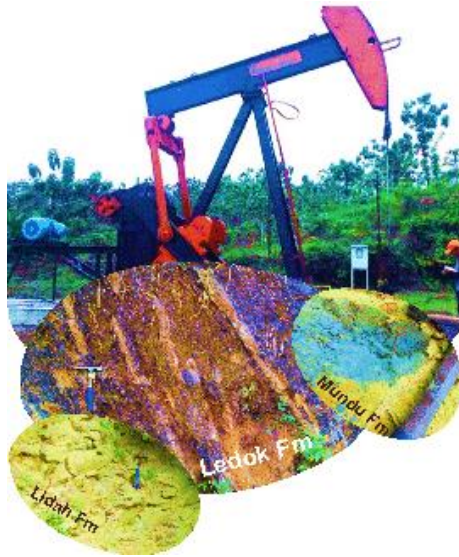


# **Aplikasi Biostratigrafi Untuk Interpretasi Kecepatan Sedimentasi di Zona Rembang**



**Disusun Oleh**

**Siti Umiyatun Choiriah  
Intan Paramita Haty  
EdgI Yuda KaestI**



**Program Studi Teknik Geologi  
FTM UPN “Veteran”  
Yogyakarta**

# **Aplikasi Biostratigrafi Untuk Interpretasi Kecepatan Sedimentasi di Zona Rembang**

**Disusun oleh**

**Siti Umiyatun Choiriah  
Intan Paramita Haty  
Edgi yuda Kaesti**

**Buku ini telah memiliki Hak Cipta yang dikeluarkan oleh  
Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia dengan nomor  
permohonan EC00202136918, 4 Agustus 2021,  
Nomor pencatatan 000263174**

## **KATA PENGANTAR**

Buku “Aplikasi Biostratigrafi Untuk Interpretasi Kecepatan Sedimentasi di Zona Rembang” ini merupakan buku hasil penelitian terapan yang dibiayai oleh UPN “Veteran” Yogyakarta, melalui LPPM UPN “veteran” Yogyakarta

Penelitian ini dilakukan di daerah yang mempunyai sumur minyak yang masih berproduksi, yaitu di banyuurip, Kedewan, Blora, di Zona Rembang. Dipilihnya lokasi ini karena merupakan kawasan produksi minyak yang masih aktif sampai saat ini. Daerah penelitian termasuk dalam Zona Rembang, yang merupakan salah satu cekungan hidrokarbon terbesar di Indonesia.

Buku ini dibuat dengan harapan dapat digunakan sebagai referensi atau bahan rujukan bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian Skripsi atau thesis, yang berhubungan dengan ilmu kebumian khususnya bidang paleontology, stratigrafi dan sedimentologi disamping untuk menambah wawasan geologi khususnya biostratigrafi dan kecepatan sedimentasi yang ditinjau berdasarkan biostratigrafi nanofosil. Buku ini berisi pembahasan geologi daerah Kedewan dan biostratigrafi nanofosil dan perkembangan kecepatan sedimentasinya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu mewujudkan buku hasil penelitian ini, dan semoga bermanfaat.

Yogyakarta, 4 Agustus 2021

Penulis dan TIM

## DAFTAR ISI

|                                         | Hal  |
|-----------------------------------------|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>                    | i    |
| <b>KATA PENGANTAR</b>                   | iii  |
| <b>DAFTAR ISI</b>                       | v    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                    | v    |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                     | viii |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>                | 1    |
| 1.1 Latar Belakang                      | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah                     | 3    |
| 1.3 Maksud dan Tujuan                   | 4    |
| <b>BAB 2 METODE</b>                     | 5    |
| <b>BAB 3 GEOLOGI</b>                    | 4    |
| 3.1. Geologi Regional                   | 8    |
| 3.1.1 Fisiografi Regional               | 8    |
| 3.1.2 Perkembangan Tektonik             | 10   |
| 3.1.3 Struktur Regional                 | 12   |
| 3.1.4. Stratigrafi Regional             | 12   |
| 3.2. Geologi Daerah Kedewan             | 17   |
| 3.3. Stratigrafi daerah Kedewan         | 17   |
| <b>BAB 4 BIOSTRATIGRAFI</b>             | 30   |
| 4.1 Tinjauan Umum                       | 30   |
| 4.2 Standar Zonasi Biostratigrafi       | 31   |
| 4.3 Biostratigrafi daerah Kedewan       | 35   |
| <b>BAB 5 KECEPATAN SEDIMENTASI</b>      | 40   |
| 5.1 Tinjauan Umum                       | 40   |
| 5.2 Kecepatan Sedimentasi Derah Kedewan | 40   |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                   | 87   |

## DAFTAR GAMBAR

|             | Hal                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gambar 1.1  | Lokasi penelitian 2                                                                                               |
| Gambar 1.2  | Fisiografi Cekungan Jawa Tiur Utara (Van Bemmelen, 1949). 3                                                       |
| Gambar 2.1  | Model grafik Kecepatan Sedimentasi (Kedalaman-Umur) berdasarkan biodatum foraminifera dan nanofosil 8             |
| Gambar 3.1  | Tektono – Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara 10                                                                 |
| Gambar 3.2  | Evolusi Tektonik Cekungan Jawa Timur Utara (Lemigas, 2003) 14                                                     |
| Gambar 3.3  | Kolom Stratigrafi Zona Rembang (Pringgoprawiro, 1983) 18                                                          |
| Gambar 3.4  | Geologi daerah Banyuurip, Kecamatan Kedewan, Kab.Blora 23                                                         |
| Gambar 3.5  | Stratigrafi daerah telitian 24                                                                                    |
| Gambar 3.6  | Napal berstruktur masif pada Satuan Napal Wonocolo 25                                                             |
| Gambar 3.7  | Singkatan batupasir gampingan sisipan batugamping berstruktur masif pada Satuan Napal Wonocolo 25                 |
| Gambar 3.8  | Batupasir gampingan sisipan batugamping pasiran Satuan Napal Wonocolo 26                                          |
| Gambar 3.9  | Kalkarenit sisipan batugamping, berlapis dan masif, kedudukan relatif horizontal, pada Satuan Kalkarenit Ledok 28 |
| Gambar 3.10 | Struktur sedimen mega cross bedding Formasi Ledok (Dok.AS) 29                                                     |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.11 | Kalkarenit sisipan batugamping, pada Satuan Kalkarenit Ledok                                                                                                                                                                                     | 29 |
| Gambar 3.12 | Kalkarenit dengan batugamping, berlapis pada Satuan Kalkarenit Ledok                                                                                                                                                                             | 30 |
| Gambar 3.13 | Singkapan napal warna biru kehijauan, Struktur masif pada Satuan Napal Mundu                                                                                                                                                                     | 33 |
| Gambar 3.14 | Singkapan napal masif pada Satuan Napal Mundu                                                                                                                                                                                                    | 33 |
| Gambar 3.15 | Batulempung berstruktur masif pada Satuan Batulempung–karbonatan Lidah                                                                                                                                                                           | 34 |
| Gambar 3.16 | Batulempung berstruktur masif pada Satuan Batulempung–karbonatan Lidah                                                                                                                                                                           | 35 |
| Gambar 4.1  | Biozon dan Biohorizon Miosen berdasarkan biozonasi Martini (1971) dan Okada dan Bukry (1980), dan Skala Waktu Polaritas Geomagnetik (GPTS; Lourens et al. 2004) dalam J. Backman et al., 2012.                                                   | 41 |
| Gambar 4.2  | Biozon dan Biohorizon Pliosen dan Plistosen berdasarkan zonasi "standar" (Okada dan Bukry 1980, Martini 1971) dan Skala Waktu Polaritas Geomagnetik (GPTS; Lourens et al. 2004). Tahap Plistosen Tengah dan akhir belum ditentukan secara formal | 42 |
| Gambar 4.3  | Biozona dalam biostratigrafi (Wade et.al., 2011, dalam J. Backman et.al., 2012)                                                                                                                                                                  | 43 |

|            |                                                                       |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.4 | Zona Biostratigrafi daerah Kedewan                                    | 44 |
| Gambar 5.1 | Kecepatan sedimentasi Lokasi Banyuurip, Kedewan, Blora (Zona Rembang) | 53 |
| Gambar 5.2 | Kurva model burial history Lokasi Kedewan                             | 54 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                          | Hal |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 5.1 Biostratigrafi dan Kecepatan sedimentasi Lokasi Kedewan, Blora | 51  |



# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Zona Rembang merupakan kawasan produksi minyak yang masih aktif sampai saat ini. Daerah penelitian termasuk dalam Zona Rembang, yang merupakan salah satu cekungan hidrokarbon terbesar di Indonesia. Daerah ini banyak dijumpai sumur minyak yang masih aktif produksi hingga sekarang dibanding daerah lain di Zona Rembang.

Studi tentang kandungan mikrofosil (zona biostratigrafi) dalam **outcrop** sampel batuan sedimen marin diperlukan untuk menentukan kecepatan sedimentasi (*rate of sedimentation*) yang mengisi cekungan. Penelitian ini masih sangat jarang bahkan belum dilakukan. Beberapa penelitian dilakukan berdasar data bawah permukaan seperti data sumur pemboran, *mud logging*, data well logging, data *core* dari hasil coring, dan seismik. Penelitian ini sangat diperlukan untuk membantu dalam analisis *burial history* yang merupakan salah satu bahan kajian dalam analisis cekungan secara kuantitatif yang terintegrasi selain *thermal history* dan analisis *hydrocarbon generation*. Dalam analisis *burial history* ini diperlukan kecepatan sedimentasi disetiap waktu geologi berdasarkan perubahan zona biostratigrafi bahkan sebagai data dasar, selain umur absolut lapisan batuan dan yang dihasilkan berupa parameter tektonik sedimentasi yang kemudian digambarkan dalam bentuk rekonstruksi sejarah pemendaman. Pembebanan sedimentasi mengakibatkan perubahan porositas dan permeabilitas yang mempengaruhi aliran fluida dalam batuan, sehingga bisa ditafsirkan arah migrasi dan keberadaan hidrokarbonnya.

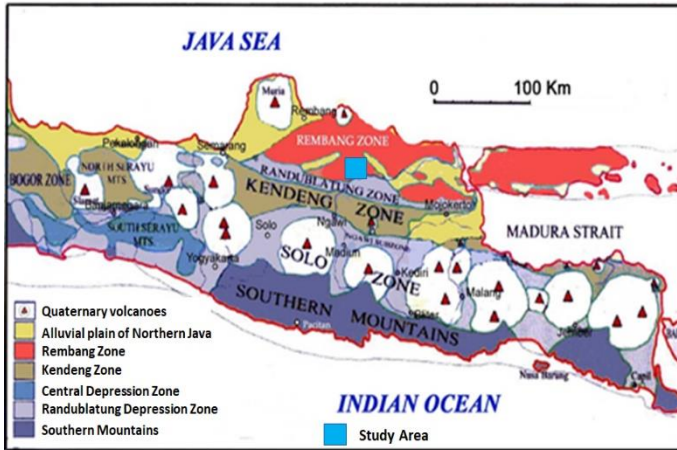
Perubahan proses sedimentasi dan kecepatan sedimentasi dapat dikaji dari kandungan mikrofosil dari sampel batuan. Sistem pengendapan juga dapat ditandai dengan kecepatan sedimentasi yang lebih lambat dibanding kecepatan penurunan dasar cekungan (*subsidence*).

Daerah penelitian secara administratif terletak di Daerah Banyuwirip dan sekitarnya, Kecamatan Kedewan, Kabupataen Blora, Propinsi Jawa Tengah (Lokasi 3). Cekungan Jawa Timur Utara (**Gambar 1.1**).



**Gambar 1.1.** Lokasi penelitian

Cekungan Jawa Timur Utara dapat dibagi menjadi beberapa zona fisiografis (van Bemmelen, 1949) yakni: Zona Pegunungan Selatan, Zona Solo atau Depresi Solo, Zona Kendeng, Depresi Randublatung, dan Zona Rembang (**Gambar 1.2**).



**Gambar 1.2.** Fisiografi Cekungan Jawa Tiur Utara (van Bemmelen, 1949).

Cekungan Jawa Timur digunakan sebagai daerah penelitian karena secara umum pada Cekungan Jawa Timur mengalami dua periode waktu yang menyebabkan pola tektoniknya berubah. Pola ini menyebabkan Cekungan Jawa Timur bagian Utara, yang merupakan Cekungan belakang busur menjadi terangkat (Orogenesa Plio–Plistosen). Cekungan Jawa Timur bagian utara (Cekungan Rembang) yang merupakan *foreland basin* memiliki batuan yang merupakan batuan sedimen berupa batuan berbutir halus (batulempung, batulanau, batupasir), serta batugamping yang sangat sesuai untuk tersimpannya fosil atau nannofosil.

Data biostratigrafi sangat diperlukan dalam kegiatan eksplorasi terutama minyak dan gas bumi. Dalam hal ini, data biostratigrafi dapat digunakan sebagai penentu umur dan lingkungan pengendapan batuan sedimen yang

menjadi batuan reservoir maupun batuan tudung dari suatu cekungan minyak dan gas bumi.

Studi biostratigrafi sendiri merupakan studi tentang stratigrafi dari batuan sedimen berdasarkan ciri-ciri paleontologinya atau berdasarkan kandungan fosilnya. Beberapa jenis fosil mikro banyak dimanfaatkan sebagai media untuk mengetahui umur maupun lingkungan pengendapan dari batuan sedimen, salah satunya adalah nannoplankton.

