

**Aplikasi Nannoplankton**  
untuk Interpretasi Paleotemperatur  
di Zona Kendeng

## UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**Aplikasi Nannoplankton**  
**untuk Interpretasi Paleotemperatur**  
**di Zona Kendeng**

**Siti Umiyatun Choiriah**  
**Mahap Maha**



**APLIKASI NANNOPLANKTON UNTUK INTERPRETASI  
PALEOTEMPERATUR DI ZONA KENDENG**

**Siti Umiyatun Choiriah & Mahap Maha**

Desain Cover :  
**Ali Hasan Zein**

Sumber :  
Penulis

Tata Letak :  
**Gofur Dyah Ayu**

Proofreader :  
**Avinda Yuda Wati**

Ukuran :  
**xiv, 69 hlm, Uk: 14x20 cm**

ISBN :  
**978-623-02-0866-9**

Cetakan Pertama :  
**April 2020**

Hak Cipta 2020, Pada Penulis

---

Isi diluar tanggung jawab percetakan

---

**Copyright © 2020 by Deepublish Publisher**  
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau  
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini  
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT DEEPUBLISH**  
**(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)**  
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman  
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581  
Telp/Faks: (0274) 4533427  
Website: [www.deepublish.co.id](http://www.deepublish.co.id)  
[www.penerbitdeepublish.com](http://www.penerbitdeepublish.com)  
E-mail: [cs@deepublish.co.id](mailto:cs@deepublish.co.id)

## Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Swt., yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga bahan ajar berjudul *Aplikasi Nannoplankton untuk Interpretasi Paleotemperatur di Zona Kendeng* ini bisa diselesaikan.

Dalam kesempatan ini tak lupa kami mengucapkan Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Tim Penelitian Desentralisasi PUPT 2016: Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, M.Sc.; Ir Bambang Triwibowo, M.T.; dan Ir. Mahap Maha, M.T. atas kerja samanya dalam penelitian PUPT dan penyusunan bahan ajar ini. Tim Asisten Peneliti: Desi Lamdasari, Cahyo Ary P. W., Debby Yulfira, Syahrastani Noviansyah Fatahillah, dan Kurniawan Setya Istiadi yang telah banyak membantu pekerjaan di lapangan dan di laboratorium dan pihak LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah membantu dalam proses pengajuan proposal pendanaan Penelitian Desentralisasi PUPT hingga diperolehnya dana penelitian dari Kemenristekdikti 2016 serta Pengurus Jurusan Teknik Geologi yang telah mendukung kepada tim peneliti dari penyusunan proposal hingga terselesainya penyusunan bahan ajar ini.

Buku ini masih terdapat beberapa kekurangan, ketidaksempurnaan baik dalam segi isi maupun cara penyajian. Oleh karena itu, penyusun berharap pembaca memberikan kritik dan saran untuk perbaikan maupun kesempurnaan bahan ajar ini

Yogyakarta, Maret 2020

Siti Umiyatun Ch.  
(Ketua Tim Penyusun)

## Ringkasan

Buku “Aplikasi Nannoplankton untuk Interpretasi Paleotemperatur di Zona Kendeng” ini merupakan buku hasil Penelitian Desentralisasi (PUPT) dari Kemenristekdikti 2016. Buku ini akan membahas biostratigrafi nannoplankton untuk menginterpretasi bagaimana pola perubahan paleotemperatur yang terekam dalam batuan sedimen.

Nannoplankton termasuk Kingdom Protista, Filum Haptophyta. tersusun dari pelat-pelat kalsit yang diproduksi oleh alga marin bersel satu “*coccolithophore*” sebagai sel induk “parent cell” nya, hidup di samudra, komposisi gampingan (*Calcareous Nannoplankton*), ukuran (0,25- 25 $\mu$ m). Nannofosil (fosil nannoplankton) terbukti sangat penting dalam menentukan keberadaan hidrokarbon (Kapid R., 2003), sebagai indikator perubahan iklim global (Sprengel et al., 2002; Bolliet et al., 2011), dan penyusun biostratigrafi (Kapid R., 2003, Hendrizan et al., 2014), dalam Hendrizan et al., 2016).

Stratigrafi Zona Kendeng tersusun dari sedimen klastik gampingan yang menerus, sangat tebal dan berumur Oligosen hingga Plistosen, banyak mengandung fosil dan juga terdapat endapan piroklastik. Daerah penelitian meliputi Bojonegoro, Nganjuk dan Jombang, yang terdiri dari Formasi Kerek, Kalibeng, Sonde dan Formasi Klitik, yang berumur Miosen Akhir-Plistosen. Pada umur ini bumi mengalami perubahan iklim secara global (Zaman Es glasial-interglasial), dimana litologi penyusunnya kaya fosil nannoplankton sehingga sangat baik sebagai obyek penelitian. Penelitian ini menggunakan metode pemetaan permukaan, pengukuran stratigrafi terukur

(*Measurement Section/MS*), dan sampling batuan secara representatif. Preparasi sayatan batuan dengan metode poles/*smear slide*, dan analisis dengan mikroskop polarisasi sejajar nikol dan *cross* Nikol dengan perbesaran 1000x, dan menggunakan *Scanning Electron microscope* (SEM).

Interpretasi paleotemperature ditentukan berdasarkan pola perkembangan nannofosil kelimpahan (*abundance*), keragaman nannofosil (*diversity*), menghitung rasio, mengetahui dimensi spesies tertentu (*Coccolithus* dan *Calcidiscus*, dll), dan melakukan identifikasi spesies tertentu sebagai bukti rekaman adanya perubahan paleotemperatur. Beberapa data tersebut diatas juga akan digunakan sebagai dasar menyusun zonasi biostratigrafi nannofosil dan korelasi antar lintasan-lintasan yang dipilih.

Perubahan paleotemperatur ini cukup signifikan karena terjadi pada batas Miosen-Pliosen dan batas Pliosen-Plistosen, yang ditandai dengan berubahnya temperatur dingin ke hangat dan Hangat ke dingin. Zona ini disimpulkan sebagai awal terjadinya iklim dingin yang cukup besar ditandai dengan musnahnya genus *Discoaster* dan munculnya spesies penciri iklim dingin yaitu *Gephyrocapsa caribbeanica*. Zona dingin ini berada pada satuan batugamping Klitik yang diendapkan pada lingkungan neritik tengah-neritik luar (20-100) meter, sehingga Zaman EsGlacial-Interglacial sangat mempengaruhi keberadaan nanoplankton.

## Daftar Isi

PENGANTAR.....	v
RINGKASAN .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
<b>BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT .....</b>	<b>16</b>
<b>BAB 4. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
<b>BAB 5. HASIL .....</b>	<b>24</b>
<b>BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>54</b>
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN .....	60



## Daftar Tabel

Tabel.5.1. Hasil analisis Nannoplankton ( <i>Diversity/</i> Jumlah penyebaran dan <i>Abundance</i> kelimpahan spesies tertentu sebagai Indikator paleotemperatur Lintasan Sungai, Kalibeng, Jombang.....	35
--	----

## Daftar Gambar

Gambar 1.1.	Peta lokasi daerah penelitian di Bojonegoro, Nganjuk dan Jombang.....	4
Gambar 2.1.	Peta Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara (Van Bemmelen, 1949).....	5
Gambar 2.2.	Stratigrafi Mandala Kendeng (Pringgoprawiro, 1983) .....	7
Gambar 2.3.	Hasil Analisis Isotop Oksigen pada cangkang karbonat pada Inti Batuan pada Jaman Glasial-Interglasial .....	14
Gambar 2.4.	(a) Diagram Persentase serbuk sari dari inti Okute, (b) Temperatur purba direkonstruksi dengan teknik analog modern (kiri) dan perubahan iklim global (kanan). Dimodifikasi dari Sasaki et al. (2006) .....	15
Gambar 5.1.	Peta Lintasan Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro .....	26
Gambar 5.2.	Peta Lintasan Daerah Pinggir, Kec. Lengkong, Kab.Nganjuk .....	27
Gambar 5.3.	Peta Lintasan Daerah Kedungringin. Kec. Plandaan, Kab. Jombang .....	28
Gambar 5.4.	Peta Geologi Daerah Soko, Kab. Bojonegoro .....	29
Gambar 5.5.	Peta Geologi Daerah Pinggir, Kec. Lengkong, Kab. Nganjuk .....	30
Gambar 5.6.	Peta Geologi Daerah Kedungringin, Kec. Plandaan, Kab. Jombang .....	31

Gambar 5.7.	Stratigrafi Daerah Lengkong dan sekitarnya Kec. Nganjuk, Jawa Timur .....	32
Gambar 5.8.	Foto-foto Singkapan batuan Formasi Kerek dan Kalibeng.....	33
Gambar 5.9.	Foto-foto Singkapan batuan Formasi Klitik, Pucangan, dan Sonde.....	34
Gambar 5.10.	Grafik Penafsiran Paleotemperatur Lintasan Sungai Kedungsumber, Daerah Soko, Kecamatan Soko, Kabupaten Bojonegoro. (Biru/Zona Dingin, Hijau/Zona Transisi, Kuning/Zona Hangat).....	38
Gambar 5.11.	Grafik Penafsiran Paleotemperatur Lintasan Sungai Kalibeng, Daerah Kedungringin, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang .....	39
Gambar 5.12.	Grafik Penafsiran Paleotemperatur Lintasan Kaliasin, Daerah Pinggir, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk .....	40
Gambar 5.13.	Grafik beberapa parameter nannoplankton (dari data Tabel 5.4) terhadap analisis paleotemperatur lintasan Kaliasin Daerah Pinggir, Lengkong, Nganjuk. (Biru/zona dingin, Hijau/zona transisi, Kuning/zona hangat).....	41
Gambar 5.14.	Perbandingan zona paleotemperatur peneliti sebelumnya dengan hasil penelitian 2016.....	51

## Daftar Lampiran Foto Hasil Analisis

Gambar B.1.	Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko dan Sekitarnya, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.....	60
Gambar B.2.	Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko dan Sekitarnya, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.....	61
Gambar B.3.	Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur .....	62
Gambar B.4.	Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur .....	63
Gambar B.5.	Nannofossil Lintasan Sungai Kaliasin, Daerah Pinggir dan Sekitarnya, Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur .....	64
Gambar B.6.	Nannofossil Lintasan Sungai Kaliasin, Daerah Pinggir dan Sekitarnya, Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur .....	65
Gambar B.7.	Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur .....	66
Gambar B.8.	Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan	

	sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur .....	67
Gambar B9.	Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur .....	67
Gambar B.10.	Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur .....	67
Gambar B.11.	Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur .....	68
Gambar C.1.	Penampakan nannoplankton dalam pengamatan menggunakan SEM.yang dilakukan Tim temperatur di Pusat Survei Geologi di Bandung .....	69



# **BAB 1. PENDAHULUAN**

## **1.1. Latar Belakang dan Permasalahan**

Cekungan Jawa Timur Utara merupakan cekungan yang kaya akan kandungan minyak bumi. Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara dibagi menjadi dua Mandala (Zona), yaitu Zona Kendeng dan Zona Rembang yang kaya akan minyak bumi. Stratigrafi Mandala Rembang disebut Stratigrafi Rembang, yang tersusun dari endapan paparan, kaya endapan karbonat (batu lempung, napal, batu gamping) dan hampir tidak dijumpai endapan piroklastik. Stratigrafi Zona Kendeng tersusun dari sedimen klastik gampingan dan dijumpai endapan piroklastik.

