR TUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>SARI</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.4    Batasan Masalah.....	2
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
1.6    Lokasi, Luas, dan Kesampaian Daerah Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1    Stratigrafi Regional Daerah Penelitian.....	5
2.1.1    Formasi Mallawa ( <i>Tem</i> ).....	5
2.2    Batuan Karbonat.....	8
2.2.1    Pengertian Batuan Karbonat .....	8
2.2.2    Klasifikasi Batuan Karbonat .....	8
2.3    Diagenesis Batuan Karbonat .....	10
2.3.1    Proses dan Produk Diagenesis .....	11

2.3.2	Lingkungan Diagenesis.....	14
2.3.2.1	<i>Marine Zone</i> .....	15
2.3.2.2	<i>Mixing Zone</i> .....	16
2.3.2.3	<i>Meteoric zone</i> .....	17
2.3.2.4	<i>Burial Zone</i> .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>22</b>
3.1	Metode Penelitian.....	22
3.2	Tahapan Penelitian .....	22
3.2.1	Tahap Persiapan .....	22
3.2.2	Tahap Pengambilan Data .....	23
3.2.3	Tahap Pengolahan dan Analisis Data.....	25
3.2.4	Tahap Penyusunan Laporan .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>28</b>
4.1	Karakteristik Fisik Batuan Karbonat Daerah Penelitian .....	28
4.2	Karakteristik Komponen Penyusun Batuan Karbonat Daerah Penelitian .. .....	32
4.3	Analisis Proses Diagenesis Daerah Penelitian .....	44
4.4	Tahapan dan Lingkungan Diagenesis Batuan Karbonat Formasi Mallawa .....	50
4.5	Sejarah Diagenesis Batuan Karbonat Formasi Mallawa .....	53
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>55</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Peta Tunjuk Lokasi Penelitian .....	4
<b>Gambar 2. 1</b>	Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (modifikasi dari Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi oleh Sukamto, 2012) .....	7
<b>Gambar 2. 2</b>	Klasifikasi Dunham (1962).....	10
<b>Gambar 2. 3</b>	Proses pembentukkan selaput mikrit yang diakibatkan oleh organisme alga, jamur atau bakteri (Tucker dan Wright, 1990) .....	12
<b>Gambar 2. 4</b>	Lingkungan diagenesis yang terjadi pada batuan karbonat (Tucker dan Wright, 1990).....	14
<b>Gambar 2. 5</b>	Morfologi modern <i>marine cement</i> dan geometrinya (Tucker dan Wright, 1990) .....	16
<b>Gambar 2. 6</b>	Morfologi semen pada lingkungan <i>vadose zone</i> (Tucker dan Wright, 1990).....	19
<b>Gambar 2. 7</b>	Morfologi semen pada lingkungan <i>burial</i> (Tucker dan Wright, 1990).....	20
<b>Gambar 2. 8</b>	<i>Grain Packing, grain contacts</i> , dan tekstur kompaksi mekanik dan kimia pada Lingkungan <i>Burial</i> (Tucker dan Wright, 1990).....	21
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	27
<b>Gambar 4. 1</b>	Kenampakan singkapan Batuan Karbonat (1) lapisan 1; (2A) lapisan 2 bagian bawah; (2B) lapisan 2 bagian atas; dan (3) lapisan 3, pada daerah Tellumpanuae, difoto ke arah N 302°E .....	28
<b>Gambar 4. 2</b>	(A) Singkapan batuan karbonat lapisan 1; dan (B) Singkapan batuan karbonat <i>zoom out</i> .....	29
<b>Gambar 4. 3</b>	(A) Singkapan batuan karbonat lapisan 2A (lapisan 2 bagian bawah) dan 2B (lapisan 2 bagian atas); dan (B) Singkapan batuan karbonat <i>zoom out</i> .....	30
<b>Gambar 4. 4</b>	(A) Singkapan batuan karbonat lapisan 3; dan (B) Singkapan batuan karbonat <i>zoom out</i> .....	31
<b>Gambar 4. 5</b>	Kenampakan sayatan petrografi <i>Wackestone</i> dengan nomor sayatan 1/LP1/BG/MJ pada nikol sejajar yang terdiri dari <i>grain</i> (35%) dan <i>mud</i> (65%) (A); dan kenampakan sampel batuan karbonat ukuran <i>hand spaciment</i> (B) .....	32
<b>Gambar 4. 6</b>	Kenampakan produk diagenesis berupa (A) <i>equant cement</i> ; (B) <i>blocky cement</i> ;.....	33

<b>Gambar 4. 7</b>	Kenampakan porositas <i>interparticle</i> pada lapisan 1 dalam nikol sejajar .....	34
<b>Gambar 4. 8</b>	Kenampakan sayatan petrografi <i>Wackestone</i> dengan nomor sayatan 2A/LP2/BG/MJ pada nikol sejajar yang terdiri dari terdiri dari <i>grain</i> (30%) dan <i>mud</i> (70%) (A); dan Kenampakan sampel batuan karbonat ukuran <i>hand spaciment</i> (B) .....	35
<b>Gambar 4. 9</b>	Kenampakan produk diagenesis berupa <i>blocky cement</i> dan <i>micritic envelopes</i> .....	36
<b>Gambar 4. 10</b>	(A) Kenampakan porositas <i>interparticle porosity</i> ; (B) <i>fracture porosity</i> ; dan (C) <i>vuggy porosity</i> dan <i>equant cement</i> pada lapisan 2 bagian bawah.....	37
<b>Gambar 4. 11</b>	Kenampakan sayatan petrografi <i>Wackestone</i> dengan nomor sayatan 2B/LP2/BG/MJ pada nikol sejajar yang terdiri dari <i>grain</i> (35%) dan <i>mud</i> (65%) (A); dan kenampakan sampel batuan karbonat ukuran <i>hand spaciment</i> (B) .....	38
<b>Gambar 4. 12</b>	Kenampakan produk diagenesis berupa (A) <i>micritic envelopes</i> , dan <i>equant cement</i> ; dan (B) <i>aggrading neomorphism</i> pada sayatan 2B/LP2/BG/MJ dalam nikol sejajar .....	39
<b>Gambar 4. 13</b>	Kenampakan porositas <i>interparticle</i> (A) dan <i>intraparticle</i> (B) yang telah terisi oleh semen pada lapisan 2B/LP2/BG/MJ dalam nikol sejajar .....	40
<b>Gambar 4. 14</b>	Kenampakan sayatan petrografi <i>Packstone</i> dengan nomor sayatan 3/LP3/BG/MJ pada nikol sejajar yang terdiri dari <i>grain</i> (65%) dan <i>mud</i> (35%) (A); dan kenampakan sampel batuan karbonat ukuran <i>hand spaciment</i> (B) .....	41
<b>Gambar 4. 15</b>	Kenampakan produk diagenesis berupa (A) <i>blocky cement</i> ; (B) <i>equant cement</i> , dan <i>aggrading neomorphism</i> ; dan (C) <i>micritic envelopes</i> pada lapisan 3 dalam nikol sejajar .....	42
<b>Gambar 4. 16</b>	Kenampakan porositas <i>interparticle</i> (A); dan <i> moldic porosity</i> (B), pada lapisan 3 dalam nikol sejajar .....	43
<b>Gambar 4. 17</b>	Kenampakan produk mikritisasi berupa <i>micritic envelopes</i> pada dinding foraminifera pada sayatan batuan karbonat lapisan 3 .....	44
<b>Gambar 4. 18</b>	Kenampakan produk sementasi pada sayatan batuan karbonat (A) <i>Blocky cement</i> dan (B) <i>Equant cement</i> .....	46
<b>Gambar 4. 19</b>	(A) <i>Vuggy Porosity</i> ; (B) <i>Moldic porosity</i> ; (E) <i>Fracture porosity</i> .....	48