Dipilihnya sebagai fosil penentu dalam studi biostratigrafi ini dikarenakan memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan fosil foraminifera maupun polen.

Studi biostratigrafi berdasarkan nannoplankton ini dilakukan pada Formasi Wonocolo-Ledok-Mundu-Lidah yang termasuk dalam Zona Rembang yang mempunyai urutan sedimentasi menerus dengan variasi litologi yang memungkinkan dijumpai nannoplankton dengan keragaman dan kelimpahan yang cukup memadai. Secara umum sedimen yang ada pada Zona Rembang ini diendapkan pada lingkungan *marine*. Zona Rembang termasuk dalam Cekungan Jawa Timur Utara yang merupakan cekungan penghasil hidrokarbon yang sudah dieksplorasi sejak awal abad 20 sampai sekarang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan dalam penelitian ini dikarenakan belum banyak penelitian biostratigrafi nannoplankton yang dilakukan pada Formasi Wonocolo, Formasi Ledok, Formasi Mundu dan Formasi Lidah. Perumusan masalah antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi geologi (morfologi, stratigrafi, struktur geologi, sejarah geologi dan potensi geologi)
2. Bagaimana kandungan, kelimpahan, keragaman, keberadaan fosil nannoplankton yang digunakan sebagai biodatum dalam penyusunan zonasi (pemunculan awal dan pemunculan akhir spesies indeks)
3. Bagaimana susunan zona biostratigrafi berdasarkan fosil nannoplankton.

### **1.3 Maksud dan Tujuan**

Maksud penelitian ini untuk melakukan pemetaan geologi secara detail. Tujuan Penelitian untuk

- ❖ Mempelajari kondisi geologi (morfologi, struktur geologi, urutan stratigrafi dari tua ke muda, sejarah geologi)
- ❖ Menjelaskan bagaimana urutan zona biostratigrafi nannoplankton
- ❖ Mempelajari bagaimana korelasi biostratigrafi Zona Rembang
- ❖ Mempelajari bagaimana perubahan kecepatan sedimentasi di setiap zona di daerah penelitian

## BAB 2. METODE

Metode yang digunakan dalam kegiatan penelitian adalah metode pemetaan geologi lapangan, pengukuran stratigrafi terukur, pembuatan profil dan pengambilan sampel batuan permukaan pada lokasi tertentu. Metode studi biostratigrafi menggunakan metode induktif generalisasi fungsional bahwa foraminifera plankton dapat digunakan untuk penentuan biostratigrafi sehingga nannoplankton juga bisa digunakan sebagai penentu zona biostratigrafi. Nannoplankton mempunyai kelebihan dibandingkan foraminifera plankton sehingga berdasarkan kelebihan yang dimiliki fosil nannoplankton maka penulis berasumsi bahwa biostratigrafi dengan fosil nannoplankton bisa lebih teliti dan lebih detail (Choiriah, 1999).

**Metoda di lapangan:** pemetaan lapangan, *measuring section*/pengukuran stratigrafi terukur, *sampling batuan (surface sample/outcrop sample)* secara representatif dan *spot sampling* khusus batuan klastik halus gampingan.

**Pemetaan lapangan** dilakukan untuk mengetahui penyebaran satuan batuan dan formasi sedangkan

**pengukuran stratigrafi terukur** dilakukan untuk mengetahui tebal satuan batuan dan formasi, variasi litologi, variasi struktur sedimen, kandungan semen karbonat, serta hubungan satuan batuan dan formasi satu dengan yang lainnya.

**Pengambilan sampel** digunakan untuk dilakukan preparasi dan analisis mikrosofil (*calcareous*

nanoplankton) untuk mengetahui nama genus dan spesies mikrofosil.

Kegunaan mikrofosil dalam penelitian ini adalah :

- 1) Untuk menentukan biodatum
- 2) Untuk menyusun urutan zonasi biostratigrafi
- 3) Untuk menentukan umur relative dan absolut batuan yang mengandungnya
- 4) Untuk korelasi stratigrafi baik korelasi permukaan atau bawah permukaan
- 5) Membantu menentukan batas-batas suatu transgresi dan regresi
- 6) Untuk menentukan umur absolut (yang akan digunakan untuk membantu menentukan kecepatan sedimentasi suatu cekungan/basin).

**Metoda di laboratorium:** metode preparasi batuan menggunakan metode *poles/smear slide*) dan metode analisis (kualitatif dan kuantitatif) menggunakan mikroskop polarisasi dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran minimal 1000x.

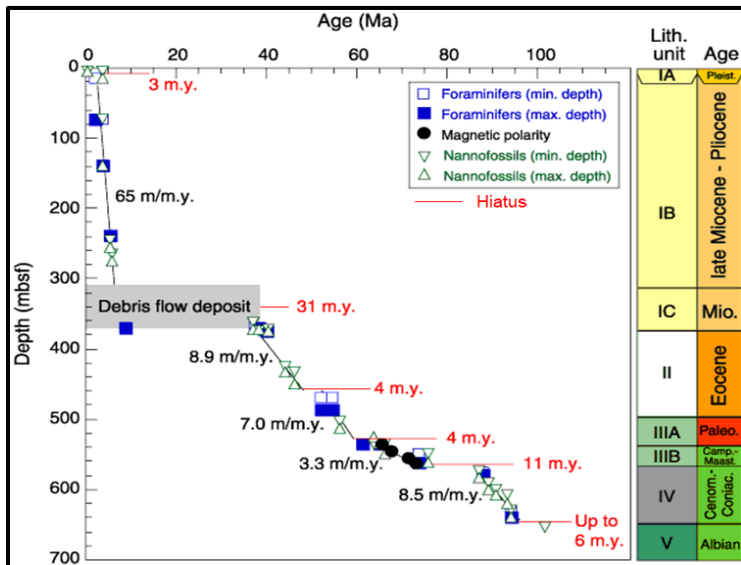
Determinasi nama mikrofosil menggunakan klasifikasi Martini, 1971, Okada Bukry, 1981 dan Perch-Nielsen, K., 1985a.

Penentuan biodatum (Biostratigrafi) berdasar *First Occurrence (FO)* dan *Last Occurrence (LO)* menurut Zonasi J. Backman, et al, (2012) dan Referensi Umur absolut (Backman *et al* (2012), Sato *et al* (2012). Shackleton *et al* (1999), Shipboard Scientific Party (1997b).

Metode kuantitatif digunakan untuk menentukan laju sedimentasi berdasarkan rasio ketebalan rata-rata terhadap

interval waktu rata-rata (Brian McGowran, 2008). Sedimentasi yang terjadi secara terus menerus dan stabil merupakan data penting yang dapat digunakan untuk menentukan posisi biodatum nanofosil berdasarkan kemunculan pertama/dasar datum dan kemunculan terakhir/puncak datum.

Posisi biodatum nanofosil dikonversikan ke umur absolut biodatum dengan menggunakan klasifikasi Jan Backman et al., (2012). Klasifikasi ini dianggap lebih detail sehingga lebih padat untuk analisis laju sedimentasi.



**Gambar 2.1.** Model grafik Kecepatan Sedimentasi (kedalaman-Umur) berdasarkan biodatum foraminifera dan nanofosil. ([http://www-odp.tamu.edu/publications/207\\_IR/chap\\_08/c8\\_7.htm](http://www-odp.tamu.edu/publications/207_IR/chap_08/c8_7.htm))



Nilai laju sedimentasi ditunjukkan dengan model grafik yang ditentukan dengan menghitung perkiraan perbedaan umur (datum biostratigrafi) yang diubah dengan umur mutlak (sumbu x) menjadi selisih kedalaman (sumbu y), sehingga perhitungan laju sedimentasi sangat bergantung pada datum nannofossil. Terlepas dari keterbatasan ini, ada beberapa interval sedimentasi yang relatif konstan/stabil yang dipisahkan oleh hiatus, aliran massa, atau interval terkondensasi seperti yang ditunjukkan pada plot grafik kedalaman dan umur batuan. (**Gambar 2.1**)

## BAB 3. GEOLOGI

### 3.1. Geologi Regional Cekungan Jawa Timur Utara

#### 3.1.1 Fisiografi

Van Bemmelen (1949) membagi Cekungan Jawa Timur Utara menjadi tujuh satuan tektono–fisiografi, yaitu dari utara ke selatan:

1. Dataran aluvial Jawa Utara
2. Antiklinorium Rembang–Madura–Cepu
3. Zona Randublatung, perbukitan Dander, Pegat dan Ngimbang
4. Zona Kendeng
5. Dataran tengah Jawa Timur
6. Sabuk vulkanik
7. Zona Pegunungan Selatan



**Gambar 3.1.** Tektono-Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara

Musliki, 1991, membagi Cekungan Jawa Timur Utara berdasarkan karakteristik tektonik, stratigrafi,

paleogeografi dan potensi hidrokarbon, dibagi tiga zona tektono–fisiografi (**Gambar 3.1.**) yaitu:

### **1. Zona Rembang**

Zona ini membentang dari batas utara Jawa dan pada bagian barat dipisahkan oleh Depresi Lusi dari Zona Randublatung. Zona ini dibentuk oleh Depresi Kening yang berada di tengah dan Depresi Solo atau Kujung melengkung pada bagian timur. Secara umum zona ini merupakan suatu perbukitan, dengan intensitas tektonik lebih tinggi daripada Zona Randublatung tetapi lebih rendah dibanding Zona Kendeng. Tektonik tersebut membentuk antiklinorium Rembang berupa antiklin–antiklin yang saling bertumpuk (*superimposed*). Litologi dominan pada zona ini adalah batupasir dan sedimen karbonat dengan sisipan napal dan lempung. Lithologi ini diperkirakan terendapkan pada daerah paparan kontinen (*continental shelf*). Di Zona Rembang memiliki kapasitas sedimen berbutir kasar yang lebih banyak dibandingkan dengan sedimen berbutir halus, dengan laju pengendapan lebih lambat dari laju penurunan cekungan.

### **2. Zona Kendeng**

Zona ini berhubungan dengan perbukitan Kendeng (Van Bemmelen, 1949) atau cekungan laut dalam yang labil (Martodjojo, 1978).

Zona ini merupakan zona yang mempunyai morfologi yang berbukit–bukit, yang terbentuk akibat aktifitas tektonik yang sangat intensif sehingga membentuk “anticlinorium” Kendeng. Intensitas tektonik di zona ini mengalami penurunan dari arah Barat ke Timur, tetapi sebaliknya bahwa prospek hidrokarbon justru meningkat dari arah Barat ke Timur.

Litologi pada zona ini didominasi oleh sedimen klastik gunungapi (*volcano clastic*) dan napal dengan sisipan batulempung, batupasir, dan sedimen karbonat yang diperkirakan terendapkan di cekungan laut dalam. Sedimen yang berbutir halus cenderung lebih banyak dibandingkan dengan sedimen yang berbutir kasar. Kecepatan sedimentasi juga lebih cepat dibandingkan kecepatan penurunan cekungan (subsiden).

### **3. Zona Randublatung**

Zona ini terdiri dari perbukitan di daerah Blora, Cepu, Ngimbang dan Dander (van Bemmelen, 1949) atau zona transisi (Martodjojo, 1978). Zona ini mengalami sedikit deformasi dan secara struktural lebih rendah dibandingkan Zona Kendeng dan Zona Rembang. Antiklinorium Cepu dan tinggian lainnya seperti Pegat, Dander, Ngimbang, dan Antiklin Grigis merupakan daerah yang terangkat, tetapi sebaliknya daerah Lusi, Kening dan Depresi Solo merupakan daerah rendahan.

Litologi dominan adalah napal dan lempung dengan sisipan pasir, kalkarenit dan sedimen karbonat yang diperkirakan terendapkan di atas *Undulating Continental Slope*. Zona ini memiliki kapasitas yang sama antara sedimen berbutir halus dan kasar, dengan laju pengendapan rata-rata hampir sama dengan laju penurunan cekungan. Lebih dari 20 lapangan minyak telah dikembangkan pada zona ini sejak tahun 1830.

Perbedaan yang mencolok dari ketiga zona ini terdapat pada sifat litologi dari sedimen yang berada di Zona Kendeng, Zona Rembang dan Paparan Laut Jawa.

1. Sedimen–sedimen klastik di Zona Rembang, pada umumnya menunjukkan litologi dengan kadar pasir yang tinggi, mengandung karbonat dan tidak dijumpai adanya endapan piroklastika. Sedimen di zona ini menunjukkan pengendapannya di laut yang dekat dengan pantai, dengan dasar laut yang berbeda kedalamannya. Hal ini disebabkan adanya sesar–sesar bongkah (*block faulting*). Sebagai akibatnya, perubahan fasies sering dijumpai di jalur ini. Daerah lepas pantai Laut Jawa pada umumnya ditempati oleh endapan paparan yang hampir seluruhnya terdiri dari endapan karbonat (Pringgoprawiro, 1983).
2. Sedimen klastik Zona Kendeng pada umumnya terisi endapan turbidit yang selalu mengandung batuan piroklastika dengan selingan batu napal serta batuan karbonat dan merupakan endapan laut dalam. Pada umumnya sedimen–sedimennya terlipat kuat dan tersesar sungkup ke arah Utara.