Zona Kendeng yang diwakili 3 daerah yaitu Daerah Bojonegoro, Nganjuk dan Jombang, yang meliputi Formasi Kerek, Kalibeng, Sonde dan Formasi Klitik. Formasi ini berumur Miosen Akhir-Pleistosen. Pada umur ini bumi mengalami perubahan iklim secara global (zaman Es glasial-interglasial), di mana litologi penyusunnya kaya fosil nannoplankton sehingga sangat baik sebagai obyek penelitian.

Pada zona ini menurut peneliti terdahulu dijumpai endapan batuan Kenozoikum yang tebal, diendapkan secara menerus berumur dari Kala Oligosen hingga Pleistosen, dan banyak mengandung fosil. Berdasarkan ciri litologinya, batuan yang tersingkap pada zona ini dapat dikelompokkan ke dalam sejumlah satuan litostratigrafi resmi, dari tua ke muda adalah: Formasi Pelang, Formasi Kerek, Formasi Kalibeng dengan Anggota Atasangin, Formasi Sonde dengan Anggota Klitik,

Formasi Pucangan, Formasi Kabuh dan Formasi Notopuro. Sedimentasi yang tebal pada zona ini, diendapkan secara menerus dan banyak mengandung mikrofosil, sehingga sebagai salah satu faktor yang sangat baik dan sangat mendukung dalam penelitian.

Studi paleotemperatur dengan nannoplankton belum pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu tetapi peneliti pernah studi paleotemperatur di Lintasan Sungai Bengawan Solo Ngawi Jawa Tengah, dan hasilnya terdapat 12 perubahan paleotemperatur. Paleotemperatur tersebut yaitu 3 temperatur dingin, 4 transisi, dan 5 temperatur hangat/panas (Choiriah, 1999). Penelitian pada lintasan ini tentu kurang representatif untuk Zona Kendeng, sehingga dilakukan pengembangan lebih detail karena adanya perubahan zaman es glasial-interglasial yang terjadi pada kala Pliosen-Pleistosen sehingga sangat berpengaruh terhadap kehidupan flora/fauna di bumi.

Zaman glasial dimulai pada kala Pleistosen yang berlangsung sekitar 600.000 tahun yang lalu. Kala Pleistosen ditandai dengan adanya siklus glasialisasi, yaitu mendinginnya iklim di bumi dan meluasnya lapisan es tebal di kedua kutubnya. Terdapat bukti-bukti bahwa sekurang-kurangnya telah terjadi 8 (delapan) kali zaman es besar (empat di antaranya yang ekstrem, yaitu (*Gunz* -600,000), (*Mindel*-400,000), (*Riss* -200,000), dan (*Wurm* -100,000), diselingi zaman “antar-es” (*interglacial*) yang iklimnya relatif panas (<http://joyarhman.blogspot.com/2014/04/apayang-terjadi-jika-bumi-mengalami.html>).

Terdapat 3 (tiga) bukti yang menunjukkan adanya zaman es, yaitu: bukti geologis, *chemis* dan paleontologis.

1. **Bukti Geologis** zaman es ada bermacam-macam, termasuk ciri pada batuan, *glacial moraines*, *drumlin*, kemiringan batuan dan batuan glasial. Glasial cenderung sulit untuk



dicari bukti geologinya. Teori mengasumsikan bahwa jaman glasial lebih pendek dibanding interglasial. Adanya batuan sedimen dan es menunjukkan kenyataan bahwa jaman glasial lebih panjang dibanding interglasial.

2. **Bukti *Chemis*** sebagian besar terdiri dari variasi rasio isotop pada fosil yang terdapat pada sedimen laut. Untuk periode glasial, air mengandung isotop lebih berat karena mempunyai titik uap yang lebih tinggi, maka proporsinya berkurang dengan kondisi yang lebih dingin. Ini mengakibatkan catatan paleotemperatur dapat diketahui oleh rasio isotop.
3. **Bukti *Paleontologis*** terdiri dari perubahan persebaran geografis fosil. Pada saat periode glasial organisme bersuhu dingin tersebar pada lingkungan lebih rendah, dan organisme yang peka terhadap temperatur yang lebih hangat akan mati/punah. Perubahan zaman es berakibat adanya perbedaan fauna yang hidup pada zaman glasial atau interglasial.. (<http://joyarhman.blogspot.com/2014/04/apayang-terjadi-jika-bumi-mengalami.html>)

Nannoplankton mempunyai tingkat sensitivitas yang sangat besar terhadap perubahan temperatur bumi. Perubahan ini berlangsung di sepanjang waktu geologi sehingga hal ini dapat menjadi dasar asumsi bahwa nannoplankton dapat digunakan sebagai indikator paleotemperatur pada zaman es tersebut. Temperatur atau suhu sebagai pengendali utama perubahan iklim dapat diikuti pada suatu urutan sedimentasi yang menerus. Hal ini sesuai dengan Zona Kendeng yang mempunyai sedimen klastik *marine* (gampingan) yang berumur Miosen hingga Pleistosen dan Zona Rembang yang juga mempunyai sedimen klastik gampingan.

## MAKSUD DAN TUJUAN

### 1.2. Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk pemetaan geologi Zona Kendeng (Bojonegoro, Jombang, Nganjuk) dan mengetahui pola perkembangan nannoplankton nya yang penyebarannya, kelimpahannya, pemunculan spesies tertentu atau *diversity* (jumlah spesies), *abundance* (jumlah individu sebagai akibat adanya perubahan temperatur pada zaman es glasial-interglasial (Pliosen-Pleistosen) di Zona Kendeng maupun Zona Rembang.



Gambar 1.1. Peta lokasi daerah penelitian di Bojonegoro, Nganjuk dan Jombang

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tektono fisiografi Pulau Jawa terbagi menjadi empat satuan tektono fisiografi, berturut-turut dari selatan ke utara adalah: Zona Kendeng, Zona Randublatung, Zona Rembang dan Paparan Laut Jawa (**Gambar 2.1**).



Gambar 2.1. Peta Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara (Van Bemmelen, 1949)

Menurut Pringgoprawiro (1983), Zona Kendeng mempunyai urutan satuan litostratigrafi yang dijumpai pada zona ini, dari yang berumur tua ke muda adalah: Formasi Pelang, terdiri dari napal dan batu lempung dengan sisipan batu gamping kalkarenit; Formasi Kerek, terdiri dari selang-seling napal, batu lempung dan batu pasir; Formasi Kalibeng, terdiri dari napal sisipan batu pasir (dengan Anggota Atasangin yang terdiri dari breksi, batu pasir dan batu lempung); Formasi Sonde terdiri dari napal, batu lempung gampingan, tuf dan batu pasir (dengan Anggota Klitik yang terdiri dari batu gamping); Formasi Pucangan yang terdiri dari breksi tufan, konglomerat, dan batu pasir tufan); Formasi Kabuh, terdiri dari batu pasir tufan kasar dengan struktur sedimen silang-siur, batu lempung, dan konglomerat; dan Formasi Notopuro, tersusun oleh tuf, berselingan dengan batu pasir tufan, breksi vulkanik dan konglomerat. Umur zona ini dari Kala Oligosen (Zaman Tersier) hingga Kala Pleistosen (Zaman Kuartar) (**Gambar 2.2**).

## STRATIGRAFI MANDALA KENDENG

Menurut Harsono P. (1983) Stratigrafi Zona Kendeng terbagi menjadi dua cekungan pengendapan, yaitu Cekungan Rembang (*Rembang Bed*) yang membentuk Pegunungan Kapur Utara, dan Cekungan Kendeng (*Kendeng Bed*) yang membentuk Pegunungan Kendeng. Formasi yang ada di Kendeng adalah sebagai berikut:

AGE	STAGE	ADAMS (1970)	STRATIGRAPHY		LITHOLOGY	DESCRIPTION	
			FM	MEMBER			
0.5	HOLOCENE		TRMHL				
2	PLEISTOCENE		MOTORLURO (Mgpt)			Laharic breccia, tuff, tuffaceous sandstone	
10	MIOCENE		KEREK (Tmk)	Upper			Fluviatile cross-bedded sandstone Volcanic conglomerate, sandstone, black clay Marl, calcareous claystone, tuff, sandstone with Balanus and Molluscs Coralline limestone, bedded Globigerina limestone Massive Globigerina marl with intercalations of graded sandstone, volcanic breccia and tuff
				Middle			
				Lower			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
15	MIOCENE		PELANG (Tomp)	Upper			Hard, dense, bedded calcarenite, tuff, calcirudite Tuff and claystone Hard calcarenite Interbedded marl, claystone and sandstone
				Middle			
				Lower			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
20	MIOCENE		PELANG (Tomp)	Middle			Marl and claystone with calcarenite intercalations of calcarenite with larger Foraminifera
				Lower			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
				Middle			
25	OLIGOCENE			Te			
				Lower			
				Tcd			
				Lower			
				Lower			
				Lower			

Gambar 2.2. Stratigrafi Mandala Kendeng (Pringgoprawiro, 1983)

## STRATIGRAFI MANDALA KENDENG

### 1. Formasi Kerek

Formasi ini mempunyai ciri khas berupa perselingan antara lempung, napal lempungan, napal, batu pasir tufan gampingan dan batu pasir tufaan. Perulangan ini menunjukkan struktur sedimen yang khas yaitu perlapisan bersusun (*graded bedding*) yang mencirikan gejala *flysch*. Berdasarkan fosil foraminifera planktonik dan bentoniknya, formasi ini terbentuk pada Miosen Awal-Miosen Akhir (N10 – N18) pada lingkungan shelf. Ketebalan formasi ini bervariasi antara 1000-3000 meter. Di daerah lokasi tipe, formasi ini terbagi menjadi 3 anggota (de Genevreye & Samuel, 1972), dari tua ke muda masing-masing: a. Anggota Banyuurip tersusun oleh perselingan antara napal lempungan, napal, lempung dengan batu pasir tuf gampingan dan batu pasir tufaan dengan total ketebalan 270 meter. Pada bagian tengah perselingan ini dijumpai batu pasir gampingan dan tufaan setebal 5 meter, sedangkan bagian atas ditandai oleh adanya perlapisan kalkarenit pasiran setebal 5 meter dengan sisipan tipis dari tuf halus. Anggota ini berumur N10 – N15 (Miosen Tengah bagian tengah – atas). b. Anggota Sentul Tersusun oleh perulangan yang hampir sama dengan Anggota Banyuurip, tetapi lapisan yang bertufa menjadi lebih tebal. Ketebalan seluruh anggota ini mencapai 500 meter. Anggota Sentul diperkirakan berumur N16 (Miosen Tengah bagian bawah). c. Batu gamping Kerek Anggota teratas dari Formasi Kerek ini tersusun oleh perselang-selingan antara batu gamping tufaan dengan perlapisan lempung dan tuf. Ketebalan dari anggota ini adalah 150 meter. Umur dari Batu gamping Kerek ini adalah N17 (Miosen Atas bagian tengah).

## 2. Formasi Kalibeng

Formasi ini terletak selaras di atas Formasi Kerek. Formasi ini terbagi menjadi dua anggota yaitu Formasi Kalibeng Bawah dan Formasi Kalibeng Atas. Bagian bawah dari Formasi Kalibeng tersusun oleh napal tak berlapis setebal 600 meter berwarna putih kekuningan sampai abu-abu kebiruan, kaya akan foraminifera planktonik. Asosiasi fauna yang ada menunjukkan bahwa Formasi Kalibeng bagian bawah ini terbentuk pada N17 – N21 (Miosen Akhir – Pliosen). Pada bagian barat formasi ini oleh de Genevraye & Samuel, 1972 dibagi menjadi Anggota Banyak, Anggota Cipluk, Anggota Kalibiuk, Anggota Batu gamping, dan Anggota Damar. Di bagian bawah formasi ini terdapat beberapa perlapisan batu pasir, yang ke arah Kendeng bagian barat berkembang menjadi suatu endapan aliran rombakan *debris flow*, yang disebut Formasi Banyak (Harsono, 1983, dalam Suryono, dkk., 2002). Sedangkan ke arah Jawa Timur bagian atas formasi ini berkembang sebagai endapan vulkanik laut yang menunjukkan struktur turbidit. Fasies tersebut disebut sebagai Formasi Atasangin, sedangkan bagian atas Formasi Kalibeng ini disebut sebagai Formasi Sonde yang tersusun mula-mula oleh Anggota Klitik, yaitu kalkarenit putih kekuningan, lunak, mengandung foraminifera planktonik maupun foraminifera besar, moluska, koral, alga, bersifat napalan atau pasiran dan berlapis baik. Bagian atas bersifat breksian dengan fragmen gamping berukuran kerikil sampai karbonat, kemudian disusul endapan bapal pasiran, semakin ke atas napalnya bersifat lempungan, bagian teratas ditempati napal lempung berwarna hijau kebiruan.