<b>Gambar 4. 20</b>	Kenampakan produk <i>neomorfisme</i> berupa <i>aggrading neomorphism</i> yang memiliki kenampakan perubahan ukuran matriks menjadi <i>microsparit</i> yang berukuran lebih besar.....	49
<b>Gambar 4. 21</b>	Sejarah diagenesis batuan karbonat daerah penelitian .....	54

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b>	Tahapan diagenesis yang dimulai sejak batuan mulai terbentuk yang berhubungan secara relatif terhadap waktu pada Batuan Karbonat Formasi Mallawa berdasarkan tahapan diagenesis menurut Longman (1980) .....	52
<b>Tabel 4. 2</b>	Lingkungan diagenesis pada tiap lapisan pada Batuan Karbonat Formasi Mallawa.....	53

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Batuan karbonat merupakan batuan dengan kandungan material karbonat lebih dari 50% dan tersusun atas partikel karbonat klastik yang tersemankan atau karbonat kristalin hasil presipitasi langsung (Reijers & Hsu, 1986). Batuan karbonat adalah salah satu batuan yang menarik untuk dikaji, dikarenakan batuan ini memiliki ciri khas, yaitu mudah mengalami perubahan. Salah satu fokus penelitian yang dapat diamati dari batuan karbonat adalah proses diagenesisnya, dimana diagenesis merupakan perubahan fisik atau kimia suatu sedimen atau batuan sedimen yang terjadi setelah pengendapan (tidak termasuk proses-proses yang melibatkan temperatur dan tekanan yang cukup tinggi yang dikenal sebagai metamorfisme) (Scholle dan Ulmer-Scholle, 2003).

Keberadaan batuan karbonat pada Formasi Mallawa sangat menarik untuk dikaji, dimana pada formasi ini terdiri atas batupasir kuarsa dan konglomerat kuarsa, dimana batumannya berangsur menjadi berbutir lebih halus dengan sisipan lapisan-lapisan batubara diikuti oleh batulanau dan napal yang menunjukkan endapan laut, serta dijumpainya sisipan batugamping yang memiliki fosil moluska. Pada bagian atas pada formasi ini ditindih selaras oleh Formasi Tonasa yang terdiri dari endapan batugamping paparan (Hasibuan, 2009).

Dengan perkembangan batuan karbonat yang sangat sensitif terhadap perubahan geologi maka sangat diperlukan penelitian terkait diagenesis untuk mengetahui proses dan lingkungan diagenesis pada daerah penelitian.



## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fisik dan komponen penyusun batuan karbonat di daerah Tellumpanuae?
2. Bagaimana proses diagenesis yang telah berkembang pada batuan karbonat di daerah Tellumpanuae?
3. Dimana lingkungan diagenesis berdasarkan produk dan proses diagenesis batuan karbonat di daerah Tellumpanuae?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perkembangan diagenesis pada batuan karbonat di lokasi penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Untuk mengidentifikasi karakteristik fisik dan komponen penyusun batuan karbonat di daerah Tellumpanuae.
2. Untuk menganalisis proses diagenesis yang telah berkembang pada batuan karbonat di daerah Tellumpanuae.
3. Untuk menganalisis lingkungan diagenesis berdasarkan produk dan proses diagenesis batuan karbonat di daerah Tellumpanuae.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Analisis diagenesis berdasarkan pendekatan model Tucker dan Wright (1990) dan Longman (1980).