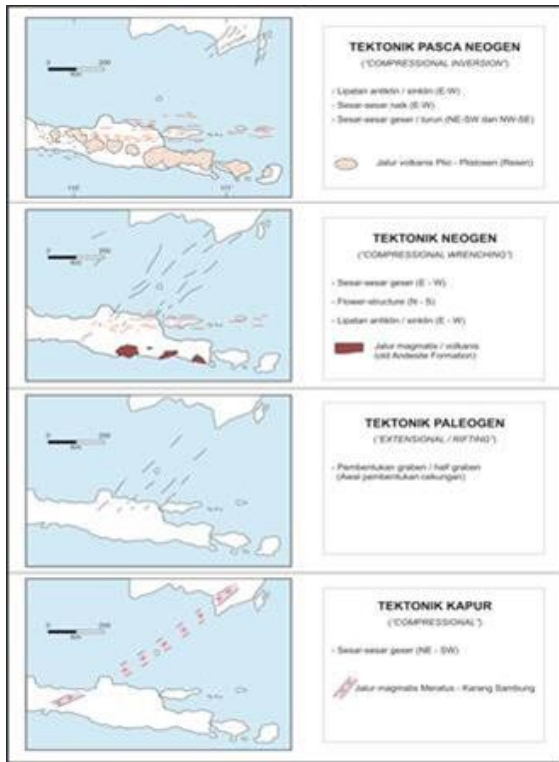
### 3.1.2 Perkembangan Tektonik

Cekungan Jawa Timur Utara berada di cekungan belakang busur (*back arc basin*). Secara umum fase tektonik di Cekungan belakang busur Jawa Timur dibagi menjadi 2 fase, yaitu fase tarikan (*extensional*) dan fase tekanan (*compressional*). Secara regional di Cekungan Jawa Timur Utara paling tidak telah terjadi empat fase tektonik (Lemigas, 2003), yaitu (**Gambar 3.2.**) :

#### 1. Fase *Compressional* Kapur.

Fase tektonik ini merupakan fase tektonik awal yang terjadi pasca pembentukan jalur magmatik Meratus–Karangsambung–Ciletuh yang menghasilkan sesar–sesar tarik yang membentuk sistem tinggian (*horst*) dan

rendahan (*graben*) dengan orientasi arah Timurlaut–Baratdaya.



**Gambar 3.2** Evolusi Tektonik Cekungan Jawa Timur Utara (Lemigas, 2003)

## 2. Fase *Extensional / Rifting* Paleogen

Fase tektonik ini merupakan akibat tektonik regangan (*extension*) yang mengakibatkan daerah penelitian mengalami proses *rifting* yang menghasilkan sesar-sesar normal yang merupakan perkembangan dari sesar-sesar geser yang terbentuk sebelumnya dengan arah Timurlaut–Baratdaya, yang kemudian membentuk *ridge* maupun

*trough* (Florence Ridge, Bawean Ridge, Pati Trough, North Tuban Trough, dsb.)

### 3. Fase *Compressional Wrenching* Neogen (Miosen Tengah)

Fase tektonik ini dicirikan dengan pembentukan struktur *en-echelon fold* (penjajaran bersusun lipatan–lipatan) yang dikontrol oleh tektonik *wrenching* yang menghasilkan sesar–sesar geser (*wrench fault*) berarah Baratdaya–Timurlaut dan Barat–Timur. Secara vertikal sesar geser tersebut berkembang menjadi *flower structure*.

### 4. Fase *Compressional Inversion* Pasca Neogen (Plio – Pleistosen)

Fase tektonik ini menghasilkan struktur lipatan dan sesar naik berarah Barat–Timur serta sesar geser berarah Timurlaut–Baratdaya dan Baratlaut–Tenggara. Struktur sesar ini merupakan hasil reaktifasi dari produk gaya utama Utara–Selatan yang mengaktifkan kembali struktur sesar yang terbentuk sebelumnya, sehingga membentuk sesar naik pada puncak lipatan.

## 3.1.3 Struktur Regional

Struktur regional Cekungan Jawa Timur Utara, ada 3 (tiga) bentukan struktural penting, yaitu: *Northern Platform* (Paparan Utara), *Central High* (Tinggian bagian Tengah), dan *Southern Basin* (Cekungan Selatan). Ketiganya berada di sepanjang sayap utara dari busur vulkanik Jawa saat ini.

Daerah penelitian secara regional termasuk cekungan belakang busur Tersier yang terletak di antara *Central High* dan *Southern Basin*. Selama Tersier, daerah penelitian terletak memanjang dengan pusat pengendapan

(*depocenter*) berorientasi Timur-Barat. Paparan benua stabil di Cekungan Jawa Timur terletak antara Kraton Sunda di bagian utara dan busur vulkanik di bagian selatan. Bagian barat Cekungan Jawa Timur Utara dibedakan menjadi sub-cekungan Pati dengan arah Timurlaut – Baratdaya serta sub cekungan Cepu dan Bojonegoro dengan arah Timur – Barat.

Pada Cekungan Jawa Timur Utara diendapkan urutan–urutan sedimen Tersier yang tebal dan menerus mulai dari kala Eosen hingga Plistosen. Tebal keseluruhan endapan Tersier di cekungan tersebut tidak diketahui secara pasti, akan tetapi diduga melebihi 6000 meter.

#### **3.1.4 Stratigrafi Regional**

Endapan Cekungan Jawa Timur Utara mempunyai ciri khas, yaitu hampir tidak terdapatnya material vulkanik pada setiap satuan penyusunnya. Sedimen disini pada umumnya merupakan endapan paparan, kaya akan batuan karbonat dan hampir tidak dijumpai endapan piroklastik.

Cekungan Jawa Timur Utara telah banyak diteliti oleh para ahli geologi, mengingat akan kandungan hidrokarbon yang telah dieksplorasi sejak awal abad 20. Urutan stratigrafi cekungan Jawa Timur Utara, yaitu Batuan Dasar (Pra–Tersier), Formasi Ngimbang, Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban, Formasi Tawun, Formasi Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo, Formasi Ledok, Formasi Mundu, Formasi Selorejo, Formasi Paciran, Formasi Lidah, dan Undak Solo (**Gambar 3.3**).



**a. Batuan Dasar (Pra Tersier)**

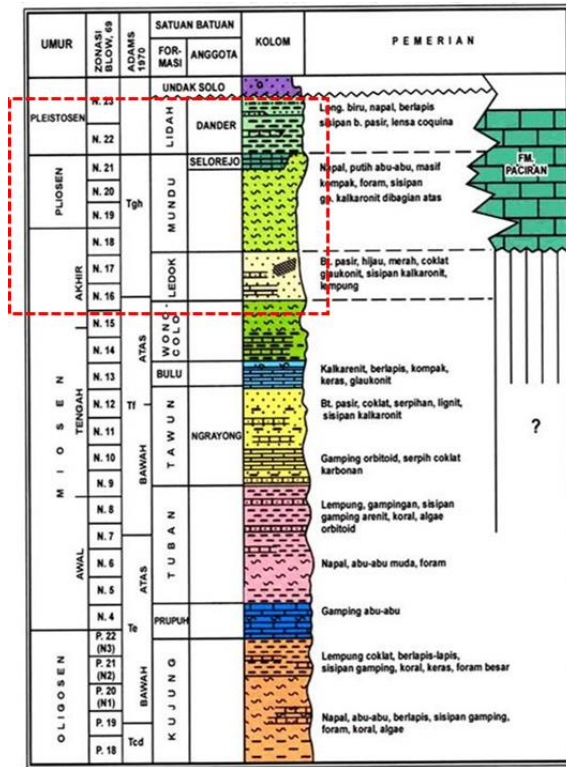
Merupakan semua batuan yang berumur lebih tua dari Tersier, mendasari batuan Kenozoikum biasanya telah mengalami ubahan. Di Jawa Timur bagian utara, batuan Pra-Tersier tidak tersingkap di permukaan dan kehadirannya hanya dapat diketahui dari sumur-sumur pengeboran. Batuan ini terletak secara tidak selaras (*non-conformity*) di bawah batuan tersier.

**b. Formasi Ngimbang**

Formasi ini merupakan yang tertua dan memiliki ciri litologi bagian bawah terdiri dari perulangan batupasir, serpih dan lanau, bagian atas didominasi oleh batugamping dengan sisipan serpih gampingan dan napal. Formasi Ngimbang terisi oleh sedimen laut dangkal, fluvial, delta, dan *lacustrine*. Formasi ini berumur Eosen Tengah – Oligosen Tengah dengan tebal sekitar 600 – 700 m dan memiliki penyebaran yang luas ke arah Utara.

**c. Formasi Kujung**

Formasi ini tersebar luas sepanjang antiklin Kujung pada Tinggian Tuban yang terdiri dari napal, batulempung, batugamping terumbu, *wackestone*, *packestone*, dan perulangan batugamping kapuran berukuran halus – kasar. Berdasarkan atas sumur pengeboran yang ada, Formasi Kujung terletak selaras di atas Formasi Ngimbang. Keberadaan fosil *Uvigerina aubriana*, *Cibicides floridanus*, *Nonion pompiloides* menunjukkan bahwa Formasi Kujung diendapkan pada zona Bathial antara 200 – 500 m. Formasi ini berumur Oligosen Tengah – Miosen Bawah.



**Gambar 3.3.** Kolom Stratigrafi Zona Rembang (Pringgoprawiro, 1983)

#### d. Formasi Tuban

Formasi ini didominasi oleh batugamping dan batulempung. Pada bagian bawah disebut sebagai karbonat masif, terdiri atas *wackestone*, *packestone*, kadang-kadang *algae boundstone*, *coral boundstone*, dan *grainstone*. Pada bagian atas terdapat sisipan batugamping klastik berbutir sedang – kasar. Formasi ini berumur Miosen Tengah – Miosen Atas dengan ketebalan 144 – 165 m dan diendapkan pada zona Neritik dengan kedalaman 50 – 150 m.

**e. Formasi Tawun**

Formasi ini berumur Miosen Awal bagian Atas – Miosen Tengah (N.8 – N.12). Batuan penyusun formasi ini terdiri dari batulempung dengan sisipan batugamping pasiran, batupasir, dan lignit. Formasi ini diendapkan pada lingkungan yang tidak jauh dari pantai pada suatu paparan dangkal yang terlindungi, dengan kedalaman 0 – 50 m.

**f. Formasi Ngrayong**

Penamaan Formasi Ngrayong (obyek penelitian ini) dikemukakan oleh Pringgoprawiro & Sukido (1985), dimana pada awalnya formasi ini merupakan Anggota Ngrayong Formasi Tawun (Pringgoprawiro, 1983). Kemudian ditingkatkan menjadi Formasi Ngrayong (Pringgoprawiro & Sukido, 1985). Formasi ini terdiri dari batulempung bersisipan dengan batupasir kuarsa dan sedikit batugamping. Batulempung berwarna abu-abu sampai dengan coklat, berukuran halus – sedang, karbonatan, dan mengandung foram. Batupasir kuarsa berwarna abu-abu sampai dengan coklat muda, kekerasan rendah – sedang, lempungan, lanauan, butir sangat halus, dan mengandung foraminifera. Batugamping berupa *wackestone*, putih sampai coklat muda, agak keras, setempat bersifat kapuran, glaukonitan, dan dolomitan. Formasi ini berumur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan pada zona Neritik dengan kedalaman 0 – 50 m.

**g. Formasi Wonocolo**

Formasi ini terdiri dari napal, napal lempungan hingga napal pasiran kaya akan foraminifera plangton, abu-abu kehijauan dengan selingan kalkarenit putih kekuningan setebal 5–20 m. Terletak selaras diatas Formasi Bulu

kemudian ditumpangi secara selaras oleh Formasi Ledok. Ketebalan formasi ini berkisar 89 – 60m. Mempunyai umur Miosen Akhir bagian bawah hingga tengah atau Zona N.15 – N.16 (Blow, 1969). Formasi ini diendapkan di laut terbuka, jauh dari pantai pada kedalaman 100 – 500 m, atau pada neritik luar hingga Bathial atas.

#### **h. Formasi Ledok**

Ciri pengenal formasi ini yaitu perulangan antara napal pasir, kalkarenit dengan napal dan batupasir. Konsentrasi glaukonit yang tinggi dijumpai di bagian atas dari formasi ini. Berdasarkan kandungan foraminifera plangtonik, formasi ini berumur Miosen Akhir bagian Atas atau Zona N.17–N.18 (Blow, 1969). Hubungan stratigrafi formasi ini yaitu terletak selaras di atas Formasi Wonocolo dan selaras pula dengan Formasi Mundu diatasnya.

#### **i. Formasi Mundu**

Formasi ini tersusun oleh napal masif yang kaya akan foraminifera plangton dan tidak berlapis. Pada bagian atas sering ditempati oleh batugamping pasir yang kaya akan foraminifera plangton. Umur Formasi Mundu secara keseluruhan adalah Pliosen atau Zona N.18–N.20 (Blow, 1969).

#### **j. Formasi Selorejo**

Penamaan formasi ini dikemukakan oleh Pringgoprawiro & Sukido (1985), dimana pada awalnya Formasi Selorejo merupakan Anggota Selorejo Formasi Mundu (Pringgoprawiro, 1985). Kemudian ditingkatkan menjadi Formasi Selorejo (Pringgoprawiro & Sukido, 1985). Formasi ini terdiri dari perselingan antara batugamping

pasiran dengan pasir napalan setebal 1–1.5 m. Formasi ini berumur Pliosen.