### **3. Formasi Pucangan**

Di bagian barat dan tengah Zona Kendeng formasi ini terletak tidak selaras di atas Formasi Sonde. Formasi ini penyebarannya luas. Di Kendeng Barat batuan ini mempunyai penyebaran dan tersingkap luas antara Trinil dan Ngawi. Ketebalan berkisar 61–480 m, berumur Pliosen Akhir (N21) hingga Pleistosen (N22). Di Mandala Kendeng Barat yaitu di daerah Sangiran, Formasi Pucangan berkembang sebagai fasies vulkanik dan fasies lempung hitam.

### **4. Formasi Kabuh**

Formasi Kabuh terletak selaras di atas Formasi Pucangan. Formasi ini terdiri dari batu pasir dengan material nonvulkanik antara lain kuarsa, berstruktur silang-siur dengan sisipan konglomerat dan tuff, mengandung fosil Moluska air tawar dan fosil–fosil vertebrata berumur Pleistosen Tengah, merupakan endapan sungai teranyam yang dicirikan oleh intensifnya struktur silang-siur tipe palung, banyak mengandung fragmen berukuran kerikil. Di bagian bawah yang berbatasan dengan Formasi Pucangan dijumpai grenzbank. Menurut Van Bemmelen (1972) di bagian barat Zona Kendeng (daerah Sangiran), formasi ini diawali lapisan konglomerat gampingan dengan fragmen andesit, batu gamping konkresi, batu gamping Globigerina, kuarsa, augit, hornblende, feldspar, dan fosil Globigerina. Kemudian dilanjutkan dengan pembentukan batu pasir tufaan berstruktur silang-siur dan berlapis mengandung fragmen berukuran kecil yang berwarna putih sampai coklat kekuningan.

### **5. Formasi Notopuro**

Terletak tidak selaras di atas Formasi Kabuh. Litologi penyusunnya terdiri dari breksi lahar berseling dengan batu pasir



tufaan dan konglomerat vulkanik. Makin ke atas, sisipan batu pasir tufaan makin banyak. Juga terdapat sisipan atau lensa–lensa breksi vulkanik dengan fragmen kerakal, terdiri dari andesit dan batu apung, yang merupakan ciri khas Formasi Notopuro. Formasi ini pada umumnya merupakan endapan lahar yang terbentuk pada lingkungan darat, berumur Pleistosen Akhir dengan ketebalan mencapai lebih dari 240 meter.

## **6. Formasi Undak Bengawan Solo**

Endapan ini terdiri dari konglomerat polimik dengan fragmen batu gamping, napal dan andesit di samping batu pasir yang mengandung fosil-fosil vertebrata, di daerah Brangkal dan Sangiran, endapan undak tersingkap baik sebagai konglomerat dan batu pasir andesit yang agak terkonsolidasi dan menumpang di atas bidang erosi pada Formasi Kabuh maupun Notopuro.

## **NANNOPLANKTON**

Nannoplankton merupakan plankton yang berkomposisi gampingan dan apabila menjadi fosil disebut nannofossil. Nannofossil yang berkomposisi gampingan ini sering disebut sebagai nannofossil gampingan (*Calcareous nannofossil*). nannoplankton mempunyai perkembangan yang pesat, telah dipakai untuk kepentingan stratigrafi Mesozoik dan Kenozoik, sering dijumpai pada batuan sedimen yang berumur Trias hingga Resen. Nannofossil gampingan merupakan material gampingan, yang mempunyai ukuran sangat halus (3-10 $\mu$ ), berasal dari jenis ganggang/algae Gol. Haptophyceae (mempunyai kloroplas yang berfungsi untuk fotosintesa).

## Kelebihan dan Kekurangan Nannoplankton

### Kelebihan:

1. Sampel yang digunakan sangat sedikit ( $\pm 1\text{cm}^2$ )
2. Cara melakukan preparasi sangat mudah, murah dan cepat
3. Determinasi (genus-spesies) mudah karena jumlah spesiesnya sangat sedikit
4. Tersebar pada batuan Yura hingga Resen (sekarang)
5. Zonasinya mudah dibedakan
6. Dapat digunakan sebagai: penentuan umur dan untuk korelasi interkontinental

### Kelemahan atau kekurangannya:

1. Tidak terdapat pada batuan sedimen pinggir pantai, batuan metamorf dan batuan yang mengalami rekristalisasi
2. Mudah rusak karena pengaruh zat asam
3. Ukurannya sangat kecil sehingga sering juga terdapat pengotoran & *reworked* fosil.
4. Sangat bagus digunakan untuk Biostratigrafi (umur/posisi stratigrafi)
5. Hidup di daerah tropis, planktonik, penyebarannya oleh arus laut/gelombang, sehingga tersebar luas hampir ke penjuru samudra, sehingga baik untuk korelasi jarak jauh/interkontinen.
6. Dalam sampel yang sedikit terdapat nannofossil dalam jumlah yang banyak.
7. Banyak dijumpai pada batuan sedimen laut meski nongampingan.
8. Tingkat evolusi cepat, sehingga perubahan 1 spesies ke spesies lain dapat terjadi dalam waktu geologi yang pendek.

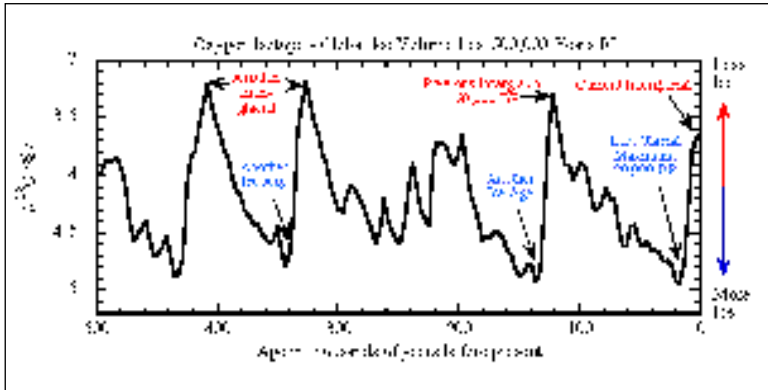
## Hubungan Nannoplankton dengan Perubahan Temperatur

- a) Pada daerah lintang sedang-tinggi (Zona Temperate-Kutub) mengandung kumpulan *Coccolith* dengan spesies tertentu dan jumlahnya spesies sangat sedikit dibandingkan yang berada di daerah lintang rendah atau Zona Tropik. (Bukry, 1971).
- b) Di daerah Atlantik, penyebaran spesies terbesar terdapat di daerah tropik dan subtropik (McIntyre, 1967).
- c) *Coccolithus* dapat digunakan sebagai indikator iklim purba pada glasiasi pleistosen di Atlantik Utara (McIntyre, 1967).
- d) Pada lingkungan bertemperatur dingin, jumlah *Discolithus macroporus*, *Discoaster perplexus* lebih melimpah dan jenis spesies lebih bervariasi sedangkan pada lingkungan panas, *Gephyrocapsa oceanic* yang lebih melimpah (Cohen, 1964).
- e) *Discoaster pentaradiatus* jumlahnya semakin banyak dengan adanya perubahan iklim yang terjadi pada Pliosen Akhir,  $\pm 2,3-2,5$  juta tahun yang lalu. *Discoaster* melimpah pada lintang rendah atau lingkungan air bertemperatur panas di Mediterania dan Atlantik (B.W.M. Driever, 1984).

## Paleotemperatur dan Nannoplankton

Analisis cangkang organisme berkomposisi  $\text{CaCO}_3$  yang menunjukkan bahwa, dengan isotop oksigen bisa terekam suhu

permukaan laut, di mana pada jaman glasial mempunyai nilai isotop besar dibanding interglasial (**Gambar 2.3**) <http://www.exo.net/~pauld/workshops/Paleoclimate/paleotemperature.html>.



**Gambar 2.3. Hasil Analisis Isotop Oksigen pada cangkang karbonat pada Inti Batuan pada Jaman Glasial-Interglasial**

Penelitian paleotemperatur yang dilakukan di Okute Basin dengan polen tumbuhan yang hasilnya berupa pola rekonstruksi paleotemperatur (**Gambar 2.4**). (<https://www.jaea.go.jp/english/news/p07053102/be1.shtml>)



## **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT**

### **3.1. Tujuan**

- a) Mengetahui hubungan antara perkembangan nannoplankton terhadap perubahan temperatur pada Zona Kendeng
- b) Mengetahui kelebihan dan kekurangan nannoplankton sebagai indikator paleotemperatur
- c) Mengetahui pola paleotemperatur berdasarkan nannoplankton dan ada tidaknya korelasi apabila dibandingkan dengan hasil penafsiran paleotemperatur dengan foraminifera oleh peneliti terdahulu (Van Gorsel & Troelstra, 1981).
- d) Mengetahui bagaimana paleotemperatur yang diperoleh berdasarkan analisis nannoplankton terhadap perubahan iklim saat terjadi pencairan es di bumi glasial-interglasial, sehingga bisa dibuat model geologi perubahan temperatur buminya.

### **3.2. Manfaat**

Dapat mengetahui secara menyeluruh tentang:

- a) Perubahan paleotemperatur Zona Kendeng terhadap perkembangan kehidupan nannoplankton .
- b) Pengaruh perubahan zaman es (glasial-interglasial) terhadap perkembangan kehidupan mikrofauna khususnya nannoplankton

- c) Adanya penambahan data paleotemperatur pada Zaman Pliosen-Pleistosen di Jawa,
- d) Pengembangan model geologi tentang perubahan paleotemperatur
- e) Memberikan sumbangan untuk inventarisasi **model geologi** khususnya hubungan mikrofauna dengan paleotemperatur.

## BAB 4. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah induktif generalisasi fungsional, di mana pernyataan peneliti Van Gorsel dan Troelstra (1981), menyatakan bahwa foraminifera plankton mempunyai fungsi terhadap paleotemperatur, di mana semakin besar rasio foraminifera plankton dan ukuran diameter *Orbulina universa* maka disimpulkan bahwa temperatur semakin panas. Berdasarkan pendapat di atas maka diasumsikan bahwa nannoplankton juga dapat digunakan sebagai indikator paleotemperatur karena dijumpai dalam lingkungan yang sama (di lautan).

Metode pendekatan yang akan digunakan untuk memecahkan masalah meliputi pengumpulan data, proses data, analisis dan sintesis, penyusunan laporan.