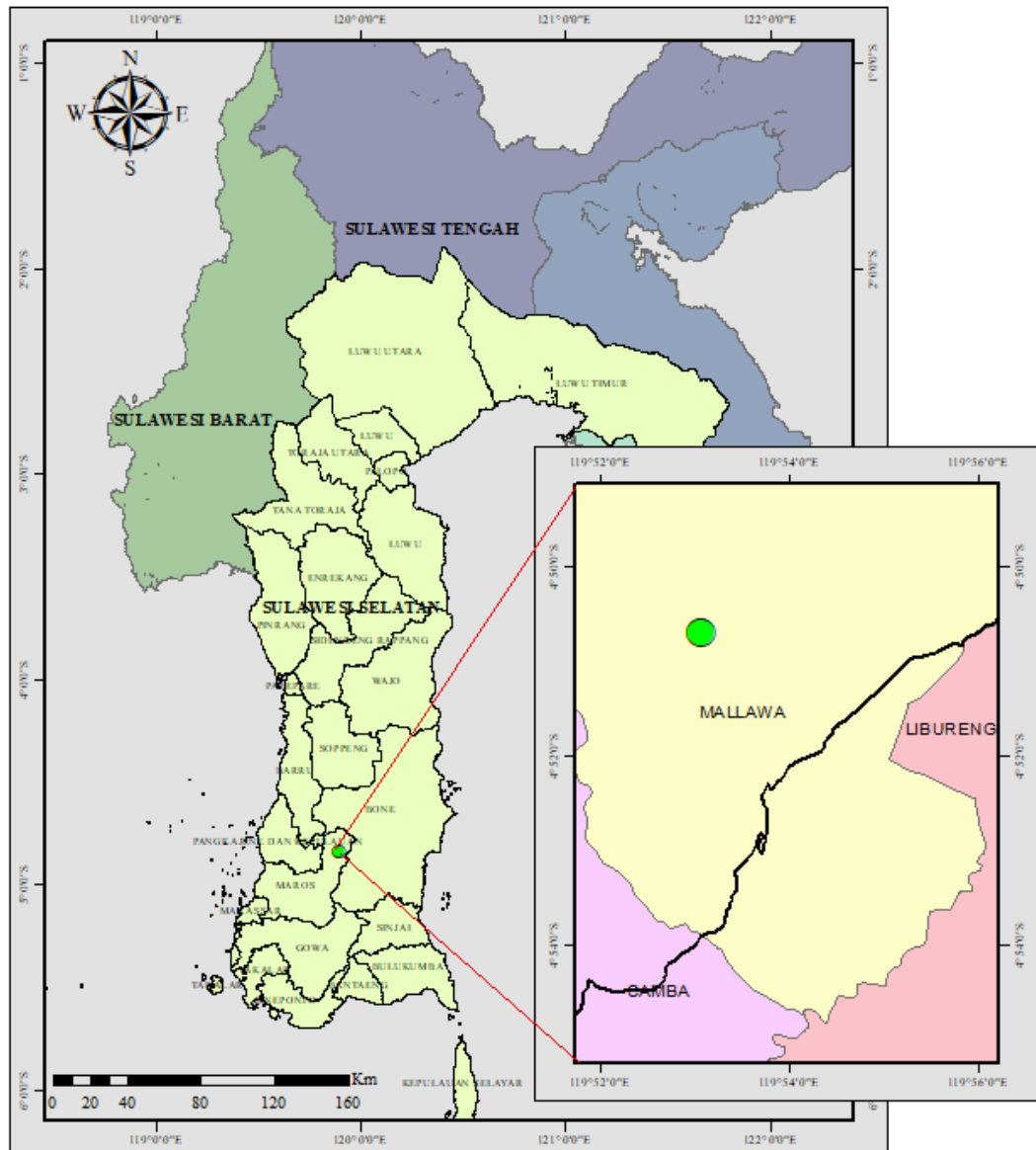
2. Objek penelitian adalah batuan karbonat yang dianalisis menggunakan metode Petrografi.
3. Lokasi analisis diagenesis batuan karbonat adalah Daerah Tellumpanuae, Kecamatan Mallawa, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menjadi informasi untuk mengetahui karakteristik, proses-proses diagenesis, lingkungan diagenesis, dan sejarah diagenesis dari batuan karbonat Formasi Mallawa di Daerah Tellumpanuae, Kecamatan Mallawa, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan.

### **1.6 Lokasi, Luas, dan Kesampaian Daerah Penelitian**

Secara administratif daerah penelitian berlokasi di Desa Tellumpanuae, Kecamatan Mallawa, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis daerah penelitian terletak pada 04° 50' 43'' Lintang Selatan dan 119° 53' 4" Bujur Timur. Dengan luas wilayah 6 Ha, dengan batas-batas titik koordinat seperti pada Gambar 1.1. Lokasi penelitian dapat ditempuh melalui jalur darat dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat. Perjalanan dari Makassar ditempuh menggunakan kendaraan roda empat dengan waktu tempuh ± 2 jam 30 menit.



**Gambar 1. 1** Peta Tunjuk Lokasi Penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian**

Secara regional daerah penelitian termasuk dalam Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat tepatnya pada Formasi Mallawa (Sukamto, 1982) (Gambar 2.1).

##### **2.1.1 Formasi Mallawa (*Tem*)**

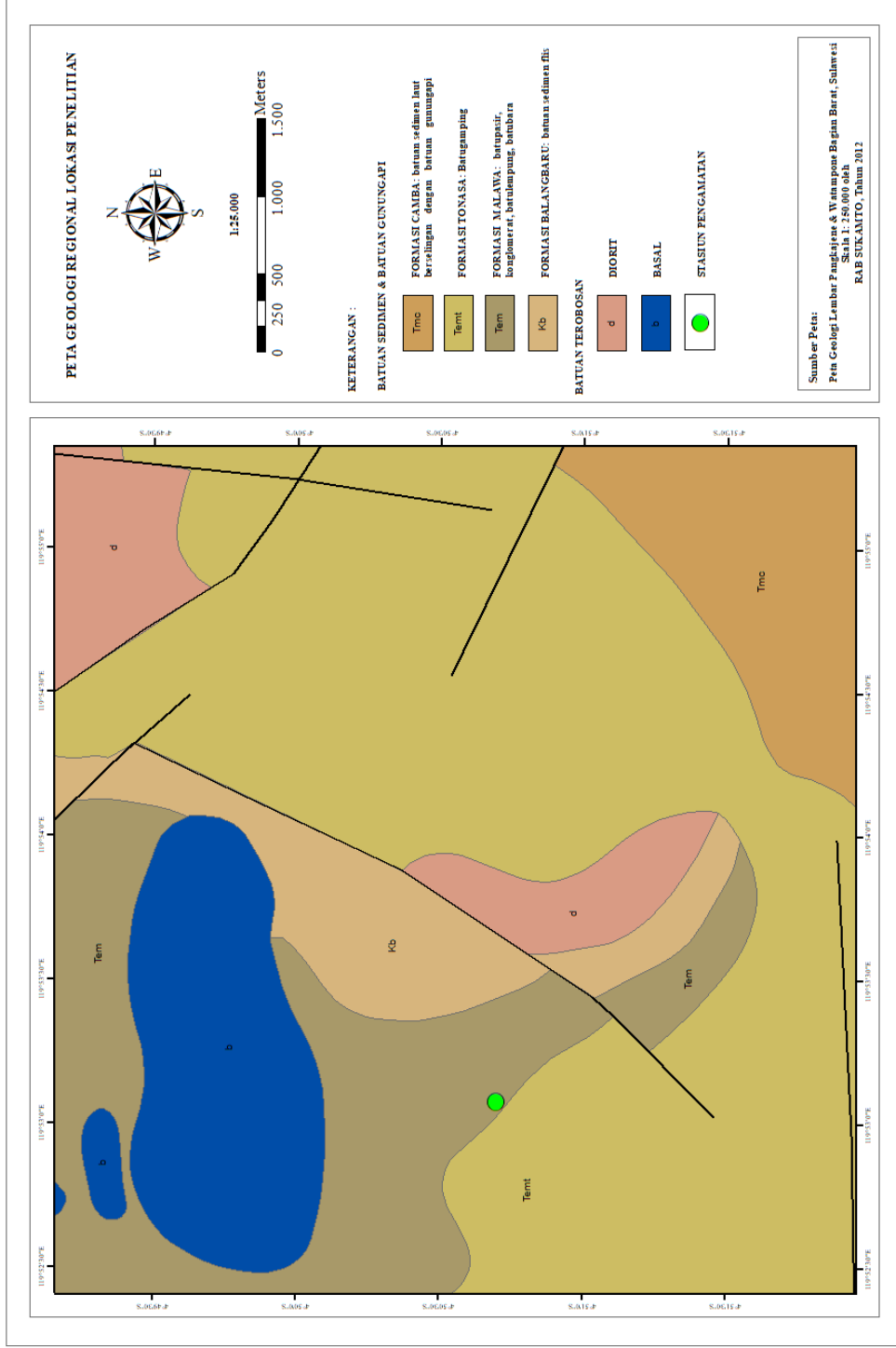
Formasi Mallawa disusun oleh beberapa litologi, diantaranya adalah batupasir, konglomerat, batulempung, dan napal yang bersisipan dengan lapisan atau lensa batubara dan batulempung. Batupasirnya sebagian besar adalah batupasir kuarsa ada pula yang *arkose*, *graywacke* dan tufaan, umumnya berwarna kelabu muda dan coklat muda, umumnya bersifat rapuh, dan kurang padat. Konglomeratnya sebagian kompak, batulempung, batugamping dan napal umumnya mengandung *mollusca* yang belum diperiksa, dan berwarna kelabu muda sampai kelabu tua, batubara berupa lensa setebal beberapa centimeter dan berupa lapisan sampai 1,5 meter (Sukamto, 1982).