#### **k. Formasi Paciran**

Formasi ini berumur Pliosen – Plistosen. Formasi Paciran semula dikenal dengan nama batugamping *Karren* (Trooster, 1937), Formasi Madura (Brouwer, 1957) dalam Harsono, 1983. Batuan penyusun formasi ini terutama terdiri dari batugamping terumbu, kadang-kadang dijumpai batugamping kapuran. Tebal dari formasi Paciran berkisar antara 105 – 150 m. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal dekat dengan pantai, beriklim hangat, airnya jernih, zona *euphotic*, pada kedalaman < 50 m pada zona littoral – neritik pinggir.

#### **l. Formasi Lidah**

Formasi ini berumur Pliosen Atas – Plistosen (N.20 – N.21), terletak selaras diatas Formasi Selorejo. Batuan penyusun formasi ini didominasi oleh batulempung, di beberapa tempat di bagian tengah dari formasi ini berkembang batugamping bioklastik yang diberi nama Anggota *Dander*. Tebal dari formasi ini berkisar antara 130 – 575 m.

#### **m. Endapan Undak Solo**

Banyak dijumpai di sepanjang sungai Bengawan Solo dan terdiri atas sejumlah undak yang berbeda dalam hal ketinggian terhadap sungai Bengawan Solo, sehingga dengan demikian satuan ini dapat dibagi menjadi sejumlah sub-undak. Terdiri dari endapan aluvial dan teras sungai.

### **3.2 Geologi Daerah Kedewan**

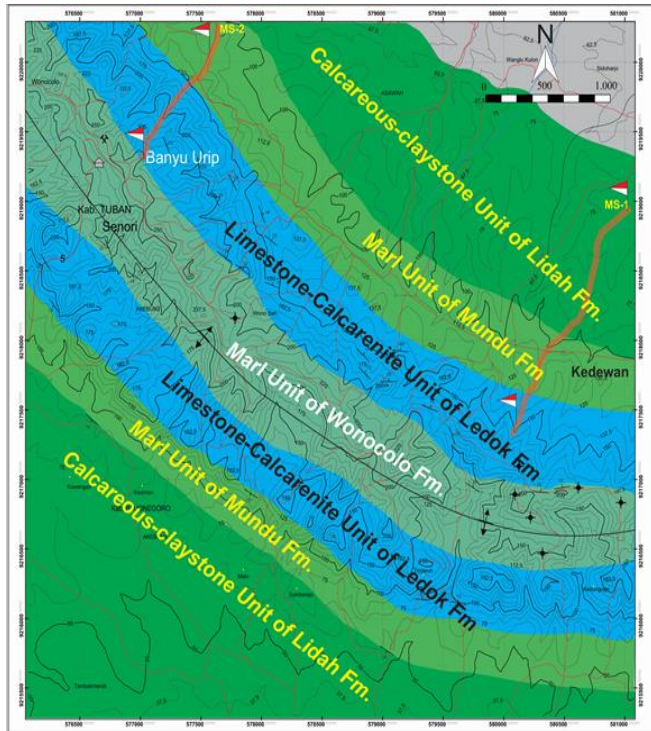
Geologi daerah Daerah Banyuurip, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah, Secara Geografis menempati koordinat dengan UTM (datum WGS84) yaitu 576000mE – 581000mE dan 9215500mN – 9219500mN, luas (5x5 km) dalam Peta RBI lembar 1508-534 Malo (**Gambar 3.4**). Pengukuran stratigrafi dilakukan melalui 2 lintasan untuk mencari kemenerusan litologi dan singkapan yang baik (**Gambar 3.4**).

### **3.3. Stratigrafi Daerah Kedewan**

Stratigrafi daerah penelitian dilakukan melalui pengukuran stratigrafi dari 2 lintasan untuk mencari kemenerusan litologi dan singkapan yang baik (**Gambar 3.3**). Lokasi ini terdiri dari 5 satuan litostratigrafi dari tua ke muda: Satuan Napal Wonocolo, Satuan Batugamping/Kalkarenit Ledok, Satuan Napal Mundu, Satuan Batulempung-gampingan Lidah (**Gambar 3.4**).

#### **1) Satuan Napal Wonocolo**

Dasar penamaan satuan ini berdasarkan litologi yang dominan dan kemiripan karakteristik litologi (tekstur, struktur sedimen, komposisi mineral, dan kandungan fosil). Litologi yang dominan berupa napal, napal-lempungan dan batugamping pasir, struktur sedimen massif dan berlapis, dan banyak mengandung mikrofosil (fosil foraminifera dan nanofosil). Di bagian bawah satuan napal Wonocolo dijumpai batugamping pasir dan batupasir gampingan sebagai sisipan dengan tebal berkisar 5–25 cm.



#### SYMBOL OF UNIT LITHOLOGY:



#### MAP INDEX :



**Gambar 3.4.** Geologi daerah Banyuwangi, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Blora (Choiriah 2020)

| UMUR GEOLOGI | MARTINI, 1971 | ZONA NANNOFOSIL<br>(J.Backman et al., 2012) | TEBAL (M) | NO SAMPEL | LITOSTRATIGRAFI              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|---------------|---------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |               |                                             |           |           | SATUAN BATUAN                | SIMBOL LITOLOGI                                                                   | PEMERIAN                                                                                                                                                                                                                |
| PLIOSTOSEN   | NN.19         | CNPL9                                       | 99,7      | 41 - 25   | Batulempung-gampingan Lidah  |  | Didominasi batulempung gampingan, warna hijau kebiruan, dengan sisipan batupasir gampingan, banyak moluska, nodul batulana.                                                                                             |
|              |               | CNPL8                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNPL7                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
| PLIOSEN      | AKHIR         | NN.18                                       | 140,9     | 24 - 12   | Napal Mundu                  |  | Dominan Napal, putih dan mengandung banyak foraminifera dan nannofossil, dan beberapa cangkang moluska. Di bagian atas terdapat persebaran batupasir dan batugamping struktur masif, dan berlapis.                      |
|              |               | NN.17                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              | TENGAH        | NN16-NN17                                   |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNPL4                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              | AWAL          | NN14-NN15                                   |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNPL3                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
| MIOSEN       | AKHIR         | NN.13                                       | 207,2     | 11 - 1    | Batugamping-kalkarenit Ledok |  | Selang-seling batugamping dan kalkarenit batupasir gampingan, macak, terdapat glauconite di bagian atas, semakin muda batupasir semakin menipis k. Struktur sedimen adalah erlapis, bioturbasi, dan mega cross bedding. |
|              |               | NN.12                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNM20                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNM19                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNM18                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNM17                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNM16                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNM15                                       |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |
|              |               | CNM147                                      |           |           |                              |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |

**Gambar 3.5** Stratigrafi daerah telitian

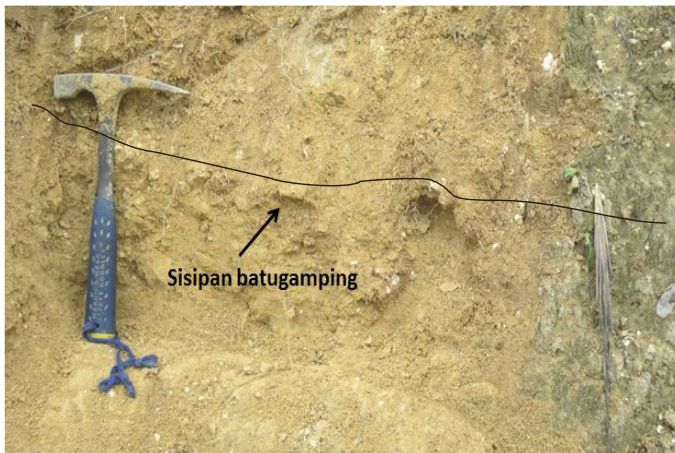
### Ciri Litologi:

Napal: berwarna putih kekuningan (segar) sampai agak kecoklat–coklatan (agak lapuk), berukuran lempung sampai lanau, banyak mengandung fosil foraminifera dan struktur sedimen massif (**Gambar 3.6**). Napal-lempungan: berwarna putih keruh (segar) hingga kecoklatan (lapuk) berstruktur massif atau tidak berlapis, mengandung fosil foraminifera plangtonik atau bentonik (**Gambar 3.7**).





**Gambar 3.6.** Napal berstruktur masif pada Satuan Napal Wonocolo (MAF31)



**Gambar 3.7.** Singkapan batupasir gampingan sisipan batugamping berstruktur masif pada Satuan Napal Wonocolo (MAF22)



**Gambar 3.8.** Batupasir gampingan sisipan batugamping pasiran Satuan Napal Wonocolo (MAF20)

Batugamping pasiran: sebagai sisipan dan berwarna putih kecoklatan (segar), ukuran pasir halus–sedang, struktur sedimen berlapis dan massif, sedikit kompak, terdapat fragmen cangkang fosil, terpilah baik, kontak butiran *floating*, allochem berupa kuarsa, semen lumpur karbonat (*mud*) (**Gambar 3.7**).

Batupasir gampingan: warna segar putih agak kecoklatan, warna lapuk coklat kehitaman, ukuran butir pasir sangat halus–sedang, sedikit mengandung karbonat stuktur massif, kurang kompak (**Gambar 3.8**)

**Ketebalan** berdasarkan penampang stratigrafi sekitar 200–300 meter, sedangkan menurut peneliti terdahulu ketebalannya bervariasi. Di Rembanng tebalnya 100meter tetapi di Daerah Manjung tebal mencapai 600 m (Pringgoprawiro 1983).

**Umur** berdasarkan analisis nannoplankton mempunyai kisaran umur sebelum NN10–NN11 (Miosen Akhir). Hal ini berdasarkan Zona Biostratigrafi bahwa Formasi Ledok berumur paling muda NN11–NN13 (Miosen Akhir). Pringgorawiro (1983) menyimpulkan umur Formasi Wonocolo adalah Miosen Tengah – Miosen Akhir (N14–N16).

**Lingkungan bathimetri** berdasarkan aspek fisik dengan dijumpai variasi batuanannya yaitu napal, napal lempungan, sisipan batugamping pasir dan batupasir gampingan, berstruktur massif dan berlapis, dengan ukuran butir lempung–pasir sedang, hal ini menunjukkan bahwa lingkungan pengendapannya adalah laut. Berdasarkan aspek kimia bahwa pada variasi litologinya terdapat karbonat menunjukkan bahwa lingkungan pengendapannya adalah laut. Berdasarkan aspek biologi dengan dijumpainya fosil foraminifera bentos seperti: *Cassidulina subglobosa*, *Trifarina reussi*, *Cibicides subhaidingerii*, *Parafrondicularia advena*, *Uvigerina peregrina* menunjukkan lingkungan bathimetri (100– 500) meter (Neritik Luar–Bathial Atas).

**Hubungan Stratigrafi** Satuan Napal Wonocolo dengan Satuan dibawahnya yang lebih tua tidak dijumpai di daerah Penelitian.

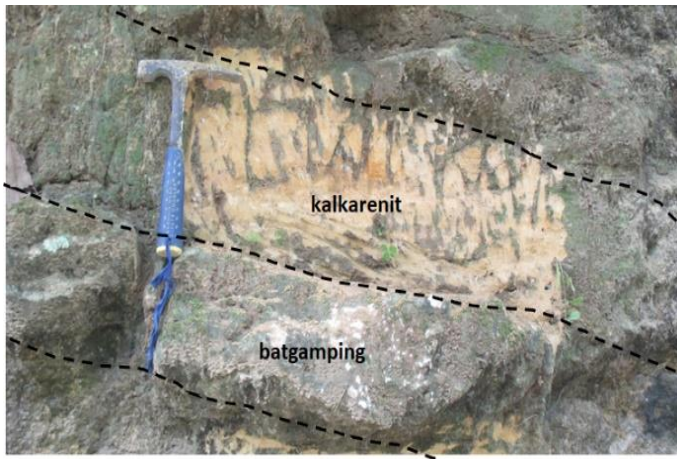
## **2) Satuan Kalkarenit Ledok**

Penamaan satuan berdasarkan litologi yang dominan yaitu kalkarenit (batugamping ukuran pasir), dengan perulangan napal pasir, napal dan batupasir gampingan, struktur sedimen berlapis, massif dan *cross bedding*. Pada Satuan

ini terdapat kandungan mineral glaukonit yang berwarna kehijauan.

### Ciri Litologi

Kalkarenit: warna putih kekuningan (warna segar) dan agak kecoklatan (lapuk), kompak, berlapis, massif, *cross bedding*. Ukuran pasir sedang–kasar terdapat perselingan dengan batugamping berwarna putih kekuningan, ukuran pasir sedang–kasar, dengan perulangan napal pasir, napal dan batupasir gampingan, struktur sedimen berlapis, massif dan *cross bedding* (**Gambar 3.9 dan gambar 3.10**).



**Gambar 3.9.** Kalkarenit sisipan batugamping, berlapis dan massif, kedudukan relatif horizontal, pada Satuan Kalkarenit Ledok. (MAF)

Batupasir gampingan: berwarna kuning–kecoklatan, mengandung butiran kwarsa, glaukonit halus hingga sangat halus, fragmen butiran membulat tanggung–menyudut tanggung, pemilahan sedang, kompak dan ada

yang dapat lunak dapat diremas, ketebalan lapisan 20 – 60 cm (**Gambar 3.11**).