### 4.1. Pengumpulan data

Pengumpulan data diperoleh dari data lapangan dan literatur. Data Lapangan meliputi:

- a) Pemetaan geologi di Daerah Bojonegoro, Nganjuk dan Jombang
- b) Pengukuran Lintasan Stratigrafi Terukur/*Measured Section* (MS) pada 3 lintasan:
  - ❖ Lintasan Sungai Kedungsumber, Daerah Soko, Bojonegoro
  - ❖ Lintasan Sungai Kalibeng, Kedungringin, Jombang
  - ❖ Lintasan Kaliasin, Pinggir, Lengkong, Nganjuk



- c) Pengamatan variasi litologi, urutan stratigrafi, pengambilan contoh batuan untuk analisis fosil dan Analisis nannoplankton menggunakan Mikroskop polarisasi dan *Scanning Electron Microscope*

## **PENGUMPULAN DATA, SAMPLING DAN PROSES ANALISIS**

Sampling pada jalur MS dengan interval tertentu dengan jumlah untuk Formasi Kerek  $\pm 20$  batuan, Kalibeng  $\pm 30$  batuan, Formasi Klitik  $\pm 20$  batuan. Referensi menggunakan data paleotemperatur dengan foraminifera plankton (Van Gorsel dan Troelstra, 1981) dan data paleotemperatur dengan nannoplankton (Choiriah dkk, 1990) pada lintasan Sungai Bengawan Solo. Di dalam data tersebut dijelaskan bahwa selama Miosen Akhir-Pleistosen terdapat 6 zona klimato stratigrafi.

### **4.2. Proses Data**


Data lapangan diproses, ditafsirkan dan disajikan dalam model-model geologi seperti Peta Lintasan, Peta Geologi, Kolom stratigrafi terukur (MS), grafik Paleotemperatur dari berbagai parameter, *table* atau gambaran tentang Biostratigrafi berdasarkan biodatum masing-masing umur. Data lapangan yang berupa contoh batuan dipreparasi dan dianalisis kandungan fosil nannoplankton nya, di Laboratorium Petrografi dan Paleontologi UPN "Veteran" Yogyakarta dengan menggunakan mikroskop optik jenis polarisasi dan Binokuler serta analisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dilakukan di Pusat Survei Geologi Bandung.

### 4.3. Analisis Data dan Sintesis


Sampel dari lapangan diseleksi sesuai kriteria yang dibutuhkan, baru dilakukan analisis laboratorium. Analisis meliputi preparasi batuan menjadi sayatan tipis dan analisis untuk determinasi nannofossil dari tingkat genus hingga spesies. Preparasi dilakukan dengan metode *Poles/Smear Slides methods*, yaitu dengan cara:


1. Ambil bagian dalam dari contoh batuan sebesar biji padi
2. Taburkan di atas kaca *slide*/kaca objektif.
3. Tambah berapa tetes air destilasi pada gelas objektif
4. Ratakan dengan pinset *stenlees* yang sudah dibersihkan.
5. Keringkan di atas pemanas (*hot plate*). Setelah kering,
6. Ratakan kembali dan ditipiskan bila masih terlalu tebal dengan menggunakan *cover glass*
7. Baru kita beri kode sampel sesuai nomor sampel

### **Analisis nannoplankton dilakukan untuk mendeterminasi nama genus hingga tingkat spesies.**

 Analisis nannoplankton dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi, dengan menggunakan nikol sejajar atau nikol silang, dengan perbesaran hingga 100kali.

Analisis ini untuk mengetahui nannoplankton dari tingkat genus sampai spesiesnya, jumlah kelimpahan spesies, jumlah total spesies, ukuran spesies tertentu, dan dilakukan pengambilan gambar fosil tersebut.

 Analisis foram plankton dengan menggunakan mikroskop binokuler, untuk mengetahui nama fosil yang muncul dari tingkat genus sampai spesies, jumlah kelimpahan spesies, jumlah total spesies dan ukuran spesies tertentu.

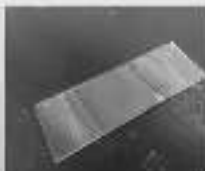
 Analisis nannofossil juga dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) di Pusat Survei

Geologi di Bandung untuk mengamati fosil nannoplankton yang susah di determinasi dengan mikroskop polarisasi dan hanya bisa dilihat dengan SEM dan untuk pemotretan fosil tersebut.

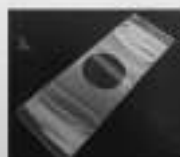
- Hasil analisis kemudian diproses secara statistik, disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik.
- Untuk memperjelas hasil penelitian juga ditampilkan foto-foto singkapan batuan di lapangan dan foto fosil nannoplankton baik dengan mikroskop polarisasi atau dengan SEM
- Semua data yang telah diproses baik data lapangan maupun laboratorium dikompilasi dan dibuat pengelompokan sesuai urutan stratigrafinya.

### **Preparasi Nannoplankton dengan Metode Poles** *(Smear Slide)*

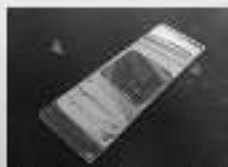




1. Siapkan sampel, yang sudah dibesut ke dimensi dengan alat pemotong listrik. Bila sudah rata siap untuk diparasi on.



2. Siapkan plastik pernis yang lebih tipis, jenis Teflon atau Canada tidak penting, pastikan bahannya lebih tipis dari film dengan cover glass. Tidak kompatibel pada agar tidak ada gelembungnya, and don't remove the air bubbles.









3. Pastikan sudah terdapat cover glass dan di sisi kedua pemaduan IBC 12. Setelah itu lakukan bonding menggunakan plat glass cover glass. Sampai hasil preparasi selesai bisa lanjut ke partikelisasi lainnya.



4. Hasil yang diperoleh: Menganalisis Mekanisme Polimerisasi dengan perbantuan simulasi Molekuler. Pengambilan gambar menggunakan kamera digital dan diolah menggunakan software pengolahan gambar.



**Preparasi dengan menggunakan SEM di  
Pusat Survey Geologi Bandung**

	
<p><b>1. Persiapan analisis dengan SEM</b></p>	<p><b>2. Material yang akan diuji dengan SEM</b></p>
	
<p><b>3. Analisis nannofossil dengan SEM (Debby Yulfira, Tim Jombang)</b></p>	<p><b>4. Sudah selesainya analisis dengan SEM (Debby Yulfira, Tim Jombang)</b></p>
	
<p><b>5. Analisis nannofossil dengan SEM (Syahrastani, Tim Bojonegoro)</b></p>	<p><b>6. Analisis nannofossil dengan SEM (Kurniawan, Tim Bojonegoro)</b></p>

## **BAB 5. HASIL**

### **Hasil penelitian berupa Peta Lintasan:**

1. Peta Lintasan Sungai Kedungsumber, Desa Soko, Kabupaten Bojonegoro (**Gambar 5.1**)
2. Peta Lintasan Kaliasin, Desa Pinggir, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk (**Gambar 5.2**)
3. Peta Lintasan Sungai Kalibeng, Desa Kedungringin, Kabupaten Jombang (**Gambar 5.3**).

### **Peta Geologi untuk penyebaran satuan batuan:**

1. Peta Geologi Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro (**Gambar 5.4**),
2. Peta Geologi Daerah Pinggir, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk (**Gambar 5.5**)
3. Peta Geologi Daerah Kedungringin, Kabupaten Jombang (**Gambar 5.6**)

### **Kolom Pengukuran Stratigrafi:**

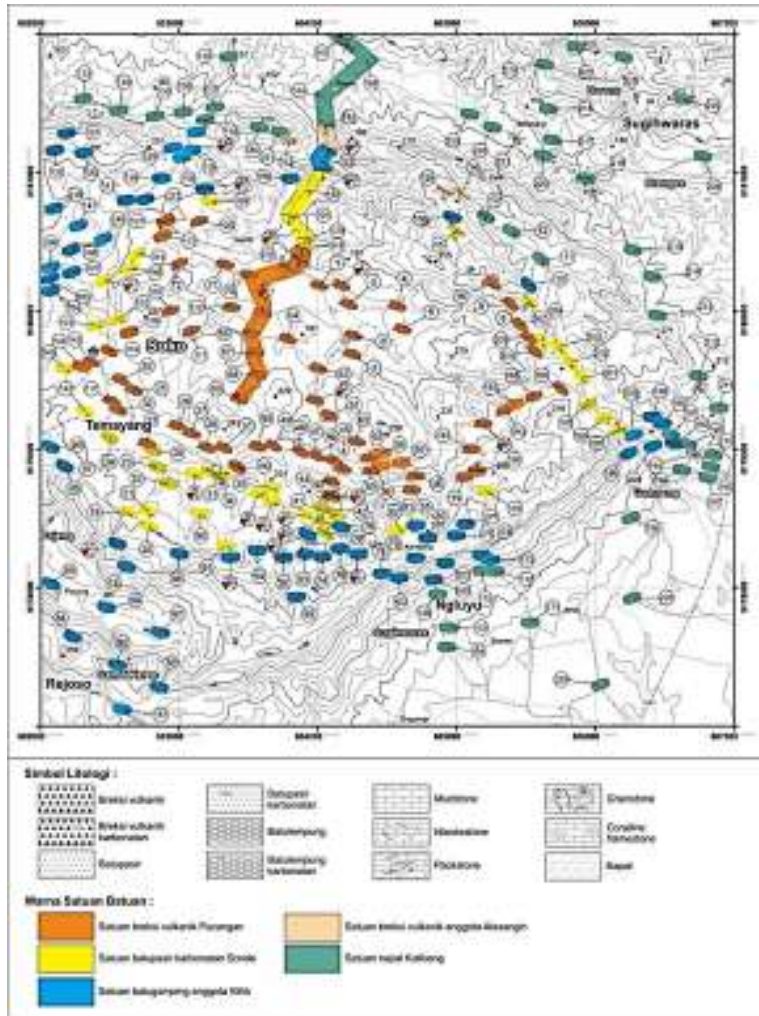
1. Stratigrafi Daerah lengkong dan sekitarnya Nganjuk (**Gambar 5.7**),

### **Tabel Hasil Analisis nannofossil:**

1. Hasil Analisis nannoplankton Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro,
2. Hasil Analisis nannoplankton Daerah **Pinggir**, Kecamatan Lengkong, Kab. Nganjuk
3. Hasil Analisis nannoplankton Daerah Kedungringin, Kabupaten Jombang

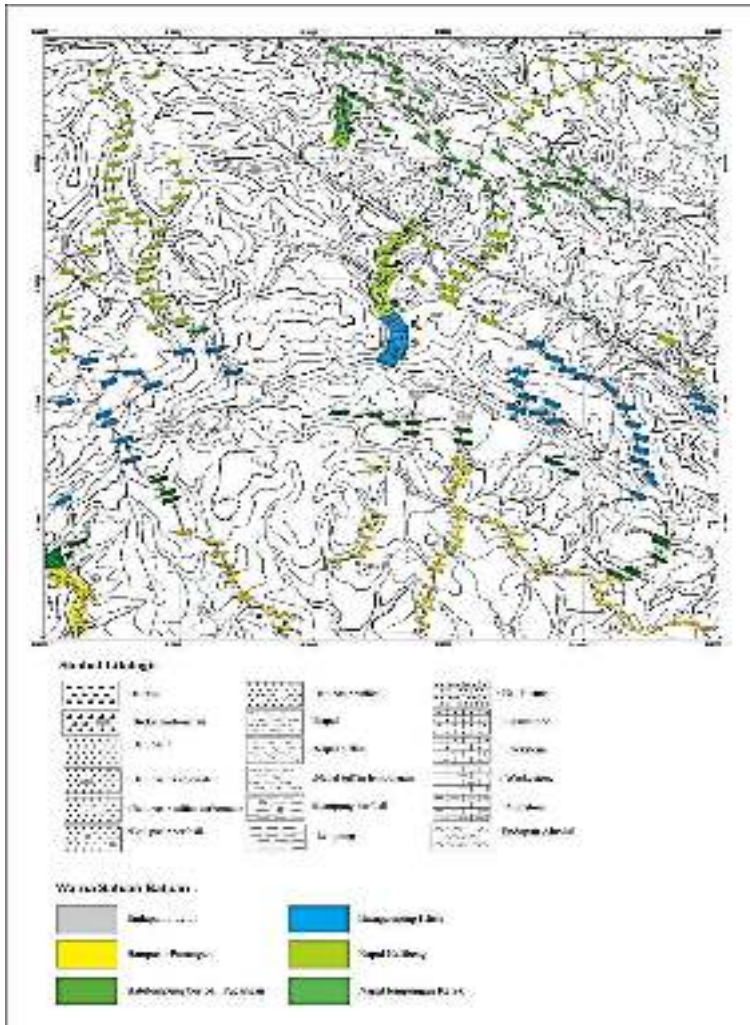
**Grafik Interpretasi Paleotemperatur Berdasarkan nannofossil:**

1. Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro (**Gambar 5.10**),
2. Daerah **Pinggir**, Kecamatan Lengkong, Kab. Nganjuk (**Gambar 5.12**)
3. Daerah Kedungringin, Kabupaten Jombang (**Gambar 5.11**)

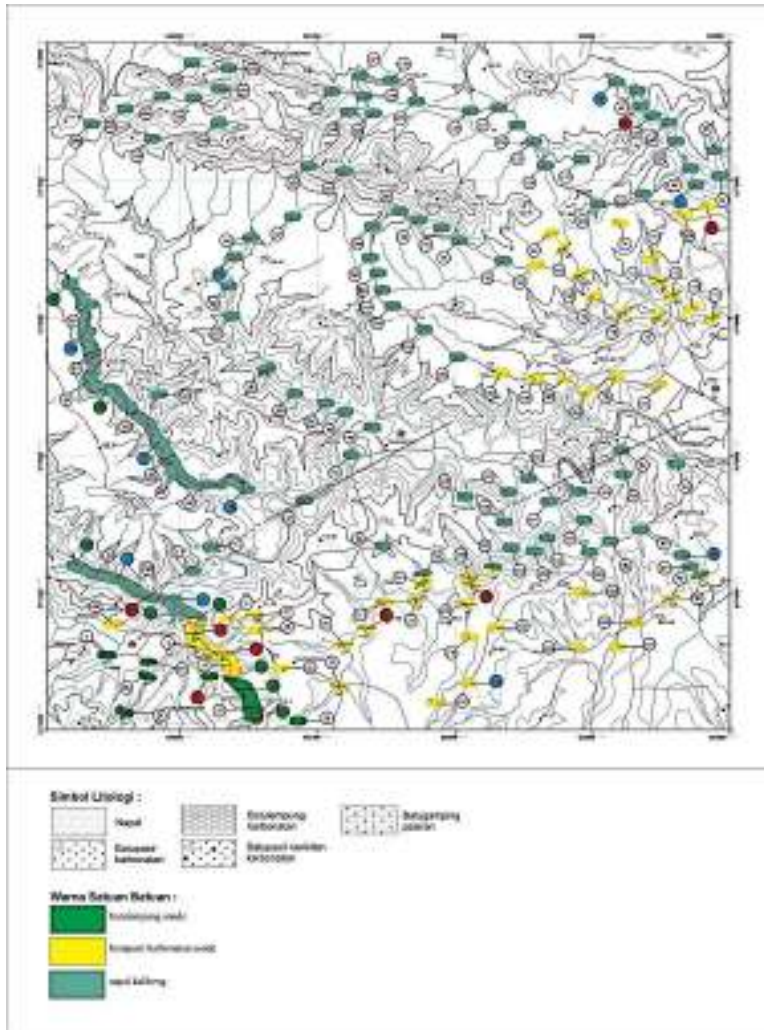


Gambar 5.1. Peta Lintasan Daerah Soko, Kabupaten Bojonegara

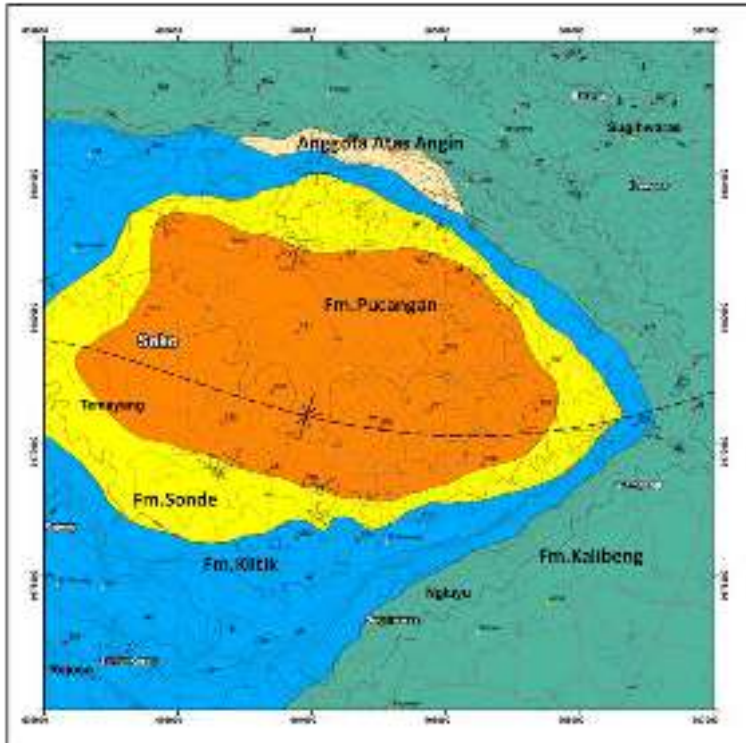




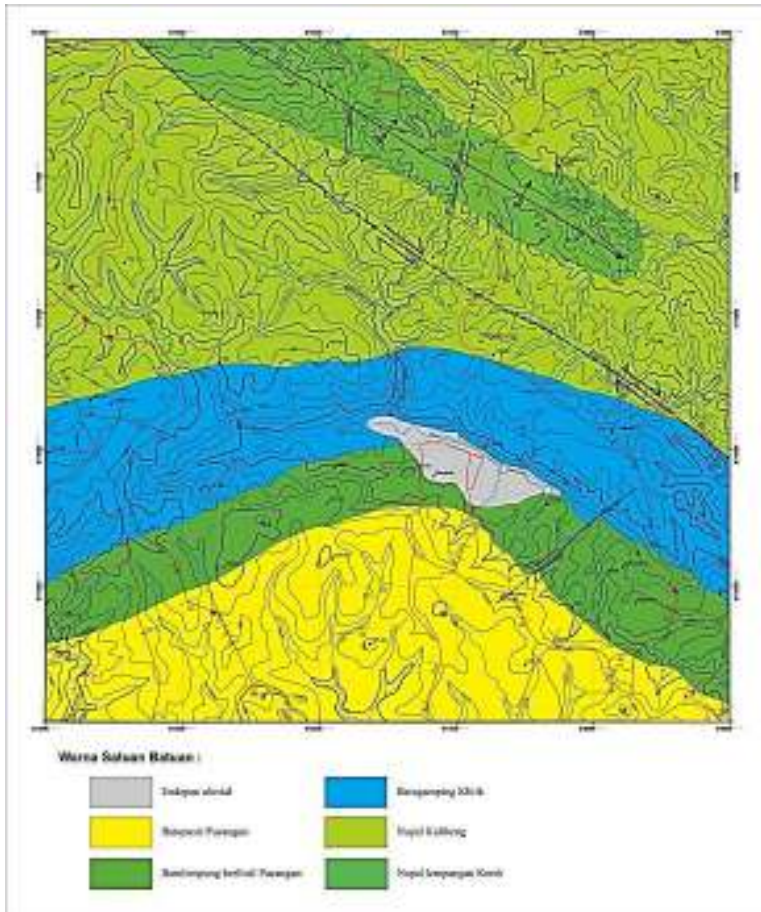
Gambar 5.2. Peta Lintasan Daerah Pinggir, Kec. Lengkung, Kab.Nganjuk



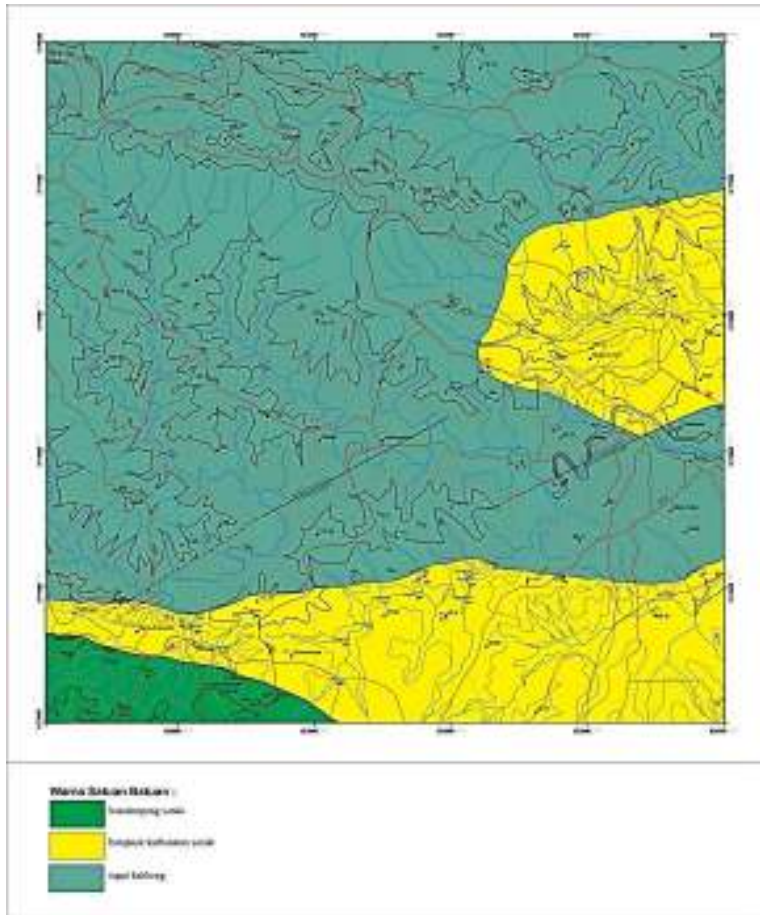
Gambar 5.3. Peta Lintasan Daerah Kedungringin. Kec. Plandaan, Kab. Jombang