Berdasarkan atas kandungan fosil menunjukkan kisaran umur Paleogen dengan lingkungan paralis sampai laut dangkal. Tebal Formasi ini tidak kurang dari 400 meter; tertindih selaras oleh batugamping *Temt*, dan menindih tak selaras batuan sedimen *Kb* dan batuan gunung api *Tpv* (Sukamto, 1982).

Pada bagian bawah dari Formasi Mallawa terdiri atas batupasir kuarsa dan konglomerat kuarsa. Ke arah atas batuanannya berangsur menjadi berbutir lebih halus

dengan sisipan lapisan-lapisan batubara yang diikuti oleh batulanau dan napal yang menunjukkan aspek endapan laut. Pada batulempung, banyak ditemukan makro fosil (moluska, koral) dan mikro fosil (foraminifera, nanoplankton, spora, dan serbuk sari) (Hasibuan, 2009).

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Hasibuan (2009), berdasarkan analisis kandungan moluska dan elemen makro fosil yang dijumpai maka diketahui bahwa Formasi Mallawa diendapkan pada lingkungan laut dangkal yang dipengaruhi oleh pasang-surut di daerah pantai dan muara sungai dengan arus kuat (*high energy*), tetapi masih menghasilkan endapan lempung yang mungkin terperangkap dalam laguna-laguna kecil pada daerah delta. Daerah tersebut juga masih dijumpai adanya pengaruh laut terbuka yang mungkin di daerah delta yang ditandai dengan adanya fosil dari kelompok lain seperti foraminifera dan nanoplankton. Batubara pada formasi ini diperkirakan terbentuk pada daerah laguna yang terisolasi di daerah delta ini. Setelah pembentukan Formasi Mallawa, lingkungan pengendapannya berubah menjadi laut yang relatif dangkal saat diendapkannya Formasi Tonasa yang diawali dengan pembentukan batugamping berforaminifera besar dalam formasi tersebut.



**Gambar 2.1** Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (modifikasi dari Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi oleh Sukamto, 2012)

## **2.2 Batuan Karbonat**

### **2.2.1 Pengertian Batuan Karbonat**

Batuan karbonat adalah batuan dengan kandungan material karbonat lebih dari 50% yang tersusun atas partikel karbonat klastik yang tersemankan atau karbonat kristalin hasil presipitasi langsung (Reijers & Hsu, 1986). Sementara itu, (Bates & Jackson, 1987) mendefinisikan batuan karbonat sebagai batuan yang komponen utamanya adalah mineral karbonat dengan berat keseluruhan lebih dari 50%. Sedangkan batugamping menurut definisi (Reijers & Hsu, 1986) adalah batuan yang mengandung kalsium karbonat hingga 95%, sehingga tidak semua batuan karbonat adalah batugamping, namun batugamping merupakan bagian dari kelompok batuan karbonat.

### **2.2.2 Klasifikasi Batuan Karbonat**

Secara umum, klasifikasi batuan karbonat ada 2 macam, yaitu: klasifikasi deskriptif dan klasifikasi genetik. Klasifikasi deskriptif merupakan klasifikasi yang didasarkan pada sifat-sifat fisik batuan yang dapat diamati dan dapat ditentukan secara langsung, seperti warna, tipe, ukuran butir, dan tekstur atau kemas batuan (Tucker & Wright, 1990). Klasifikasi genetik merupakan klasifikasi yang lebih menekankan pada ciri-ciri fisik yang berkaitan dengan sejarah pembentukan batuan. Kedua klasifikasi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Dalam penelitian ini dilihat dari penggunaannya dalam menginterpretasikan diagenesis pada batuan karbonat maka pendekatan terhadap

klasifikasi secara deskriptif lebih tepat untuk digunakan, klasifikasi tersebut adalah Klasifikasi Dunham (1962).

Dunham (1962) membuat klasifikasi batugamping berdasarkan tekstur deposisi batugamping, yaitu tekstur yang terbentuk pada waktu pengendapan batugamping, meliputi ukuran butir dan susunan butir (sortasi). Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan pengklasifikasian batugamping berdasarkan tekstur deposisinya, yaitu:


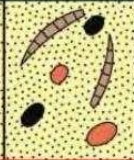
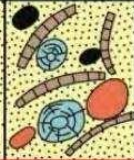
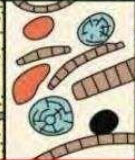

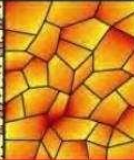
- 1) Derajat perubahan tekstur pengendapan
- 2) Komponen asli terikat atau tidak terikat selama proses deposisi
- 3) Tingkat kelimpahan antar butiran dan lumpur karbonat

Berdasarkan ketiga hal tersebut di atas, maka Dunham (1962) mengklasifikasikan batugamping menjadi 5 macam, yaitu *mudstone*, *wackestone*, *packestone*, *grainstone*, dan *boundstone*. Sedangkan batugamping yang tidak menunjukkan tekstur deposisi disebut batugamping kristalin (*crystalline carbonate*). Fabrik (*supportation*), *grain supported* (butiran yang satu dengan yang lain saling mendukung), dan *mud supported* (butiran mengambang di dalam matriks lumpur karbonat) digunakan untuk membedakan antara *wackestone* dan *packestone*.