**Gambar 3.10** Stuktur sedimen mega cross bedding  
Formasi Ledok (Dok.AS)



**Gambar 3.11.** Kalkarenit sisipan batugamping, pada Satuan  
Kalkarenit Ledok (MAF58)



Penyebaran satuan ini sekitar 25 % dengan ketebalan berdasarkan penampang stratigrafi sekitar 150–200 meter. **Umur** berdasarkan nannofosil pada sampel nomor A60, A70, A80, A90, A125, A155, A163, A175, A185, A195 yang ditandai dengan pemunculan awal *Spenolithus neoabies*, *Cheratolithus rugosus* didukung dengan dijumpainya fosil *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, *Reticulofenestra minuta*, *Reticulofenestra minutula*, *Spenolithus abies*, *scapolithus fossilis*, *Ponthosphaera japonica*, *Ponthosphaera indooceanica*, *Helicosphaera selli*, *Helicosphaera carteri*, *Discoaster variabilis*, *Discoaster surculus*, *Discoaster perplexus*, *Discoaster intercalaris*, *Discoaster brouweri*, *Coccolithus miopelagicus*, *Calcidiscus macintyreii*, *Calcidiscus leptoporus* berumur NN11–NN13 /Miosen Akhir–Pliosen Tengah (Martini 1971). Pringgoprawiro (1983) menyimpulkan umurnua Miosen Akhir /N16–N17.



Gambar 3.12. Kalkarenit dengan batugamping, berlapis pada Satuan Kalkarenit Ledok (MAF58)

**Lingkungan pengendapan** satuan kalkarenit Ledok berdasarkan aspek fisik dengan dijumpai variasi batuananya yaitu kalkarenit batupasir gampingan dengan napal, napal lempungan, sisipan batugamping pasiran dan batupasir gampingan berstruktur massif dan berlapis, dengan ukuran butir lempung–pasir sedang menunjukkan bahwa lingkungan pengendapannya adalah laut. Berdasarkan aspek kimia bahwa pada variasi litologinya terdapat karbonat menunjukkan bahwa lingkungannya laut. Berdasarkan aspek biologi dengan dijumpainya fosil foraminifera bentos seperti: *Nodosaria catenula*, *Amphycorina separans*, *Bulimina pupoides*, *Nonion asterizans*, *Dentalina gutifera* menunjukkan lingkungan bathimetri (100m–200m) atau Neritik Luar (klasifikasi menurut Wright Barker, 1960 dan Tipsword Setser, dan Smith, 1966).

### **Hubungan Stratigrafi**

Hubungan stratigrafi antara satuan kalkarenit Ledok adalah selaras diatas satuan napal Wonocolo. Hal ini dibuktikan dengan data lapangan yang tidak adanya perbedaan kedudukan perlapisan batuan dan kontak berangsur di lokasi pengamatan. Berdasarkan hasil analisis nannofosil tidak terjadi selang waktu sedimentasi, dimana Satuan Napal Wonocolo (NN8–NN11) dan Satuan kalkarenit Ledok berumur (NN11–NN13) atau Miosen Akhir–Pliosen Awal (Martini 1971) secara menerus sedimentasinya.

### 3) Satuan Napal Mundu

Penamaan satuan napal Mundu berdasar litologi yang dominan berupa napal massif, tebal dan banyak mengandung foraminifera yang mencirikan litologi pada Formasi Mundu sehingga dinamakan satuan napal Mundu. Formasi Mundu itu sendiri pada Awalnya disebut sebagai *Mundu stage* oleh Trosster (1937) kemudian oleh Van Bemmelen (1949) disebut sebagai *Globigerina Marls* dan oleh Marks (1957) satuan ini diresmikan sebagai Formasi Mundu.

**Ciri Litologi** Satuan napal Mundu ini tersusun oleh napal yang banyak mengandung foraminifera plankton dan berstruktur masif tebal dan berwarna abu kehijauan dan putih kecoklatan. Secara stratigrafis terletak selaras di atas satuan batugamping kalkarenit Formasi Ledok. (**Gambar 3.13**).

**Penyebaran** satuan ini menempati  $\pm 20\%$ , dan ketebalan berdasarkan penampang Geologi 150–200 meter.

**Umur** Satuan Napal Mundu berdasarkan analisis sampel nomer A205, A215, A225, A235, A255, A255, A275, A285, A300, A345, A360, A65, A385 dengan dijumpainya pemunculan awal (FO. *Discoaster asymmetricus*, pemunculan akhir (LO. *Reticulofenestra pseudoumbilicus* dan pemunculan akhir *Discoaster surculus* disimpulkan bahwa umur satuan ini berkisar dari NN13–NN16 (Pliosen Awal–Pliosen Tengah) ) klasifikasi Martini 1971.





**Gambar 3.13.** Singkapan napal warna biru kehijauan, Struktur masif pada Satuan Napal Mundu (MAF62).



**Gambar 3.14.** Singkapan napal masif pada Satuan Napal Mundu (MA28F)

Lingkungan pengendapan berdasarkan aspek fisik litologi yang dominan adalah batuan klastik halus berukuran lempung, struktur masif dan aspek kimia mineral karbonat

pada batuan menunjukkan lingkungan laut. Berdasarkan kandungan fosil foraminifera bentos yaitu: *vaginulinopsis subelegans*, *Bolivina spatulata*, *Bulimina alazanensis*, *Gyroidina soldanii*, *Nonion pompilioides*, *Dentalina subsoluta* disimpulkan bahwa lingkungan bathimetrinya Bathial Atas–Bathial Bawah (200–2000) meter (menurut klasifikasi Tipsword, Smith, Setser, 1961 dan Wright Barker ,1960)

#### **4) Satuan Batulempung-karbonatan Lidah**

Penamaan Satuan ini berdasarkan litologi yang dijumpai di lapangan yang didominasi oleh batulempung karbonatan berstruktur masif dan terdapat pecahan cangkang moluska, hal ini merupakan penciri satuan pada Formasi Lidah. Berdasarkan data tersebut dinamakan satuan batulempung karbonatan Lidah.



**Gambar 3.15.** Batulempung berstruktur masif pada Satuan Batulempung–karbonatan Lidah (MAF65).

**Ciri Litologi** Batulempung: warna putih kehijauan, mengandung fosil foraminifera, berstruktur massif di beberapa singkapan terdapat pecahan cangkang moluska. Dapat dilihat pada (**Gambar 3.15 dan gambar 3.16**).

Penyebaran satuan ini menempati sekitar 35 %, dengan ketebalan berdasar penampang geologi  $\pm 170\text{-}200$  meter.



**Gambar 3.16.** Batulempung berstruktur masif pada Satuan Batulempung–karbonatan Lidah (MAF30)

**Umur** Satuan batulempung karbonatan Lidah berdasarkan pemunculan spesies fosil nannoplankton yaitu pemunculan akhir (LO) dari *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, *Discoaster surculus*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster brouweri* maka disimpulkan bahwa satuan ini berumur NN16–NN18 (Pliosen Tengah–Pliosen Akhir). Penentuan umur ini juga disertai fosil pemunculan akhir *Discoaster asymmetricus*, *Coccolithus pliopelagicus*, *Coccolithus pelagicus*, *Ponthosphaera*

*japonica*, *Reticulofenestra minuta*, *Reticulofenestra minutula*, *Scapolithus fossilis*, *Schyposphaera ventriosa*.

Lingkungan pengendapan berdasarkan aspek fisik yaitu bahwa litologi yang dominan adalah batuan klastik halus berukuran lempung dengan struktur masif dan aspek kimia dengan dijumpainya sedikit karbonat dan lebih banyak mengandung cangkang moluska disimpulkan bahwa lingkungannya adalah laut. Berdasarkan kandungan fosil foraminifera bentos yaitu: *Uvigerina peregrina*, *Bolivina spatulata*, *Gyroidina soldanii*, *Amphicoryna separans*, *Dentalina guttifera* disimpulkan bahwa lingkungan bathimetrinya Neritik Luar–Bathial Atas (200–500) meter (menurut klalsifikasi Tipsword, et al.,(1961).

## **BAB 4. BIOSTRATIGRAFI**

### **4.1. Tinjauan Umum**

Biostratigrafi adalah elemen stratigrafi / ilmu yang mempelajari distribusi fosil–fosil dalam catatan / rekaman stratigrafi serta mengelompokkan lapisan–lapisan batuan secara sistematis menjadi satuan–satuan bernama berdasarkan kandungan dan penyebaran fosilnya. Penggolongan lapisan–lapisan batuan berdasarkan kandungan fosilnya tersebut menghasilkan satuan biostratigrafi, yakni tubuh lapisan batuan yang dikenali berdasarkan kandungan fosil atau ciri–ciri paleontologi sebagai sendi pembeda tubuh batuan di sekitarnya. Kelanjutan satuan biostratigrafi ditentukan oleh penyebaran gejala paleontologi yang mencirikannya (Komisi Sandi Stratigrafi, 1996).

Satuan dasar biostratigrafi dinamakan zona. Zona merupakan suatu lapisan atau tubuh lapisan batuan yang dicirikan oleh suatu takson atau lebih. Urutan tingkatan satuan biostratigrafi resmi dari besar sampai kecil adalah superzona, zona, subzona, dan zonula.

**Zona** merupakan penunjuk umur, yang dapat dijadikan dasar korelasi tubuh lapisan batuan yang satu dengan tubuh lapisan batuan yang lainnya serta untuk mengetahui kedudukan kronostratigrafi tubuh lapisan batuan. Berdasarkan keberadaan fosil–fosil yang mencirikan, zona dibedakan menjadi empat macam sesuai dengan macam–macam zona biostratigrafi dalam Sandi Stratigrafi Indonesia (1996), yaitu zona selang, zona kumpulan, zona puncak, dan zona kisaran (Gambar 3.1).

**Zona selang (*interval zone*)** adalah selang stratigrafi antara dua horizon biostratigrafi (horizon biostratigrafi yaitu awal atau akhir pemunculan takson–takson penciri), secara umum berguna untuk korelasi tubuh–tubuh lapisan batuan. Batas atas dan bawah suatu zona selang ditentukan oleh horizon pemunculan awal atau akhir suatu takson penciri.

**Zona kumpulan (*assemblage zone*)** adalah tubuh lapisan batuan yang dicirikan oleh kumpulan alamiah fosil yang khas atau kumpulan suatu jenis fosil. Batas dan kelanjutan zona kumpulan ditentukan oleh batas terdapatnya kebersamaan (kemasyarakatan) unsur–unsur utama dalam kesinambungan yang wajar, berguna sebagai penunjuk lingkungan pengendapan purba.

**Zona puncak (*acme zone*)** adalah tubuh lapisan batuan yang menunjukkan perkembangan maksimum suatu takson tertentu (pada umumnya perkembangan maksimum adalah jumlah maksimum populasi atau takson dan bukan seluruh kisarannya), batas vertikal dan horizontal zona ini pada umumnya bersifat subjektif, berguna untuk menunjukkan kedudukan kronostratigrafi tubuh lapisan batuan, juga sebagai penunjuk lingkungan pengendapan.

**Zona kisaran (*range zone*)** adalah tubuh lapisan batuan yang mencakup kisaran stratigrafi unsur terpilih dari kumpulan seluruh fosil yang ada (zona kisaran dapat berupa kisaran umur suatu takson, kumpulan takson, takson–takson yang bermasyarakat, silsilah takson atau paleontologi yang lain yang menunjukkan kisaran). Batas dan kelanjutan zona kisaran ditentukan oleh penyebab vertikal maupun horizontal takson yang mencirikannya,

berguna untuk korelasi tubuh batuan dan sebagai dasar penamaan batuan–batuan dalam skala waktu geologi.

#### **4.2. Standar Zonasi Nannoplankton**

Fosil Nannoplankton disebut juga nanofosil, yang terdiri atas *coccolith* dan *nannolith*. *Coccolith* merupakan pecahan kalsit mikroskopis dengan struktur tertentu yang dihasilkan oleh alga laut bersel satu *coccolithoporiid*. Sedangkan *nannolith* merupakan kerangka kalsit organik kecil yang asal–usulnya tidak diketahui. (Perch – Nielsen, 1985).

Biostratigrafi nannofosil yang digunakan sebagai standar dalam penelitian ini mengacu klasifikasi biostratigrafi menurut Jan Backman et al., 2012, yang dikorelasikan dengan klasifikasi biozonasi menurut Martini., 1971 dan Okada dan Bukry., 1980. Biostratigrafi disusun berdasarkan pemunculan awal (*First Occurrence/FO* atau *Base/B*) dan pemunculan akhir (*Last Occurrence/LO* atau *Top/T*)) dari takson nannofosil tertentu (**Gambar 4.1**).