Gambar 5.4. Peta Geologi Daerah Soko, Kab. Bojonegoro

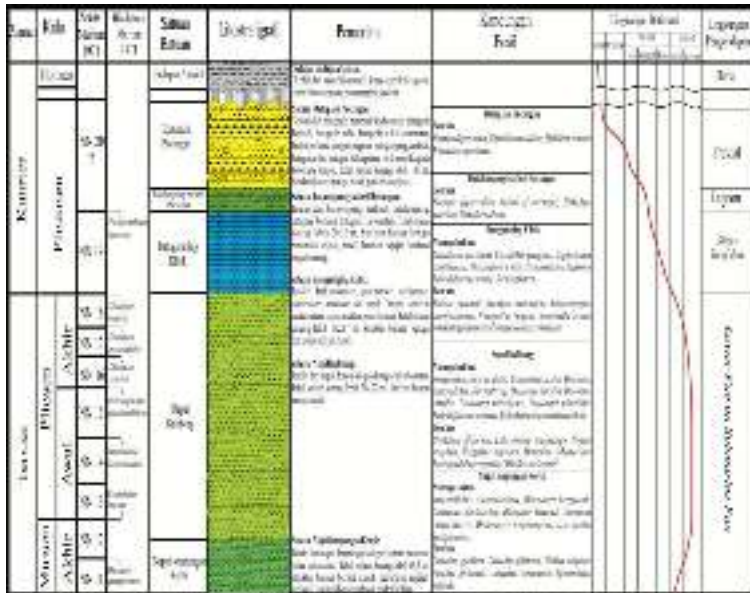


Gambar 5.5. Peta Geologi Daerah Pinggir, Kec. Lengkong, Kab. Nganjuk



Gambar 5.6. Peta Geologi Daerah Kedungringin, Kec. Plandaan, Kab. Jombang

## 5.2. SRATIGRAFI DAERAH PENELITIAN



**Gambar 5.7. Stratigrafi Daerah Lengkong dan sekitarnya Kec. Nganjuk, Jawa Timur**

## Singkapan Batuan di Lokasi Penelitian

### 1. Formasi Kerek:



### 2. Formasi Kalibeng



**Gambar 5.8. Foto-foto Singkapan batuan Formasi Kerek dan Kalibeng**

## Singkapan Batuan di Lokasi Penelitian

### 3. Formasi Klitik



### 4. Formasi Pucangan



### 5. Formasi Sonde



**Gambar 5.9. Foto-foto Singkapan batuan Formasi Klitik, Pucangan, dan Sonde**





### 5.1. Nannoplankton dan Perubahan Paleotemperatur

Beberapa parameter yang digunakan untuk menafsirkan paleotemperatur pada setiap sampel batuan yang harus dihitung dan dibuat rasio, yaitu:

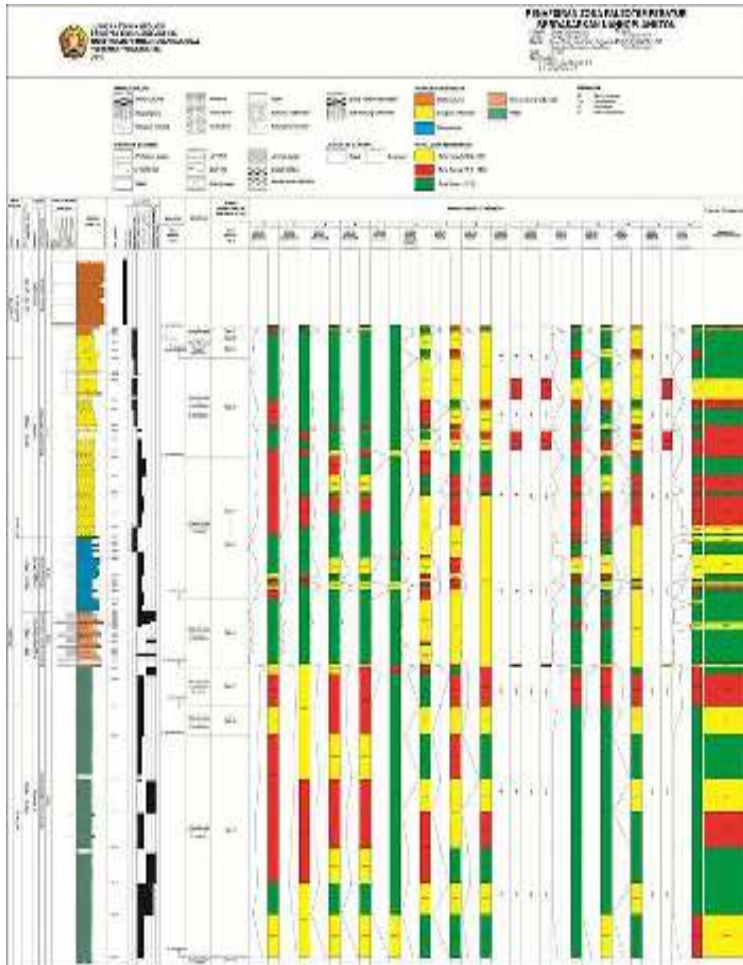
1. Jumlah spesies (*Diversity*)
2. Jumlah individu (*Abundance*)
3. Jumlah spesies *Discoaster*
4. Jumlah individu *Discoaster*
5. Jumlah *Discoaster pentaradiatus*
6. Jumlah Individu yang berbentuk *Coccolith*
7. Jumlah spesies penciri lingkungan bertemperatur dingin
8. Jumlah individu penciri lingkungan bertemperatur dingin
9. Jumlah spesies penciri lingkungan bertemperatur transisi
10. Jumlah individu penciri lingkungan bertemperatur transisi
11. Jumlah spesies penciri lingkungan bertemperatur hangat
12. Jumlah individu penciri lingkungan bertemperatur hangat
13. Jumlah Rasio spesies sebagai indikator lingkungan dingin
14. Jumlah Rasio spesies sebagai indikator lingkungan transisi
15. Jumlah Rasio spesies sebagai indikator lingkungan hangat

Hasil tersebut direkonstruksi perubahan paleotemperatur. Hasil analisis perubahan paleotemperatur pada Gambar 5.10; Gambar 5.11; Gambar 5.12 yang dibedakan dengan warna hijau menunjukkan zona dingin ( $<11^{\circ}\text{C}$ ), warna merah (zona transisi ( $11^{\circ}\text{C}$ - $18^{\circ}\text{C}$ ), warna kuning zona hangat ( $9^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$ ). 3 lokasi dengan objek parameter sesuai daerahnya: Lintasan Sungai Kedungsumber, Daerah Soko, Kecamatan Soko, Kabupaten Bojonegoro

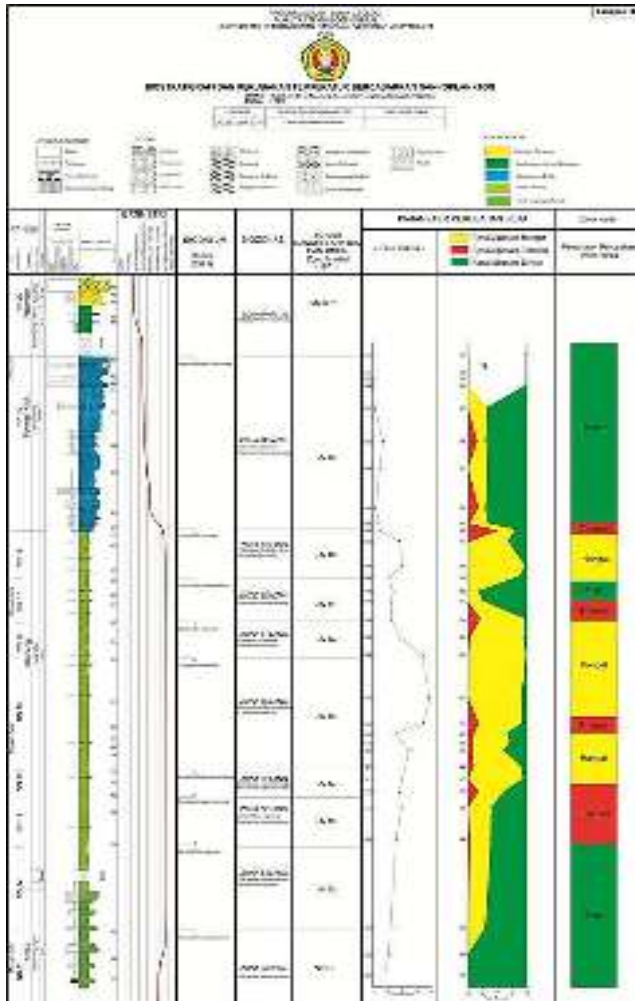
- a) Lintasan Sungai Kalibeng, Daerah Kedungringin, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang

b) Lintasan Kaliasin, Daerah Pinggir, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk.

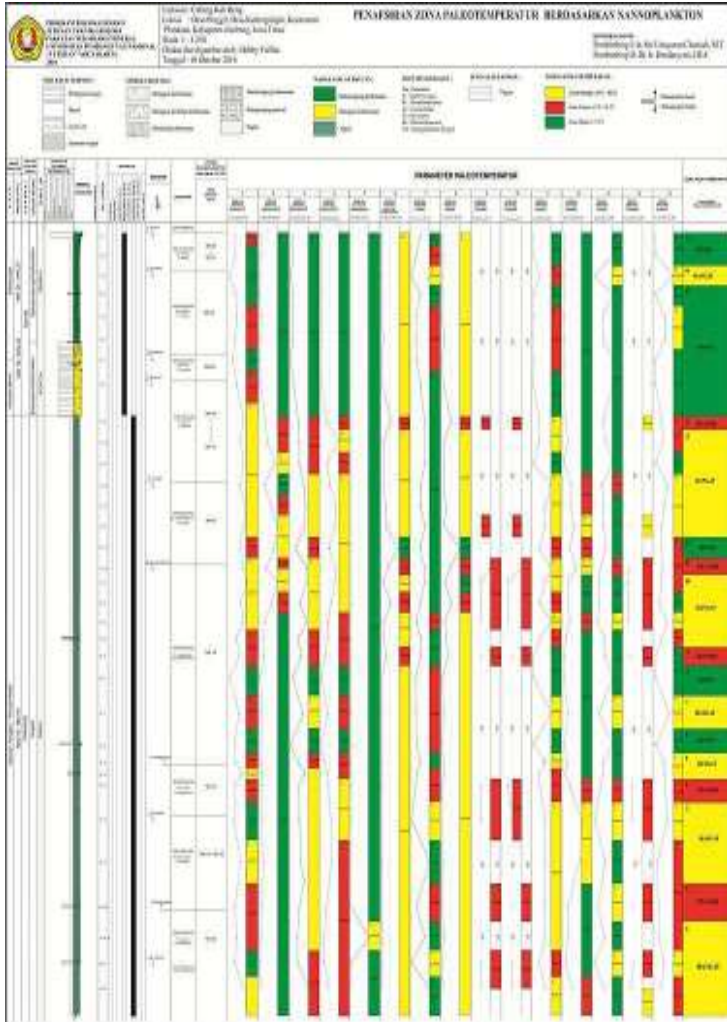
Analisis nannoplankton pada tabel 5.1. berdasarkan kemunculan spesies penciri zona dingin transisi dan hangat juga dibuat suatu grafik penafsiran paleotemperatur seperti pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.10.** Grafik Penafsiran Paleotemperatur Lintasan Sungai Kedungsumber, Daerah Soko, Kecamatan Soko, Kabupaten Bojonegoro. (Biru/Zona Dingin, Hijau/Zona Transisi, Kuning/Zona Hangat)

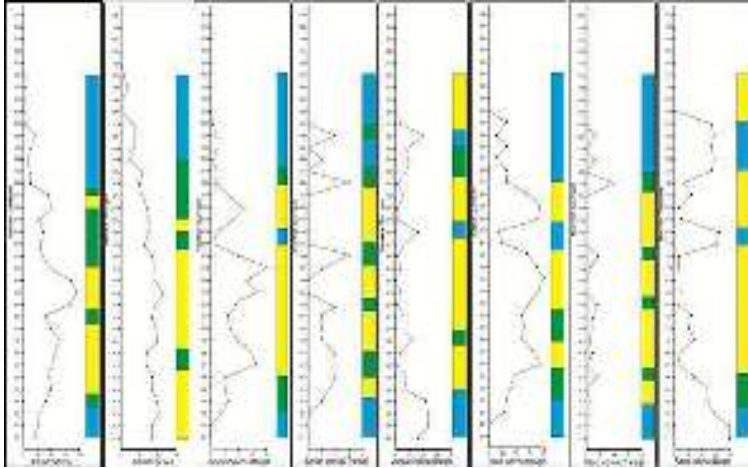


**Gambar 5.11.** Grafik Penafsiran Paleotemperatur Lintasan Sungai Kalibeng, Daerah Kedungringin, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang



**Gambar 5.12. Grafik Penafsiran Paleotemperatur Lintasan Kaliasin, Daerah Pinggir, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk**