Batas ukuran butir yang digunakan oleh Dunham (1962) untuk membedakan antara butiran dan lumpur karbonat adalah 20 mikron (lanau kasar). Klasifikasi batugamping yang didasarkan pada tekstur deposisi dapat dihubungkan dengan fasies terumbu dengan tingkat energi yang bekerja, sehingga dapat digunakan untuk



interpretasi lingkungan pengendapan. Penentuan tingkat energi pada klasifikasi ini didasarkan *fabric* pada batuan. Apabila batuan memiliki tekstur *mud supported* dapat diinterpretasikan terbentuk pada energi rendah, karena menurut Dunham (1962), lumpur karbonat hanya terbentuk pada lingkungan yang berarus tenang, sebaliknya apabila batuan memiliki tekstur *grain supported*, maka terbentuk pada energi gelombang kuat sehingga hanya komponen butiran saja yang mengendap.

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)		Grain-supported	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 2. 2 Klasifikasi Dunham (1962)

### 2.3 Diagenesis Batuan Karbonat

Diagenesis meliputi perubahan fisik atau kimia suatu sedimen atau batuan sedimen yang terjadi setelah pengendapan (tidak termasuk proses-proses yang melibatkan temperatur dan tekanan yang cukup tinggi yang dikenal sebagai metamorfisme) (Scholle dan Ulmer-Scholle, 2003). Diagenesis dapat menyimpan informasi mengenai kenampakan primer, sejarah setelah pengendapan, komposisi air pori dan temperatur.

Pengontrol utama diagenesis adalah komposisi dan mineralogi dari sedimen, komposisi kimiawi fluida pori dan rata-rata aliran fluida, sejarah geologi dari sedimen dalam hubungannya dengan *burial*, pengangkatan dan perubahan muka air laut, influks perbedaan fluida pori dan iklim (Tucker dan Wright, 1990).

Dalam suatu sejarah diagenesis karbonat, perubahan dari satu lingkungan diagenesis ke lingkungan lainnya mungkin dapat terjadi beberapa kali. Hal ini dapat diketahui berdasarkan data tekstur yang mungkin terawetkan sehingga dapat ditentukan urutan diagenesisnya (Longman, 1980).

### **2.3.1 Proses dan Produk Diagenesis**

Proses-proses utama yang terjadi selama diagenesis yaitu sementasi mikritisasi mikrobial, neomorfisme, pelarutan, dan kompaksi (Tucker dan Wright, 1990).

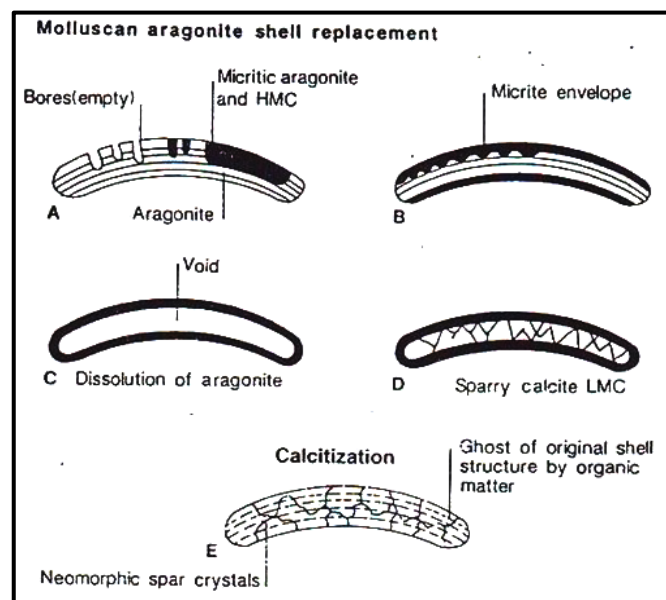
#### **1. Sementasi**

Sementasi merupakan proses pengisian pori baik di antara butiran, di dalam butiran ataupun di dalam lubang yang dihasilkan oleh pelarutan aragonit (Morrow, 1982). Menurut Tucker dan Wright (1990) presipitasi semen dalam sedimen karbonat adalah proses diagenetik utama dan terjadi ketika cairan pori jenuh berhubungan dengan fase semen dan tidak ada faktor kinetik dalam menghambat presipitasi. Jenis-jenis semen yang biasa hadir pada batuan karbonat yaitu aragonit, kalsit dengan kandungan rendah-Mg, kalsit dengan kandungan tinggi-Mg, serta dolomit. Jenis semen yang serupa dapat diendapkan di lingkungan diagenetik yang berbeda. Morfologi semen *equant* dan *drusy calcite spar* mengisi pori-pori utama

pada batugamping, dapat diendapkan di lingkungan *near-surface meteoric* atau di lingkungan *deep burial*.

## 2. Mikritisasi Mikrobial

Mikritisasi mikrobial adalah proses dimana bioklas berubah selama di dasar laut oleh organisme alga (*endolithic algae*), jamur atau bakteri. Pada tepian dan lubang *skeletal grain* akan diisi dengan sedimen atau semen berbutir halus. Selaput mikrit (*micritic envelopes*) adalah produk dari mikritisasi mikrobial dan jika kegiatan ini intensif maka akan dihasilkan butiran yang termikritisasikan (Tucker dan Wright, 1990) (Gambar 2.3). Menurut Longman (1980), proses ini merupakan proses yang penting dalam lingkungan *stagnant marine phreatic zone* dan *active marine phreatic zone*.