Biozon/Biozona disajikan dalam urutan kronologis, dari tua ke muda, dengan menggunakan kode biozon CNM dan CNPL, yang merupakan sistem kode untuk biozon Miosen sampai Holosen nannofosil. Kode gabungan Pliosen dan Plistosen dalam kode biozone dikelompokkan menjadi dua unit: *Plio-Pleistocene* (PL) dan *Miocene* (M) dan pengikut kode yang digunakan (CN = *Calcareous Nannofossil*):

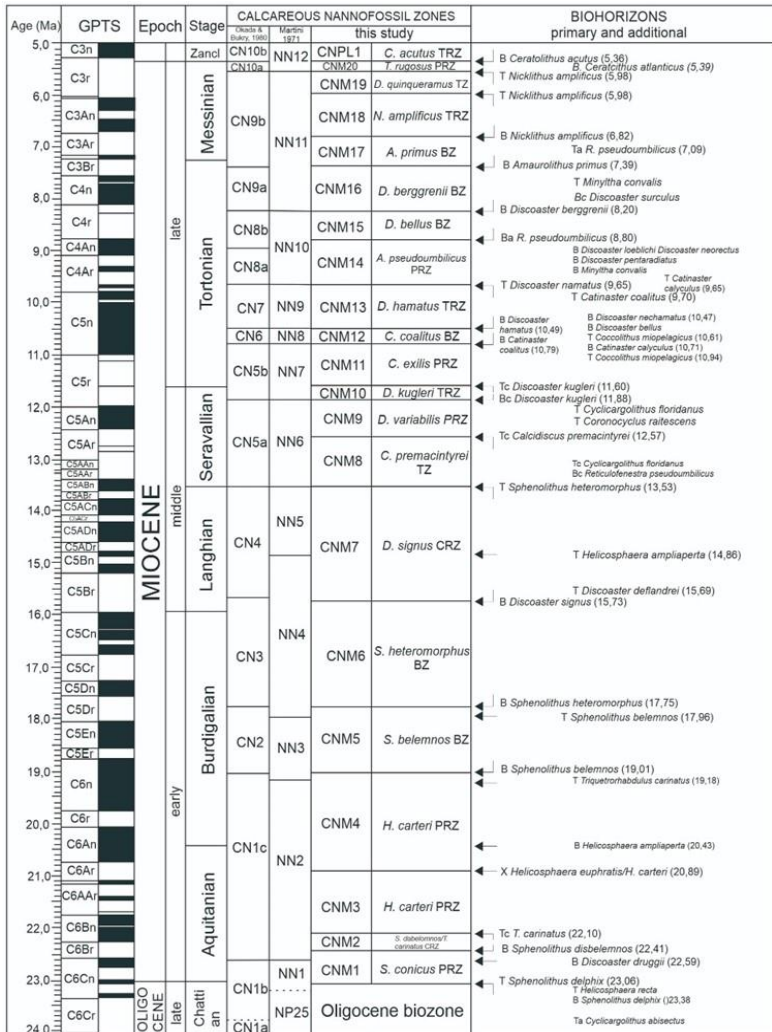
1. CNM (*Calcareous Nannofossil Miocene*) terdiri dari CNM1 hingga CNM20
2. CNPL (*Calcareous Nannofossil Plio-Pleistocene*) terdiri dari CNPL1 - CNPL11

Toleransi kesalahan perkiraan umur rata-rata untuk 41 biohorizon Miosen adalah 0,02 Ma, dan untuk 27 biohorizon Pliosen-Plistosen adalah 0,007 Ma yang dihitung berdasarkan kedalaman dibagi dengan laju sedimentasi. Zonasi CNM dan CNPL dalam konteks kronostratigrafi, dan perbandingan dengan Martini (1971) dan Okada dan Bukry (1980). Zonasi Miosen dan Zonasi Pliosen-Plistosen, ditunjukkan pada **Gambar 4.2.dan 4.3).**

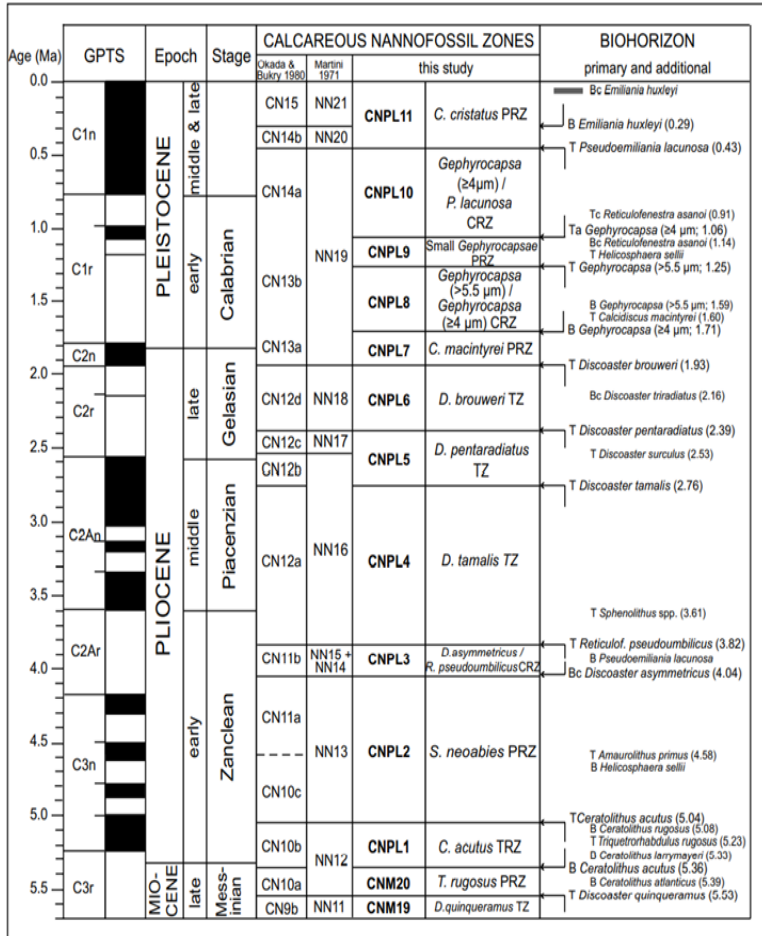
Penyusunan Biozona Jan Backman et al., 2012 menggabungkan konsep yang berbeda, yaitu mengikuti Wade et al. (2011) yang membagi zonasi menjadi 5(lima) jenis biozon yang dapat didasarkan pada distribusi stratigrafi taksa nannofossil gampingan (**Gambar 4.2 dan 4.3).** Zona-zona ini meliputi: 1. *Taxon Range Zone (TRZ)*, 2. *Concurrent Range Zone (CRZ)*, 3. *Base Zone (BZ)*, 4. *Top Zone (TZ)*, 5. *Partial Range Zone (PRZ)*.

Wade et al. (2011) menggunakan kode (*Last Occurrence/LO*) dan *First Occurrence/FO*, Backman menggunakan kode *Base (B)* dan *Top (T)*, masing-masing, untuk menggambarkan kejadian stratigrafi terendah dan tertinggi dari taksa (**Gambar 4.4).**

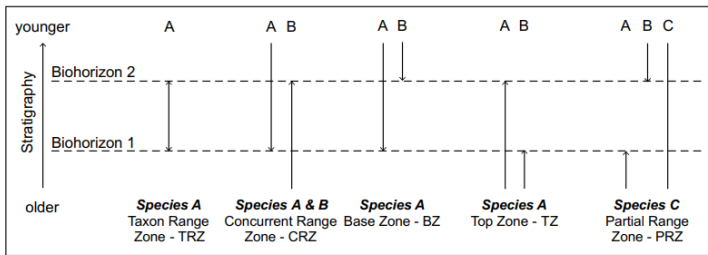




**Gambar 4.1.** Biozon dan Biohorizon Miosen berdasarkan biozonasi Martini (1971) dan Okada dan Bukry (1980), dan Skala Waktu Polaritas Geomagnetik (GPTS; Lourens et al. 2004) dalam J. Backman et al., 2012.



**Gambar 4.2.** Biozon dan Biohorizon Pliosen dan Plistosen berdasarkan zonasi "standar" (Okada dan Bukry 1980, Martini 1971) dan Skala Waktu Polaritas Geomagnetik (GPTS; Lourens et al. 2004). Tahap Plistosen Tengah dan akhir belum ditentukan secara formal



**Gambar 4.3** Biozona dalam biostratigrafi (Wade et.al., 2011, dalam J. Backman et.al., 2012)

Biostratigrafi daerah penelitian disusun berdasarkan data dari 14 Lintasan Pengukuran Stratigrafi terukur, dengan jumlah sampel (304)

#### 4.3. Biostratigrafi Daerah Kedewan

Hasil analisis nannofosil dari 41 sampel batuan, terdapat 19 genus dengan 51 spesies. Genus yang dijumpai adalah *Amaurolithus*, *Calcidiscus*, *Ceratholithus*, *Coccolithus*, *Coronocyclus*, *Discoaster*, *Emiliania*, *Gephyrocapsa*, *Helicosphaera*, *Pyrocyclus*, *Ponthisphaera*, *Pseudoemiliania*, *Reticulofenestra*, *Rhabdosphaera*, *Scapolithus*, *Schysposphaera*, *Sphenolithus*, *Thoracosphaera*, *Umbilicosphaera*.

Spesies yang dijumpai adalah *Amaurolithus tricorniculatus*, *Calcidiscus* (*leptoporus*, *macintyre*), *Ceratholithus* (*acutus*, *cristatus*, *rugosus*), *Coccolithus* (*separatus*, *miopelagicus*, *pelagicus*, *plioelagicus*), *Coronocyclus* *nitescens*, *Discoaster* (*asymmetricus*, *berggreni*, *brouweri*, *challengeri*, *intercalaris*, *kugleri*, *pentaradiatus*, *perplexus*, *hamatus*, sp, *surculus*, *tristellifer*, *variabilis*), *Emiliania* *huxleyi*, *Gephyrocapsa*

(caribbeanica, oceanica), **Helicosphaera** (carterii, selli, granulata), **Pyrocyclus** hermosus, **Ponthosphaera** (indooceanica, japonica), **Pseudoemiliana** lacunosa, **Reticulofenestra** (minuta, minutula, pseudoumbicus, rotaria), **Rhabdosphaera** clavigera, **Scapolithus** fossilis, **Schyposphaera** (apsteini, aranta, globulata, lagena, recuroata, ventriosa), **Sphenolithus** (abies, belemnos, neoabies), **Thoracosphaera** saxeae, **Umbilicosphaera** sibogae. (Lampiran 4.1).

| FORMASI | SATUAN BATUAN           | UMUR                           | ZONA NANOFOFOSIL (J.BACKMAN et. al., 2012) | NOMER SAMPEL | KEDALAMAN (meter) | BIOSTRATIGRAFI                             |                     |                                                                               |
|---------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|--------------|-------------------|--------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|         |                         |                                |                                            |              |                   | BIODATUM                                   | ZONA                | NAMA ZONA BIOSTRATIGRAFI                                                      |
| LIDAH   | BATU LEMPUNG KARBONATAN | PLIOSEEN AWAL                  | CNPL7-CNPL8                                | 41           | 4,1               |                                            |                     | <i>Zona Parsial Emiliana huxleyi</i>                                          |
|         |                         |                                |                                            | 40           | 12,5              | <i>FO.Emiliana huxleyi</i>                 | PARSIAL CNPL9       |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 39           | 20,3              | <i>FO.Gephyrocapsa oceanica</i>            | SELANG CNPL8        | <i>Zona Selang Gep.oceanica-Emiliana huxleyi</i>                              |
|         |                         |                                |                                            | 38           | 26,4              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 37           | 33,8              | <i>FO.Gephyrocapsa caribbeanica</i>        | SELANG CNPL7        | <i>Zona Selang Discoaster brouweri-Gephyrocapsa caribbeanica</i>              |
|         |                         |                                |                                            | 36           | 38,1              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 35           | 42,2              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 34           | 47,4              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 33           | 49,6              | <i>LO.Discoaster brouweri</i>              | SELANG CNPL6        | <i>Zona Selang Discoaster pentaradiatus - Discoaster brouweri</i>             |
|         |                         |                                |                                            | 32           | 8,6               |                                            |                     |                                                                               |
| MUNDU   | NAPAL                   | PLIOSEEN AWAL - PLIOSEEN AKHIR | CNPL2-CNPL6                                | 31           | 20,8              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 30           | 33,7              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 29           | 42,7              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 28           | 53,1              | <i>LO.Discoaster pentaradiatus</i>         | SELANG CNPL5        | <i>Zona Selang D.surculus - Discoaster pentaradiatus</i>                      |
|         |                         |                                |                                            | 27           | 67,1              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 26           | 82,7              | <i>LO.Discoaster surculus</i>              | SELANG CNPL4        | <i>Zona Selang Reticulofenestra pseudoumbilicus - Discoaster surculus</i>     |
|         |                         |                                |                                            | 25           | 99,7              |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 24           | 118,4             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 23           | 135,9             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 22           | 148,4             | <i>LO.Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> | SELANG CNPL3        | <i>Zona Selang Discoaster asymmetricus - Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> |
| LEDOEK  | BATU GAMPING KALKARENIT | MIOSEEN AKHIR                  | CNM14-CNPL2                                | 21           | 155,9             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 18           | 183,5             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 13           | 230,5             | <i>FO.Discoaster</i>                       |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 12           | 240,6             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 11           | 256,3             | <i>FO.Ceratholithus rugosus</i>            | SELANG CNPL2        | <i>Zona Selang Ceratholithus rugosus-D.asymmetricus</i>                       |
|         |                         |                                |                                            | 10           | 279,3             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 9            | 301,4             | <i>FO.Discoaster surculus</i>              | KISARAN CNM16-CNM20 | <i>Zona Kisaran D.surculus-Cer.rugosus</i>                                    |
|         |                         |                                |                                            | 8            | 322,4             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 7            | 351,4             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 4            | 391,6             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                | CNM15                                      | 3            | 410,0             | <i>FO.Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> | SELANG CNM15        | <i>Zona Selang R.pseudoumbilicus - D.surculus</i>                             |
|         |                         |                                |                                            | 2            | 427,8             |                                            |                     |                                                                               |
|         |                         |                                |                                            | 1            | 447,8             |                                            | PARSIAL CNM14       | <i>Zona Parsial R.pseudoumbilicus</i>                                         |

**Gambar 4.4** Zona Biostratigrafi daerah Kedewan

Hasil Analisis nannofosil Banyuurip, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Blora Dalam penyusunan biostratigrafi ini digunakan zona biostratigrafi menurut Jan Backman, et al., 2012. terdapat 9 Zona Selang, 1 Zona

Kisaran dan 2 Zona Parsial (**Gambar 4.4**). Urutan zona sebagai berikut:

**1) Zona Parsial CNM14 - Zona Parsial *Reticulofenestra pseudoumbilicus***

**Definisi Zona:** Batas bawah zona ini tidak diketahui, sedangkan batas atasnya dicirikan oleh pemunculan awal/ *FO.R.pseudoumbilicus* (8,8 Ma),

**Perkiraan umur:** Lebih tua dari 8,8 Ma (Miosen Akhir).

**Keterangan:** Zona ini setara dengan Zona NN10 (Martini, 1971) dan CN8b (Okada & Bukry, 1980), setara dengan umur absolut 8,8 Ma.