## ANALISIS PALEOTEMPERATUR



Gambar 5.13. Grafik beberapa parameter nannoplankton (dari data Tabel 5.4) terhadap analisis paleotemperatur lintasan Kaliasin Daerah Pinggir, Lengkon, Nganjuk. (Biru/zona dingin, Hijau/zona transisi, Kuning/zona hangat)

### Penafsiran Zona Paleotemperatur Lintasan Soka, Bojonegoro:

Berdasarkan dari 15 parameter didapatkan zona paleotemperatur dengan perubahan zona yang berbeda-beda berdasarkan biostratigrafi. Secara umum terdapat 32 zona paleotemperatur yaitu 13 Zona Dingin ( $<11^{\circ}\text{C}$ ), 8 Zona Transisi ( $11-19^{\circ}\text{C}$ ) dan 11 Zona Hangat ( $19-30^{\circ}\text{C}$ ). Hasilnya:

- ❖ Zona 1-5 (Hangat – Dingin – Transisi – Hangat - Dingin, berumur Miosen Akhir/NN10-NN11),
- ❖ Zona 6 (Hangat, Miosen Akhir/NN12),

- ❖ Zona 7-8 (Transisi-Dingin, Pliosen Awal/NN13),
- ❖ Zona 9-11 (Hangat-Dingin-Hangat, Pliosen Awal/NN14),
- ❖ Zona 12 (Dingin, Pliosen Awal/NN14-NN15),
- ❖ Zona 13-21 (Transisi – Hangat – Dingin – Hangat – Dingin – Hangat – Dingin – Hangat - Transisi, Pliosen Awal - Pliosen Akhir/NN15-NN17),
- ❖ Zona 22-24 (Hangat - Transisi-Dingin, Pliosen Awal - Pliosen Akhir/NN15-NN17)
- ❖ Zona 25-28 (Transisi – Dingin – Transisi - Hangat, Pliosen Akhir (NN18),
- ❖ Zona 29 (Dingin, Pliosen Akhir-Pleistosen Akhir/NN18-NN21),
- ❖ Zona 30-32 (Hangat – Transisi - Dingin, Pleistosen Akhir/NN20-NN21).

**Penafsiran Zona Paleotemperatur Lintasan Sungai Kalibeng, Jombang:**

Penafsiran paleotemperatur Daerah Jombang tersusun 17 zona yaitu: 5 Zona Dingin (<11 °C), 6 Zona Transisi (11-19) °C dan 6 Zona Hangat (19-30)°C.

- ❖ Zona 1-3 (Transisi-Hangat-Transisi, Miosen Akhir/NN10),
- ❖ Zona 4 (Hangat, Miosen Akhir-Pliosen Awal /NN11-NN12),
- ❖ Zona 5 (Transisi, Pliosen Awal/NN 13),
- ❖ Zona 6-11 (Dingin-Hangat-Dingin-Transisi-Hangat-Transisi, Pliosen Awal (NN14),
- ❖ Zona 12-13 (Dingin-Hangat, Pliosen Akhir/NN16),
- ❖ Zona 14 (Dingin, Pliosen Akhir/NN17),
- ❖ Zona 15-16 (Hangat-Transisi, Pliosen Akhir/NN17-NN18),
- ❖ Zona 17 (Dingin, Pleistosen/NN19-NN21).



## ANALISIS PALEOTEMPERATUR

Perubahan paleotemperatur Daerah Jombang, pada zona 17 /Zona Dingin ini terdapat persis dengan batas Pliosen-Pleistosen dan terjadi proses regresi secara tiba-tiba. Pada zona ini disimpulkan sebagai awal terjadinya pendinginan yang besar yang ditandai dengan musnahnya hampir semua *Discoaster* dan munculnya spesies *Gephyrocapsa caribbeanica*. Keberadaan fauna dingin pada zona ini merupakan fauna yang khas, hal ini ditunjukkan pula dengan munculnya spesies *Gephyrocapsa* lainnya pada Formasi Sonde yang menunjukkan umur Pleistosen.

Hasil analisis nannoplankton untuk Interpretasi Paleotemperatur pada lintasan Kaliasin Daerah Pinggir, Lengkon, Nganjuk (Gambar 5.15) berdasarkan jumlah dan rasio:

1. Jumlah individu: terdapat 9 zona iklim yaitu, 3 zona hangat, 4 zona transisi, 2 zona dingin.
2. Jumlah spesies: adanya 7 zona yaitu, 3 zona hangat, 3 zona transisi, 1 zona dingin.
3. Jumlah individu indikator lingkungan hangat: terdapat 7 zona temperatur yaitu, 2 zona hangat, 2 zona transisi, 3 zona dingin.
4. Jumlah individu indikator lingkungan Transisi: terdapat adanya 12 zona temperatur yaitu, 4 zona hangat, 5 zona transisi, 3 zona dingin.
5. Jumlah individu indikator lingkungan dingin: terdapat 9 zona temperatur yaitu, 4 zona hangat, 2 zona transisi, 3 zona dingin.
6. Perbandingan rasio persentase individu dingin, transisi, hangat: Grafik yang dihasilkan dari 3 parameter terdapat 9 zona yaitu, 3 zona hangat, 3 zona transisi, 3 zona dingin.

Dari tiga parameter tersebut didapatkan pada batu gamping klitik yang berumur Pleistosen memiliki rasio individu dingin yang lebih dominan begitu juga pada napal-lempungan kerek memiliki rasio individu dingin lebih besar.

## **5.2. Interpretasi Pembagian Zona Temperatur Lintasan Kaliasin Daerah Pinggir, Lengkong, Nganjuk**

Berdasarkan data dari setiap sampel yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik secara umum menunjukkan 10 zona yaitu, 3 zona hangat, 4 zona transisi, 3 zona dingin. Pembagian zona tersebut juga dihubungkan dengan umur relatif yang disusun berdasarkan analisis biostratigrafi nannoplankton . Dari data tersebut menunjukkan bahwa perubahan temperatur yang terjadi pada Formasi Kerek, Kalibeng, Klitik dimulai dari Miosen Akhir hingga Pleistosen. Pembagian zona sebagai berikut:

### **1. Zona 1 (Zona Dingin), sampel S1-S4, umur Miosesn Akhir-Pliosen Awal (NN11-NN12)**

Zona ini terdapat pada litologi napal-lempungan Kerek dengan sisipan batu pasir karbonatan dan napal Kalibeng secara selaras. Zona ini diinterpretasi sebagai zona dingin berdasarkan sedikitnya jumlah individu secara umum dengan jumlah 33-48/sampel, sedikitnya jumlah individu spesies hangat yaitu hanya terdapat spesies *Discoaster blackstochae*, dan *Discoaster surculus*, banyaknya jumlah individu spesies dingin seperti *Cocolithus pelagicus*, *Discoaster challengerii*, *Discoaster intercalaris*, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini rasio individu dingin sangat besar dengan nilai 100%.

## ANALISIS PALEOTEMPERATUR

### 2. Zona 2 (Zona Transisi), sampel S5-S6, umur Pliosen Awal (NN13)

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng bagian bawah dengan sisipan batu pasir karbonatan. Zona ini diinterpretasi sebagai zona transisi berdasarkan mulai munculnya individu spesies transisi yaitu *Discoaster variabilis*, meningkatnya jumlah individu secara umum dengan jumlah 73-79 individu/sampel, mulai meningkatnya jumlah individu spesies hangat dengan jumlah 33-45/sampel di mana muncul spesies *Discoaster asymmetricus*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster prepentaradiatus*, *Discoaster surculus* sebagai penciri spesies hangat, berkurang atau menurunnya jumlah individu dingin dengan jumlah 11-3 individu dingin/sampel, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini ketiga rasio memiliki nilai yang hampir sama dan diinterpretasikan masuk ke dalam Zona Transisi.

### 3. Zona 3 (Zona Hangat), sampel S7-S10, umur Pliosen Awal (NN14-NN15)

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng dengan sisipan batu pasir karbonatan. Zona ini terendapkan pada lingkungan batimetri yaitu batial bawah atau 627m-791m (Barker, 1960). Zona ini diinterpretasi sebagai zona hangat berdasarkan meningkatnya jumlah individu secara umum dengan jumlah 80-105 individu, melimpahnya jumlah spesies dengan jumlah 14-20 spesies, melimpahnya jumlah individu spesies hangat seperti *Ceratolithus rugosus*, *Discoaster asymmetricus*,

*Discoaster blackstochae*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster prepentaradiatus*, *Discoaster surculus*, *Discoaster tristellifer* dengan jumlah 7-16 individu/sampel, berkurangnya jumlah individu spesies dingin dengan jumlah 1-6 individu/sampel, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini didominasi oleh rasio individu hangat dengan rasio tertinggi 94%.

**4. Zona 4 (Zona Transisi), sampel S11-S12, umur Pliosen Awal (NN15)**

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng dengan sisipan batu pasir karbonatan. Zona ini diinterpretasi berdasarkan meningkatnya jumlah individu spesies transisi dengan terdapat fosil *Discoaster variabilis*, menurunnya jumlah individu secara umum dengan jumlah 63, menurunnya jumlah individu spesies hangat dengan jumlah 6-8 individu/sampel, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini ketiga rasio memiliki nilai yang hampir sama dan diinterpretasikan masuk ke dalam zona transisi.

**5. Zona 5 (Zona Hangat), sampel S13-S15, umur Pliosen Awal-Pliosen Akhir (NN15-NN16)**

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng sisipan batu pasir karbonatan. Zona ini diinterpretasi sebagai zona hangat berdasarkan peningkatan maksimal jumlah individu secara umum dengan jumlah mencapai 155 pada sampel S13, melimpahnya jumlah spesies secara umum dengan jumlah 19-25 spesies/sampel, melimpahnya jumlah individu spesies hangat seperti *Ceratolithus rugosus*, *Discoaster asymmetricus*, *Discoaster blackstochae*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster prepentaradiatus*, *Discoaster surculus*, *Discoaster tristellifer*-

## ANALISIS PALEOTEMPERATUR

dengan jumlah 13-20 individu/sampel, berkurangnya jumlah individu spesies dingin dengan jumlah hanya 2 individu/sampel, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini didominasi oleh rasio individu hanya dengan rasio 100%.

### **6. Zona 6 (Zona Transisi), sampel S16, umur Pliosen Akhir (NN16)**

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng sisipan batu pasir karbonatan. Zona ini diinterpretasi berdasarkan meningkatnya jumlah individu spesies transisi seperti *Calcidiscus leptoporus*, *Discoaster variabilis*, menurunnya jumlah individu secara umum dengan jumlah 53 individu, mulai menurunnya jumlah individu spesies hangat menjadi 71 individu, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini ketiga rasio memiliki nilai yang hampir sama dan diinterpretasikan masuk ke dalam zona transisi.

### **7. Zona 7 (Zona Dingin), sampel S17-S18, umur Pliosen Akhir (NN17)**

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng sisipan batu pasir karbonatan. Zona ini diinterpretasi sebagai zona dingin berdasarkan terjadinya penurunan jumlah individu secara umum dengan jumlah 48 individu pada sampel S17, berkurangnya secara drastis jumlah individu spesies hangat menjadi 1–2 individu/sampel, naiknya jumlah individu spesies dingin dengan jumlah 3–8 individu/sampel, dari rasio individu hangat, transisi,

dingin menunjukkan pada zona ini rasio individu dingin sangat besar dengan nilai rasio 75% - 80%.