**Gambar 2.3** Proses pembentukan selaput mikrit yang diakibatkan oleh organisme alga, jamur atau bakteri (Tucker dan Wright, 1990)

### 3. Neomorfisme

Menurut Tucker dan Wright (1990), proses neomorfisme terdiri dari inversi, rekristalisasi dan *coalscive neomorphism (aggrading/degrading neomorphism)*. Inversi merupakan perubahan satu mineral ke polimorf, sebagai contoh transformasi polimorf aragonit menjadi kalsit, alterasi kalsit Mg menjadi kalsit. Rekristalisasi, mengacu pada perubahan ukuran kristal tanpa mengubah mineraloginya, misalnya membesar atau mengecilnya ukuran kristal kalsit. Umumnya, neomorfisme pada batuan karbonat memiliki tipe *aggrading* (agradasi), yaitu proses pengkasaran ukuran kristal pada lumpur karbonat. Proses neomorfisme ini menyebabkan matriks (mikrit) telah berubah menjadi mikro kristalin spar. Proses ini dapat terjadi pada awal sedimentasi yaitu pada lingkungan *freshwater phreatic* dan *deep burial*.

### 4. Pelarutan

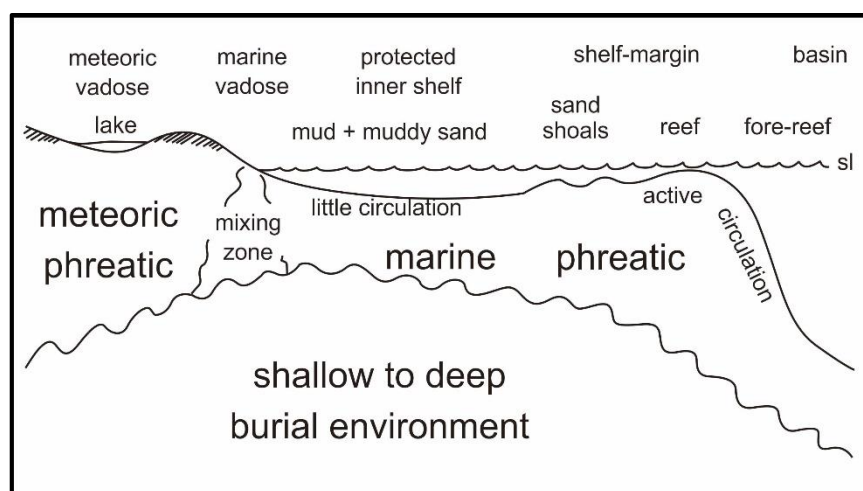
Proses pelarutan terjadi ketika terdapat perbedaan lingkungan diagenesis yang menyebabkan mineral tidak stabil akan larut dan membentuk mineral lain yang lebih stabil pada lingkungan yang baru. Sedimen dan semen karbonat dan sebelum batugamping terlitifikasi dapat mengalami pelarutan dalam skala kecil atau besar ketika cairan pori kurang jenuh sehubungan dengan mineralogi karbonat. Pelarutan sangat penting di lingkungan *near-surface meteoric* (Tucker dan Wright, 1990). Menurut Longman (1980), proses ini dapat terjadi pada lingkungan *freshwater vadose* maupun *freshwater phreatic*. Proses pelarutan ini merupakan proses utama yang terjadi di dekat permukaan, matorik, dan dapat menyebabkan

pembentukan karst, akan tetapi proses ini dapat terjadi pada dasar laut dan selama *deep burial*.

## 5. Kompaksi

Tucker dan Wright (1990) membagi kompaksi menjadi 2 macam, yaitu: **Kompaksi Mekanik**, terjadi ketika pembebanan semakin besar menyebabkan terjadinya retakan di dalam butir, butir saling berdekatan, porositas menurun; dan **Kompaksi Kimia**, terjadi ketika antar butir bersentuhan sehingga mengalami pelarutan yang menghasilkan kontak *suture* dan kontak *concavo-convex*, serta pada tahap lanjut akan menghasilkan *stylolite*.

### 2.3.2 Lingkungan Diagenesis



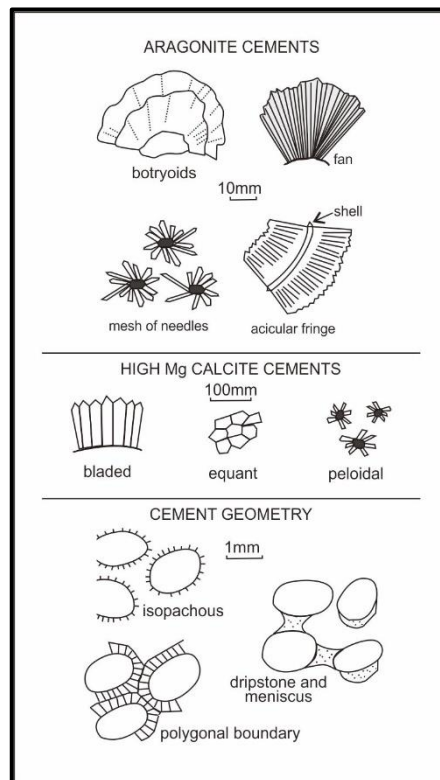
**Gambar 2.4** Lingkungan diagenesis yang terjadi pada batuan karbonat (Tucker dan Wright, 1990).

Lingkungan diagenesis merupakan daerah dimana pola diagenesis yang sama muncul. Lingkungan diagenesis menurut Tucker dan Wright (1990), yaitu *marine zone*, *mixing zone*, *meteoric zone*, dan *burial* (Gambar 2.6).

### 2.3.2.1 *Marine Zone*

Lingkungan diagenesis *marine* terjadi apabila ketika semua pori pada sedimen atau batuan terisi dengan air laut. Pada umumnya karbonat diendapkan di lingkungan laut dan memulai sejarah diagenesisnya di lingkungan *marine*. Semen yang dominan pada lingkungan *marine* adalah kalsit dengan kandungan Mg yang tinggi dan aragonit. Tipe semen dari aragonit umumnya memiliki bentuk *acicular crystal* terjadi sebagai *isopachous fringes*, *needle meshworks* dan *botryoids*, dan *equant crystal* berukuran mikron (*micrite*). Sedangkan tipe semen kalsit tinggi-Mg terjadi sebagai *acicular-bladed isopachous fringes*, *equant crystal*, *micrite* dan *peloids*. Proses utama yang mempengaruhi butiran di perairan yang lebih tenang adalah mikritisasi oleh organisme alga, fungi, dan bakteri. Alga pengebor yang paling umum berada di daerah perairan dangkal (kedalaman <50m) yang membentuk *micrite envelopes* di sekitar bioklas hingga butiran termikritisasi lengkap (Tucker dan Wright, 1990).