**Kedalaman:** 427,8m.

**2) Zona Selang CNM15 - Zona Selang *R. Pseudoumbilicus- Discoaster surculus***

**Definisi Zona:** *FO.R.pseudoumbilicus* (8,8 Ma), dan *FO.D.surculus* (7.88 Ma).

**Perkiraan umur:** 1,93 Ma sd 1,26 Ma (Pliosen Akhir).

**Kedalaman:** (427,8-322,4) m

**Keterangan:** Zona ini setara dengan Zona NN10 (Martini, 1971) dan CN8b (Okada & Bukry, 1980).

**3) Zona Kisaran CNM16–CNM20/CNPL1? atau Zona Kisaran *Discoaster surculus -Ceratolithus rugosus***

**Definisi Zona:** ditandai *FO.D.surculus* (7.88 Ma) dan *FO.C.rugosus* (5,08 Ma).

**Perkiraan umur:** 1,93 Ma sd 1,26 Ma (Miosen Akhir-Pliosen Awal).

**Kedalaman:** (322,4-279,3) m

**Keterangan:** Zona ini setara dengan Zona NN11-NN12 (Martini, 1971) dan CN9a-CN10a (Okada & Bukry, 1980). Pada batas atas CNM20 di kedalaman 279,3 m merupakan *unconformity*, yang ditunjukkan adanya *reworked* fosil FO.*Ceratolithus acutus* (5,36 Ma) yang muncul bersama dengan FO.*Ceratolithus rugosus* (5,08).

**4) Zona Selang CNPL2 atau Zona Selang *Ceratolithus rugosus* - *D.asymmetricus***

**Definisi Zona:** ditandai FO.*C.rugosus* (5,08 Ma) dan FO.*D.asymmetricus* (4,04 Ma),

**Perkiraan umur:** 5,08 Ma sd 4,04 Ma (Pliosen Awal).

**Kedalaman:** (279,3-223,0) m

**Keterangan:** Zona ini setara dengan Zona NN13 (Martini, 1971) dan CN10c-CN11a (Okada & Bukry, 1980).

**5) Zona Selang CNPL3 atau Zona Selang *Discoaster asymmetricus*-*R.pseudoumbilicus***

**Definisi Zona:** FO.*D.asymmetricus* (4,04 Ma) dan LO.*R.pseudoumbilicus* (3,82 Ma).

**Perkiraan umur:** 4,04 Ma sd 3,82 Ma (Pliosen Awal).

**Kedalaman:** (223-148,4) m

**Keterangan:** Zona ini setara dengan Zona NN14-NN15 (Martini, 1971) dan CN11b (Okada & Bukry, 1980).

**6) Zona selang CNPL4 *R.pseudoumbilicus* - *Discoaster surculus***

**Definisi Zona:** ditandai LO. *R.pseudoumbilicus* (3,82 Ma) dan LO. *Discoaster surculus* (2,53 Ma).

**Perkiraan umur:** 3,82 Ma-2,53 Ma (Pliosen Tengah).

**Kedalaman:** (135,9-82,7) m

**Keterangan:** setara Zona NN16 (Martini, 1971) dan CN12a (Okada & Bukry, 1980).

**7) Zona Selang CNPL5 *Discoaster surculus* - *Discoaster pentaradiatus*.**

**Definisi Zona:** Berdasarkan zonasi J.Backman et al., 2012 zona ini ditandai dengan LO. *R.pseudoumbilicus* (3,82 Ma) dan LO. *D.pentaradiatus* (2,39 Ma).

**Perkiraan umur:** 3,82 Ma sd 2,39 Ma (Pliosen Tengah-Pliosen Akhir).

**Kedalaman:** (53,1-82,7-) m

**Keterangan:** Zona ini setara dengan Zona NN16 (Martini, 1971) dan CN12b (Okada & Bukry, 1980). Zona ini menurut Okada-Bukry (1980) terbagi menjadi 3 zona yaitu

- Zona CN12a atau NN16 (Martini, 1971), kedalaman (148,4-118,4) m, yang ditandai dengan LO. *R.pseudoumbilicus* (3,82 Ma) dengan LO.*S.neoabies* (3,54 Ma) sebagai batas Pliosen Awal dengan Pliosen Tengah.
- Zona CN12b atau NN16 (Martini, 1971), kedalaman (118,4-82,7) m, yang ditandai dengan *S. neoabies* (3,54 Ma) dan LO. *Discoaster surculus* (2,53 Ma)
- Zona CN12c atau NN17 (atas) menurut Martini 1971, di kedalaman (82,7-53,1) m, yang ditandai dengan LO.*Discoaster surculus* (2,53 Ma) dan LO.*D.pentaradistus* (2,39 Ma).

**8) Zona Selang CNPL6 *Discoaster pentaradiatus*-*Discoaster brouweri*.**

**Definisi Zona:** ditandai LO *D.pentaradiatus* (2,39 Ma), dan *D.brouweri* (1,93 Ma).

**Perkiraan umur:** 2,39 Ma sd 1,93 Ma (Pliosen Akhir-Plistosen Awal).

**Kedalaman:** (53,1-52) m

**Keterangan:** setara Zona NN18 (Martini, 1971) dan CN12d (Okada & Bukry, 1980).

**9) Zona Selang CNPL7 *D brouweri*- *Gephyrocapsa caribbeanica* atau Zona Selang *Discoaster brouweri*- *Gephyrocapsa oceanica***

**Definisi Zona:** ditandai LO.*D.brouweri* (1,93 Ma) dan FO.*G.caribbeanica* (1,71 Ma).

**Perkiraan umur:** 1,93 Ma sd 1,71 Ma (Plistosen Awal).

**Kedalaman:** (52-33,8) m

**Keterangan:** Zona ini setara dengan Zona NN19 (Martini, 1971) dan CN13a (Okada & Bukry, 1980). Pada batas bawahnya merupakan unconformity Pliosen Akhir-Plistosen Awal, pada kedalaman 33,8, yang ditunjukkan adanya fosil rombakan LO.*Pseudoemiliana lacunosa* (0,43 Ma)

**10) Zona Selang CNPL8–Zona Selang *G.caribbeanica* - *G.oceanica***

**Definisi Zona:** ditandai FO.*G.caribbeanica* (1,71 Ma) dan FO.*G.oceanica* (1,06 Ma).

**Perkiraan umur:** 1,71 Ma sd 1,06 Ma (Plistosen Awal).

**Kedalaman:** (33,8-26,4) m

**Keterangan:** setara Zona NN19 (Martini, 1971) dan CN13b (Okada & Bukry, 1980).

**11) Zona Parsial CNPL9 atau Zona Parsial *Emiliana huxleyi***



**Definisi Zona:** ditandai FO.*Emiliana huxleyi* (0,24 Ma) dan batas atas tidak diketahui.

**Perkiraan umur:** 0,24 Ma sd lebih muda (Plistosen Tengah).

**Keterangan:** Zona ini berumur CNPL9 (Plistosen Tengah) setara Zona NN19 (Martini, 1971) dan CN13b (Okada & Bukry, 1980) dengan umur absolut 0,24 Ma.

**Kedalaman:** 12,5 m.

## **BAB 5. KECEPATAN SEDIMENTASI**

### **5.1. Tinjauan Umum**

Perkembangan cekungan dalam penelitian ini ditinjau berdasarkan material pengisi cekungan yang dilakukan melalui pendekatan perhitungan kuantitatif kecepatan (laju) sedimentasi (*Rate of Sedimentation / RoS*) dan dimodifikasi menggunakan kurva *burial history*. Berdasarkan hasil analisis diharapkan dapat diketahui faktor pengontrol pembentukan litologi yang dijumpai, bagaimana perkembangan kecepatan, ketebalan sedimen dan ukuran butir sedimennya. Kurva *Burial history* ini dapat dikembangkan untuk menjelaskan sebuah proses sedimentasi dan subsiden dari suatu cekungan sejak sedimen mulai mengalami penurunan/subsiden, yang merupakan evolusi geodinamik berdasarkan parameter akumulasi, kompaksi, pengangkatan, dan denudasi.

### **5.2. Kecepatan Sedimentasi Derah Kedewan**

Kecepatan (laju) rata-rata sedimentasi akan dibahas berdasarkan zona tertua di setiap lokasi mulai Miosen Akhir (batas Pliosen bawah) hingga yang termuda yaitu Plistosen. Hasil kecepatan rata-rata sedimentasi setiap lintasan sebagai berikut (**Tabel 5.1**)

Pada lokasi ini, sedimentasi dimulai dari Miosen Akhir (CNM15-CNPL9) sebagai batas bawah dari sedimen Satuan Batugamping Ledok dan yang termuda pada Satuan Batulempung Lidah, dengan 10 perubahan kecepatan sedimentasi. Batas bawah dimulai dari sedimen Miosen Akhir/CNM15 dan batas atas pada Plistosen/CNPL10).

**Tabel 5.1.** Biostratigrafi dan Kecepatan sedimentasi  
Lokasi Banyuurip, Kedewan, Blora

| Umur (Lokasi 3)                   | Klasifikasi Zonasi menurut |                         |                          | Top             |             | Bottom          |             | Thickness<br>(m) | Duration<br>(m.y.) | LSR*   |       |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--------------------|--------|-------|
|                                   | Martini<br>(1971)          | Okada & Bukry<br>(1980) | J.Backman, dkk<br>(2012) | Depth<br>(mbsf) | Age<br>(Ma) | Depth<br>(mbsf) | Age<br>(Ma) |                  |                    |        |       |
| 10 Early Pleistocene              | NN19                       | CN13b-CN14a             | CNPL9 ?                  | 12,50           | 0,24        | 26,40           | 1,06        | 13,90            | 0,82               | 16,95  | 1,70  |
| 9 Early Pleistocene               | NN19                       | CN13b                   | CNPL8                    | 26,40           | 1,06        | 33,80           | 1,71        | 7,40             | 0,65               | 11,38  | 1,14  |
| 8 Late Pliocene-Early Pleistocene | NN19                       | CN13a                   | CNPL7                    | 33,80           | 1,71        | 52,00           | 1,93        | 18,20            | 0,22               | 82,73  | 8,27  |
| 7 Late Pliocene                   | NN18                       | CN12d                   | CNPL6                    | 52,00           | 1,93        | 53,10           | 2,39        | 1,10             | 0,46               | 2,39   | 0,24  |
| 6 Middle to Late Pliocene         | NN16-NN17                  | CN12b-CN12c             | CNPL5                    | 53,10           | 2,39        | 82,70           | 2,53        | 29,60            | 0,14               | 211,43 | 21,14 |
| 5 Middle Pliocene                 | NN16                       | CN12a                   | CNPL4                    | 82,70           | 2,53        | 148,40          | 3,82        | 65,70            | 1,29               | 50,93  | 5,09  |
| 4 Early Pliocene                  | NN14-NN15                  | CN11b                   | CNPL3                    | 148,40          | 3,82        | 223,00          | 4,04        | 74,60            | 0,22               | 339,09 | 33,91 |
| 3 Early Pliocene                  | NN13                       | CN10c-CN11a             | CNPL2                    | 223,00          | 4,04        | 279,30          | 5,08        | 56,30            | 1,04               | 54,13  | 5,41  |
| 2 Late Miocene                    | NN11-NN12                  | CN9a-CN10a              | CNM16-CNM20              | 279,30          | 5,08        | 322,40          | 7,88        | 43,10            | 2,80               | 15,39  | 1,54  |
| 1 Late Miocene                    | NN10                       | CN8b                    | CNM15 ?                  | 322,40          | 7,88        | 427,80          | 8,80        | 105,40           | 0,92               | 114,57 | 11,46 |

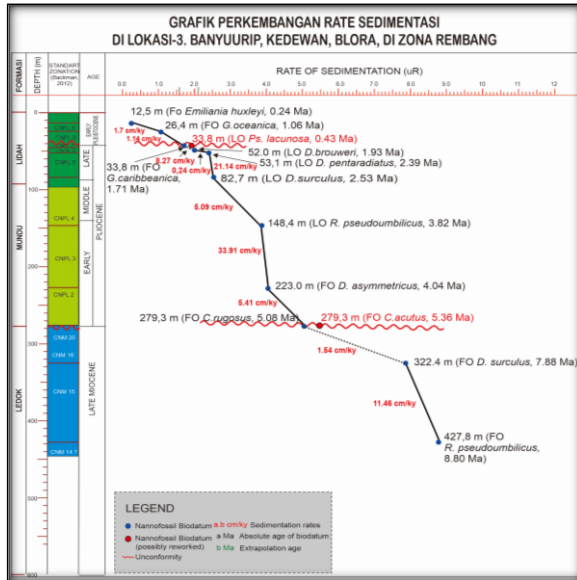
Hasilnya terdapat 11 periode perubahan kecepatan sedimentasi (**Gambar 5.1**). Adapun penjelasannya adalah:

1. Zona CNM15? /Miosen Akhir, kedalaman (427,8-322,4) m, dan RoS 11,46 cm/ky
2. Zona CNM16-CNM20 (Miosen Akhir-Pliosen Awal), kedalaman (322,4-279,3) m, mempunyai kecepatan sedimentasi 1,54 cm/ky yang diperkirakan karena merupakan batas hiatus pada kedalam 279,3 m.
3. Pada kedalaman 279,3 m merupakan batas *unconformity* Zona CNPL1 yang ditandai dengan FO *Ceratolithus rugosus* (5,08Ma) dan *Ceratolithus acutus* (5,36 Ma) sebagai fosil rombakan.
4. Zona CNPL2/ Pliosen Awal, di kedalaman (279,3-223) m, dan RoS 5,41 cm/ky.
5. Zona CNPL3 (Pliosen Awal), di kedalaman (223-148,4) m, dan RoS 33,91 cm/ky.
6. Zona CNPL4 (Pliosen Tengah), kedalaman (148,4-82,7) m, dan RoS 5,09 cm/ky.

7. Zona CNPL5 (Pliosen Tengah-Akhir), kedalaman (82,70-53,1) m, RoS 21,14 cm/ky.
8. Zona CNPL6 (Pliosen Akhir), pada kedalaman (53,1-52,0) m, dan RoS 0,24 cm/ky.
9. Zona CNPL7 (Pliosen Akhir), di kedalaman (52,0-33,8) m, dan RoS 8,27 cm/ky. Pada kedalaman 33,8 m ini merupakan batas Pliosen Akhir ke Plistosen (CNPL8), yang ditemukan adanya *unconformity*, yang ditandai dengan pemunculan awal/FO.*Gephyrocapsa caribbeanica* (1,71 Ma) pada contoh batuan yang sama.
10. Zona CNPL8 (Plistosen Awal), pada kedalaman (33,8-26,4) m, dan RoS 1,14 cm/ky.
11. Zona CNPL9? (Plistosen awal), kedalaman (26,4-12,5) m, dan RoS 1,7 cm/ky.

Pada umur Miosen Akhir (CNM15-CNM20), diendapkan Satuan Batugamping Ledok. Pada Zona CNM15, laju sedimentasi sangat cepat (11,46) cm/ky, tebal sedimen (105,4) m, dengan durasi (0,92my), dan pada CNM16-CNM20), proses sedimentasi sangat lambat yaitu (1,54cm/ky), tebal sedimen 43,10m, dengan durasi yang lama (2,0my). Setelah diendapkan Satuan Batugamping Ledok, cekungan mengalami pengangkatan (*unconformity-1*) sehingga selama Zona CNPL1 tidak ada sedimentasi.

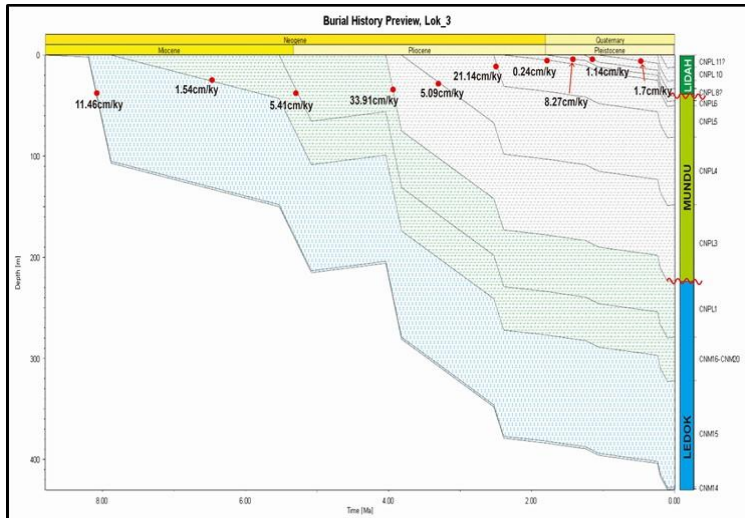
Pada umur Pliosen (CNPL2-CNPL4), diendapkan Satuan Napal Mundu. Perkembangan laju sedimentasi bervariasi yaitu berkisar (1,54-33.91) cm/ky, dengan tebal sedimen berkisar (56,3-74,6) m, dengan durasi (0,22-1,29) my. Laju sedimentasi tercepat dan sedimen paling tebal terjadi pada CNPL3 (33,91cm/ky), tebal sedimen (74,60m), dengan durasi (0,22my).



**Gambar 5.1.** Kecepatan sedimentasi Lokasi Banyuurip, Kedewan, Blora (Zona Rembang)

Pada Pliosen Akhir (CNPL5-CNPL6) diendapkan Satuan Batulempung Lidah hingga Plistosen Awal (CNPL7). Pada Pliosen Akhir (CNPL5), laju sedimentasi masih relative cepat yaitu (21,14cm.ky) dengan tebal sedimen 29,60m, selama durasi (0,14my). Pada Plistosen Awal (CNPL7) ini, cekungan mengalami sedikit pengangkatan (*unconformity-2*), yang ditandai pemunculan akhir (LO) *Pseudoemiliana lacunosa* pada Zona CNPL7.

Pada umur Plistosen Awal (CNPL8-CNPL9), masih diendapkan Satuan Batulempung Lidah dengan laju sedimentasi semakin lambat yaitu dari (1,14-8.27) cm/ky, dengan sedimen menipis (7.40-18.20) m, durasi (0.22-0,82) my.



**Gambar 5.14** Kurva model *burial history* Lokasi Kedewan

**Perkembangan cekungan:** terjadi 2 kali, yaitu setelah Miosen Akhir (CNM20) (***unconformity-1***), setelah diendapkan Satuan Batugamping Ledok di Neritik Luar. Cekungan terangkat sehingga berakibat selama CNPL1 tidak ada sedimentasi. Pada Pliosen Awal (CNPL2), cekungan kembali mengalami penurunan sehingga diendapkan Satuan Napal Mundu di laut dalam (Bathyal) hingga Pliosen Tengah (CNPL4). Pada Akhir Pliosen (CNPL6) cekungan terangkat kembali (***unconformity-2***) dan kemudian

## DAFTAR PUSTAKA

- Backman, J, Isabella Raffi, Domenico Rio, Eliana Fornaciari, and Heiko Pälike, (2012). Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes, *Newsletters on Stratigraphy*, Vol. 45/3, p.221–244
- Bakosurtanal, 1975, Peta Rupabumi Digital Indonesia, Lembar Rembang, Jawa, SKala 1:100.000.
- Barker, R, W.,1960, Taxonomic Notes, Oklahoma USA, Society of Economic *Paleontologist and Mineralogist*, *Special Publication* No.9.
- Blow, 1969. *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy International Conference Planktonic Microfossil*, First Eddition, Genova, Proc. Leiden, E.J. Bull.
- Bolli, M., Saunders, J.B., and Perch-Nielsen, K., (1987). Plankton stratigraphy, *Geological Journal*, Doi: 10.1002/gj.3350220527
- Brian McGowran, 2008. *Biostratigraphy Microfossils and Geological Time*, University of ISBN: 9780521048170, 459p
- Choiriah, S.U., Prasetyadi, C., Kapid, R., and Yudiantoro, D.F., 2020. Nannofossil Distribution and Age of Kendeng Zone in Kalibeng River Section of Kedungringin, Plandaan Area, Jombang, East Java Data. *Indonesian Journal on Geoscience*, 7 (1), p.15-24. DOI: 10.17014/ijog.7.1.15-24

- Genevraye, P. de and L. Samuel, 1972, Geology of the Kendeng zone (Central & east Java): *Bulletin, Indonesian Petroleum Association convention*. Jakarta, h.17–28.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*, IAGI, h. 15-19
- Lemigas, PPPTMGB, 2003. *Pembuatan Prospect dan Lead Serta Play Concept Penemuan Cadangan Migas di Cekungan Selat Madura*, Proyek Peningkatan Cadangan Migas (unpublished)
- Martini, E., 1971. *Standard Tertiary And Quaternary Calcareous Nannoplankton Biozonation*. Dalam: Haq, B.U (ed.), *Nannofossil Biostratigraphy*, Hutchinson Ross Publishing Company, Pennsylvania, h.264–307
- Martodjojo S., 1978. *Sedimentation Regime of East Java*, Geology Department of ITB, Bandung
- Musliki, S., 1991. The Effect of Structural Style to The Hydrocarbon Accumulation in The North East Java Basin, *Proceedings 20<sup>th</sup> annual Convention IAGI*, Jakarta, h. 86-87
- Okada, H. and Bukry, D., 1980. *Supplementary Modification and Introduction of Code Numbers to the Low-Latitude Coccolith Biostratigraphic Zonation*. Dalam: Haq, B.U (ed.), *Nannofossil Biostratigraphy*, Hutchinson Ross Publishing Company, Pennsylvania, h.321–325.
- Perch, K. and Nielsen, (1985). Cenozoic calcareous nannoplankton, in *Plankton Stratigraphy*, H.M. Bolli., J.B. Saunders and K. Perch and Nielsen,



Cambridge Earth Science Series, Cambridge University Press.

Pulunggono dan Martodjojo, S., 1994, Perubahan Tektonik Paleogene – Neogene Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, *Proceeding*, Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa, Percetakan Nafiri, Yogya.

Pringgoprawiro, H., 1983. Biostratigrafi dan palaeogeografi cekungan Jawa Timur Utara pendekatan baru, *Disertasi* Doctor Teknik Geologi, ITB, 239h (tidak dipublikasikan)

Tipsword, H.L., F.M. Setzer., F.L. Smith., 1966. Interpretation of depositional environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from Paleoecology and Related Stratigraphy: *Transaction Gulf Coast, Association of Geology Society*. v.XVI, h.119-130

van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*, IA. Government Printing Office, Martinus Nijhoff, The Hague, 792 p.

[http://www-odp.tamu.edu/publications/207\\_IR/chap\\_08/c8\\_7.htm](http://www-odp.tamu.edu/publications/207_IR/chap_08/c8_7.htm)



**Siti Umiyatun Choiriah**, Semarang, 10 Oktober 1963, Alamat: Jln. Gedongkuning No.30, RT.07/RW.02, Kotagede, Yogyakarta, 55171, Indonesia, Phone: +6285643636379, Email: [umiyatunch@yahoo.com](mailto:umiyatunch@yahoo.com).

**Latar belakang Pendidikan:** S1 (1983-Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta), S2 (1997-Geologi Institut Teknologi Bandung) dan S3 92017-Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta (Sem-5).

**Pengalaman Penelitian:** Penelitian bidang stratigrafi dan mikropaleontologi (foraminifera dan nannoplankton) di Pegunungan Selatan, Zona Kendeng dan Zona Rembang.

Buku “**Aplikasi Biostratigrafi Untuk Interpretasi Kecepatan Sedimentasi di Zona Rembang**” untuk menentukan kecepatan Sedimentasi ini merupakan hasil penelitian Terapan 2020-2021. Buku ini dapat digunakan sebagai referensi bagi mahasiswa untuk melakukan penelitian baik penelitian tugas akhir (skripsi) ataupun thesis (magister) kebumian yang berhubungan dengan paleontologi, stratigrafi dan sedimentology. Daerah yang dipilih untuk studi diharuskan banyak mengandung fosil baik foraminifera maupun nanoofosil. Daerah yang dipilih dalam penelitian ini mengambil di Zona rembang yang kaya akan mikrofosil. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya 11 zona yang terdiri dari 2 Zona Parsial, 1 Zona Rentang dan 8 Zona Interval. Perkembangan laju sedimentasi (RoS) dari Miosen Akhir (CNM15) hingga Pleistosen (CNPL9), terdapat 10 periode perubahan. Laju sedimentasi. Laju sedimentasi tertinggi terdapat pada Zona CNPL3 (Pliosen Awal), yaitu 33,91 cm.ky, dengan ketebalan sedimen 74,6 m. Ketidakselarasan terdapat pada umur Miosen Akhir (CNM20) dan Pleistosen Awal-Tengah (CNPL6).

Tim Penelitan: terdiri Tim Dosen Geologi (Intan Paramita Haty, ST, MT; Edgi Yuda Kaesti, ST, MT dibantu Tim Asisten (Ariq Fadhilah TG’2012) Terimakasih kepada semua Tim peneliti atas kerjasamanya sehingga buku ini bisa selesai.



LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta  
JL.SWK 104 (Ringroad Utara)  
Condong Catur, Depok, Sleman,  
Yogyakarta 55283  
Telp. (0274)486188, 486733

ISBN 978-623-6896-86-0