Lingkungan ini dibedakan menjadi tiga, yaitu (1) *stagnant marine phreatic*, dimana lingkungan ini berhubungan dengan sirkulasi air sedikit yang dicirikan oleh kehadiran mikritisasi dan sementasi setempat; (2) *active marine phreatic*, dimana lingkungan ini berhubungan dengan sirkulasi air yang baik dimana tingkat sementasi intergranular dan mengisi rongga pori lebih intensif. Semen aragonit berserabut dan Mg kalsit merupakan ciri lain dari lingkungan ini; dan (3) *marine vadose*, dimana sementasi terutama terjadi melalui penguapan air laut dan mungkin juga efek dari mikrobial (Tucker dan Wright, 1990).



**Gambar 2. 5** Morfologi modern *marine cement* dan geometrinya (Tucker dan Wright, 1990)

### 2.3.2.2 *Mixing Zone*

Lingkungan ini terletak di bawah permukaan dangkal, pada lingkungan *marine* dan *phreatic meteoric* yang ditandai oleh air payau dan bersifat diam. Seluruh rongga yang terisi air laut akan mulai tergantikan oleh air tawar. Dolomitisasi adalah salah satu penciri dari lingkungan ini jika salinitas air di sekitarnya rendah, sedangkan jika salinitas tinggi maka akan terbentuk Mg kalsit yang menjarum (Tucker dan Wright, 1990). Berdasarkan percobaan oleh Badiozamani (1973) dalam Longman (1980) menunjukkan bahwa pencampuran air laut dan air tawar akan membentuk kalsit apabila larutan tersebut tidak jenuh

dolomit dan dolomit apabila larutan tersebut kelewat jenuh dolomit. Sementasi di zona pencampuran jarang terjadi, hal ini dapat dikarenakan kombinasi dari tiga faktor yakni sempitnya dan kecilnya volume zona antara zona air tawar dan laut freatik yang jauh lebih luas, keadaan relatif stagnan dari air, dan sifat tidak kekal dari zona di satu tempat saat bermigrasi bolak-balik dalam menanggapi curah hujan, perubahan permukaan laut, dan sebagainya.

Proses diagenetik lain yang terjadi dalam zona pencampuran umumnya secara mikritik menjadi *bladed calcite*, neomorfisme minor aragonit menjadi kalsit, pelindian aragonit, dan neomorfisme Mg-kalsit menjadi kalsit. Di perairan yang lebih dalam, Moore (1977) menemukan pelet *isopachous* dari semen Mg-kalsit dengan mencampur air tawar dan laut. Dalam kondisi yang lebih asin ini, neomorfisme dan pencucian jarang terjadi karena air cenderung jenuh dengan  $\text{CaCO}_3$  (Longman, 1980).

### **2.3.2.3 Meteoric zone**

Zona meteorik adalah zona dimana air tanah yang berasal dari curah hujan bersentuhan dengan sedimen atau batuan. Zona ini terbagi menjadi 2, dimana dipisahkan berdasarkan *water-table* yang memisahkan zona vadose dan zona freatik. **Zona vadose** memiliki pori-pori yang secara berkala mengandung air atau udara atau keduanya. Air mengalir di bawah gravitasi dan ini bisa sangat cepat di batuan yang retak. Proses yang paling penting pada zona ini adalah drainase gravitasi dan pengeringan oleh penguapan dan evapotranspirasi, yang berinteraksi untuk menciptakan geometri semen yang khas. Sedangkan **zona freatik** adalah

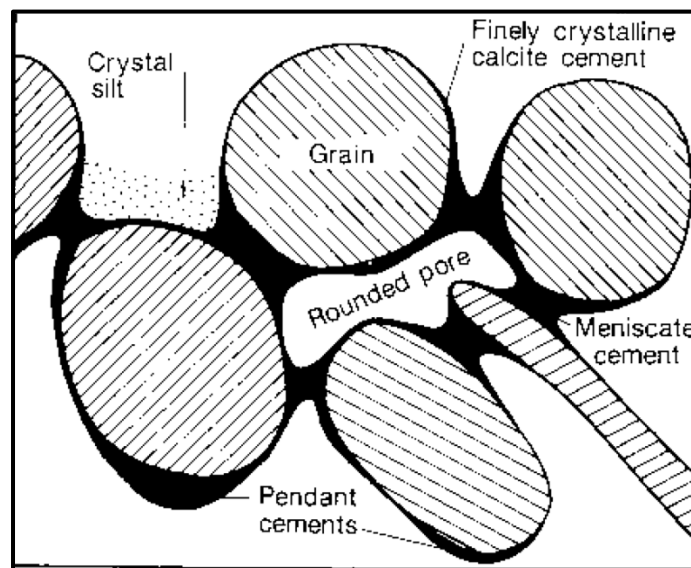


zona dimana semua ruang pori diisi oleh cairan. Dalam tatanan kontinental zona ini turun ke lebih dalam, biasanya lebih banyak *fluida saline* (Tucker dan Wright, 1990).

Tiga proses utama beroperasi selama diagenesis meteorik yaitu adalah pelarutan, presipitasi (sementasi) dan transformasi mineralogi. Air meteorik yang kurang jenuh akan melarutkan sedimen karbonat dan batugamping. Perairan meteorik diasamkan oleh CO<sub>2</sub> atmosfer dan tanah, serta oleh asam tanah. Aragonit, yang lebih larut dari pada kalsit, akan mengalami pelarutan yang lebih cepat. Sementara gaya diagenesis meteorik yang dialami endapan karbonat sebagian akan dikendalikan oleh apakah material tersebut tidak terkonsolidasi (aliran difus) atau dicairkan, ditidurkan dan retak (aliran saluran), kontrol utamanya adalah mineralogi dan iklim. Tubuh karbonat dengan kandungan aragonit yang tinggi (dan kalsit Mg tinggi) akan memiliki potensi diagenetik yang jauh lebih besar daripada yang terdiri dari kalsit Mg rendah yang lebih stabil. Iklim adalah kontrol penting, karena tidak hanya mempengaruhi ketersediaan air meteorik, dan fluksnya, tetapi juga suhu, dan faktor-faktor terkait seperti tutupan tanah dan vegetasi. Dalam kondisi yang lebih kering, curah hujan yang rendah akan menghasilkan laju perubahan meteorik yang relatif lambat dan sedikit air yang akan menyusup ke akuifer langsung melalui zona vadose (Tucker dan Wright, 1990).

Produk diagenesis pada zona meteorik yaitu pelarutan pada skala mikro yang menciptakan porositas tetapi ketika pelarutan signifikan terjadi istilah karst diterapkan. Kristal kalsit, umumnya memiliki bentuk belah ketupat, terbentuk di

bagian atas zona vadose dapat diangkat dalam suspensi, dan disimpan sebagai kristal jernih, yang mungkin menunjukkan *grading* atau bahkan laminasi silang. Pada zona freatik pori-pori diisi secara permanen dengan air. Gaya sementasi lebih merata dengan pertumbuhan kristal yang lebih kontinu dan lambat, menghasilkan ukuran kristal yang lebih besar daripada di zona vadose (Tucker dan Wright, 1990).



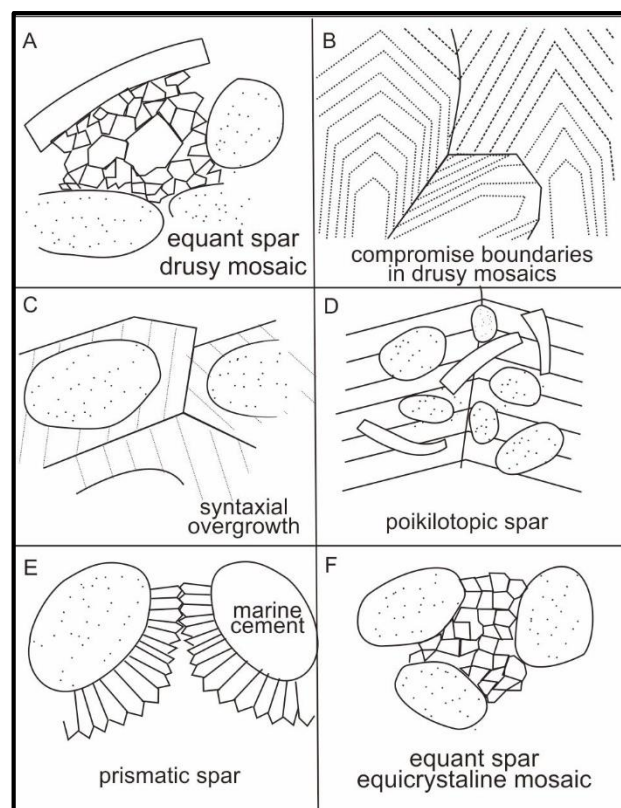
**Gambar 2. 6** Morfologi semen pada lingkungan *vadose zone* (Tucker dan Wright, 1990)

#### 2.3.2.4 *Burial Zone*

Diagenesis pada lingkungan *burial* umumnya diambil untuk memulai perubahan di bawah kedalaman dimana sedimen dipengaruhi oleh proses dekat permukaan pada lingkungan *marine* dan *meteoric*. Lingkungan *burial* sangat dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan yang sangat mempengaruhi proses diagenesis (Tucker dan Wright, 1990).

Semen hasil presipitasi pada lingkungan *burial* sebagian besar adalah beberapa bentuk yang kalsit spar yang jelas (*coarse calcite spar*) dan kasar. Mereka

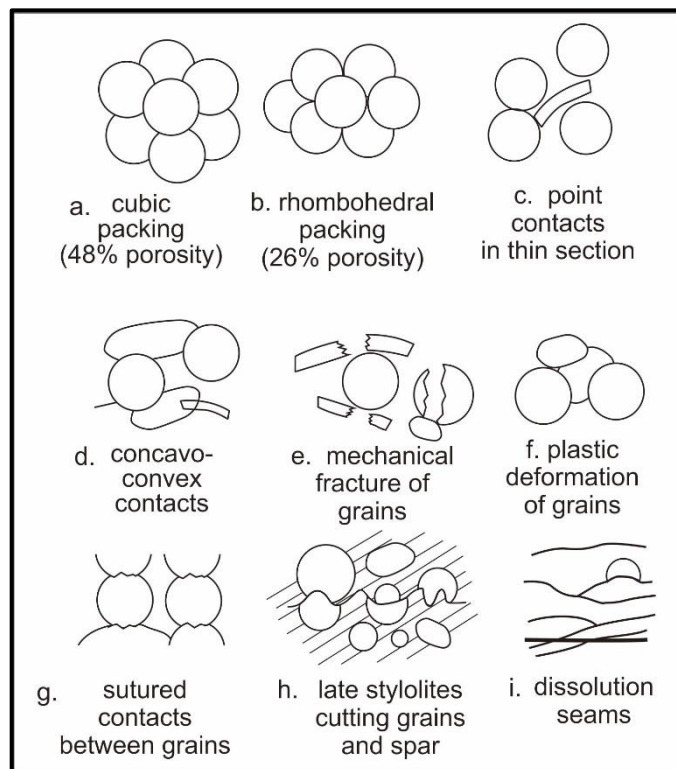
memiliki 4 tipe mosaik (Gambar 2.7) yaitu (1) *drusy, equant calcite*, yang paling umum dan kehadirannya mayoritas pada batugamping; (2) *poikilotopic calcite*; (3) *equant equicrystalline mosaics* dari *calcite spar*; dan (4) *syntaxial calcite spar*. *Calcite spar* masih menjadi produk semen umum pada lingkungan *near-surface* *metamorphic* dan hal tersebut memiliki tipe mosaik yang sama (Tucker dan Wright, 1990).



**Gambar 2.7** Morfologi semen pada lingkungan *burial* (Tucker dan Wright, 1990)

Penentuan asal dari *burial* untuk *calcite spar* dapat dilakukan dari beberapa kriteria tekstur, hal tersebut penting untuk diperhatikan dalam mengevaluasi waktu relatif dari presipitasi spar terhadap agen kompaksi. Jika ada bukti yang jelas bahwa spar terpresipitasi setelah kompaksi mekanik atau kimia, maka asal *burial* dapat dikonfirmasi. Kriteria tekstur

yang mengindikasikan *burial* menghadirkan *spar* yang hancur dan *micrite envelopes* runtuh yang hadir dengan *calcite spar*. Proses kompaksi yang umum pada lingkungan *burial* terbagi menjadi 2 katagori yaitu mekanik (atau fisik) dan kimia. Kompaksi mekanik terbentuk segera setelah pengendapan sedangkan kompaksi kimia sebagian besar membutuhkan penguburan beberapa ratus meter (Tucker dan Wright, 1990).



**Gambar 2.8** *Grain Packing, grain contacts, dan tekstur kompaksi mekanik dan kimia pada Lingkungan Burial* (Tucker dan Wright, 1990).