**8. Zona 8 (Zona Hangat), sampel S19-S21, umur Pliosen Akhir (NN17-NN18)**

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng dengan terdapat sisipan batu pasir karbonatan. Zona ini diinterpretasi sebagai zona hangat berdasarkan terjadi peningkatan kembali jumlah individu secara umum dengan jumlah tertinggi 82 individu, melimpahnya jumlah individu spesies hangat seperti, *Discoaster asymmetricus*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster tristellifer*, dan mulai munculnya *Gephyrocapsa oceanica*, berkurangnya jumlah individu spesies dingin dengan jumlah 1–3 individu/sampel, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini didominasi oleh rasio individu hangat (70% - 92%).

**9. Zona 9 (Zona Transisi), sampel S22-S23, umur Pliosen Akhir - Pleistosen (NN18-NN19)**

Zona ini terdapat pada litologi napal Kalibeng dengan terdapat sisipan batu pasir karbonatan kontak dengan batu gamping Klitik dengan litologi *mudstone*. Zona ini diinterpretasi sebagai zona transisi berdasarkan meningkatnya jumlah individu spesies transisi, menurunnya jumlah individu secara umum menjadi 22–19 individu/sampel, menurunnya jumlah individu spesies hangat menjadi 2 individu per sampel, mulai meningkat jumlah individu dingin, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini ketiga rasio memiliki nilai yang hampir sama dan diinterpretasikan masuk ke dalam zona transisi dengan nilai rasio 50%.\

## ANALISIS PALEOTEMPERATUR

### **10. Zona 10 (Zona Dingin), sampel S24-S31, umur Pleistosen (NN19)**

Zona ini terdapat pada litologi batu gamping Klitik disusun oleh litologi berupa batu gamping klastik dengan jenis yaitu *mudstone*, *wackestone*, *packstone*, *grainstone*, *rudstone* yang sebagian besar berlapis dan terdapat juga masif pada beberapa tempat dengan tebal yang bervariasi. Zona ini diinterpretasi sebagai zona dingin berdasarkan terjadinya penurunan secara drastis jumlah individu secara umum hingga mencapai jumlah 1-8 individu/sampel, berkurangnya secara drastis jumlah individu spesies hangat bahkan pada sampel S27 individu hangat sudah tidak ditemukan lagi, naiknya jumlah individu spesies dingin seperti melimpahnya *Gephyrocapsa caribbeanica*, *Coccolithus pelagicus* dengan jumlah 2-10 individu/sampel, dari rasio individu hangat, transisi, dingin menunjukkan pada zona ini rasio individu dingin sangat besar dengan nilai mencapai 71%.

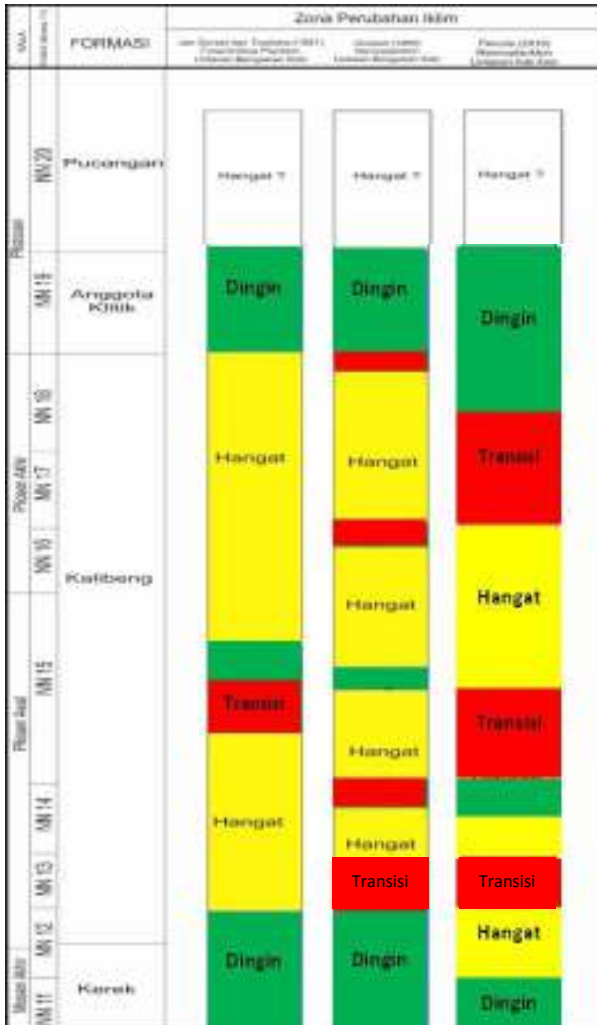
Berdasarkan pembagian zona temperatur pada daerah penelitian, perubahan zona yang cukup signifikan terjadi pada batas Pliosen-Pleistosen dan Miosen-Pliosen. Di mana pada batas Miosen-Pliosen ditandai dengan berubahnya temperatur dingin ke temperatur hangat yang terjadi pada satuan napal-lempungan Kerek dengan napal Kalibeng. Pada batas Pliosen-Pleistosen juga terjadi perubahan temperatur dingin ke temperatur hangat dan terjadi proses regresi yang terjadi pada satuan napal Kalibeng dengan batu gamping klitik. Zona ini

disimpulkan sebagai awal terjadinya temperatur dingin yang cukup besar (Zaman Es Glasial-Interglasial) yang ditandai dengan musnahnya genus *Discoaster* dan munculnya spesies penciri temperatur dingin yaitu *Gephyrocapsa caribbeanica*. Keberadaan Zaman es sangat berpengaruh terhadap keberadaan nannoplankton . Pada zona dingin ini berada pada satuan batu gamping Klitik dan diendapkan pada neritik tengah sampai neritik luar atau 20-100 meter.

Setelah zona 10 (zona dingin) pada sampel S32-S36 terjadi perubahan batimetri ke lingkungan yang lebih dangkal yaitu pada neritik tepi hingga transisi. Pada interval ini tidak ditemukan fosil nannoplankton . Hal ini dikarenakan pada umumnya nannoplankton berada pada daerah laut terbuka (Kapid: 2003). Hal ini sebagai kekurangan apabila analisis dilakukan pada lingkungan laut dangkal.

Menurut Nielsen (1986) menyatakan bahwa *coccolith* yang dijumpai pada sedimen berfraksi halus pada kedalaman kurang lebih 40m hanya berjumlah 2%. Kapid (2003) menyatakan bahwa golongan yang hidup pada daerah laut dangkal merupakan golongan *holococcolith* dengan famili *Calyptosphaeracea*, namun nannoplankton ini memiliki sifat yang mudah larut sehingga jarang terdapat sebagai fosil dan rusak akibat dari diagenesa. Hal ini menunjukkan adanya kelebihan dan kekurangan nannoplankton bila digunakan untuk analisis paleotemperatur. Kelebihannya sangat banyak karena hasilnya lebih detil tetapi untuk lingkungan batu gamping (laut dangkal) hasilnya kurang optimal karena mudah larut. Dengan tidak adanya data tersebut disimpulkan bahwa zona ini tidak dapat digunakan untuk penentuan perubahan temperatur. Tetapi menurut Choiriah (1999) dan Gorsel dan Troelsta (1981) menyatakan bahwa zona ini merupakan zona hangat.





Penelitian 2016

**Gambar 5.14.** Perbandingan zona paleotemperatur peneliti sebelumnya dengan hasil penelitian 2016

## ANALISIS PALEOTEMPERATUR

Peneliti juga membandingkan hasil penelitian pada daerah penelitian dengan hasil peneliti terdahulu (**Gambar 5.16**) di mana pada daerah penelitian peneliti mendapatkan 9 zona temperatur yaitu, 3 Zona Dingin, 3 Zona Hangat, 3 Zona Transisi. Urutannya yaitu:

- 1) Zona Dingin (Miosen Akhir/NN111),
- 2) Zona Hangat (Miosen Akhir-Pliosen/NN12),
- 3) Zona Transisi (Pliosen Awal/NN13),
- 4) Zona Hangat (Pliosen Awal/NN14),
- 5) Zona Dingin (Pliosen Awal/NN14),
- 6) Zona Transisi (Pliosen Awal/NN15)
- 7) Zona Hangat (Pliosen Akhir/NN15-NN16)
- 8) Zona Transisi (Pliosen Akhir/NN17-NN18)
- 9) Zona Dingin (Pliosen AKir-Pleistosen/NN18-NN19)

Pada Batas Miosen akhir-Pliosen ditandai dengan Zona Hangat, sedangkan pada batas Pliosen-Pleistosen dengan Zona Transisi dan Dingin. Hasil ini berbeda dengan hasil temperatur menurut Choiriah (1999) dengan menggunakan nannoplankton pada lintasan sungai Bengawan Solo terdapat 12 zona temperatur yaitu 3 kali periode dingin Miosen Akhir, Pliosen Tengah, batas Pliosen-Pleistosen hingga Pleistosen Tengah, 5 periode hangat dari Miosen Akhir-Pleistosen Tengah, dan 4 periode transisi pada Pliosen Awal, Pliosen Tengah dan Pliosen Akhir.

Van Gorsel dan Troelstra (1981) dengan menggunakan foraminifera plankton pada lintasan sungai Bengawan Solo terdapat 5 zona temperatur yaitu 3 zona dingin pada Miosen Akhir, Pliosen tengah dan Pleistosen Tengah, 2 zona hangat pada

Pliosen awal hingga Pleistosen Akhir. Dari perbandingan dengan 2 temperatur terdahulu hasil untuk batas zona dingin ternyata sama dengan pendapat Van Gorsel dan Troelstra (1981) dan Choiriah (1999) yaitu perubahan zona dingin terjadi pada dua kali yaitu pada batas Miosen-Pliosen dan pada batas Pliosen-Pleistosen. Berdasarkan parameter yang dipakai pada penelitian ini, terlihat adanya persamaan parameter yang dipakai pada temperatur terdahulu baik dari nannoplankton dan foraminifera plankton sebagai contoh juga dipakainya parameter jumlah individu secara umum, jumlah spesies secara umum, rasio spesies pada zona hangat, transisi, dan dingin sehingga terdapat korelasi antara paleotemperatur dengan nannoplankton dan foraminifera plankton dan asilnya lebih detail.

Berdasarkan hasil analisis tersebut dengan adanya perubahan pola paleotemperatur yang berbeda-beda menunjukkan adanya hubungan antara perkembangan nannoplankton terhadap perubahan temperatur pada Zona Kendeng.

## BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis nannoplankton Zona Kendeng di Daerah penelitian adalah sbb:

1. Nannoplankton Daerah Bojonegoro terdapat 32 spesies, di Nganjuk terdapat 51 spesies di daerah Jombang 43 spesies nannoplankton .
2. Penafsiran paleotemperatur berdasarkan 15 parameter:
  - ❖ Daerah Bojonegoro terdapat 32 zona paleotemperatur yaitu: 13 Zona Dingin ( $<11^{\circ}\text{C}$ ), 8 Zona Transisi ( $11-19^{\circ}\text{C}$ ) dan 11 Zona Hangat ( $19-30^{\circ}\text{C}$ ),
  - ❖ Daerah Nganjuk tersusun 10 zona yaitu: 3 Zona Dingin, 3 Zona Hangat dan 4 Zona transisi, d
  - ❖ Daerah Jombang tersusun 17 zona yaitu: 5 Zona Dingin, 6 Zona Transisi dan 6 Zona Hangat. Jumlah perubahan paleotemperatur yang lebih banyak hal ini tentunya lebih optimal, lebih akurat untuk interpretasi paleotemperatur.
3. Hasil korelasi penafsiran paleotemperatur daerah Bojonegoro, Nganjuk dan Jombang terdapat: 9 zona paleotemperatur yaitu, 3 Zona dingin, 3 Zona hangat, 3 Zona Transisi, yaitu: 1.Zona Dingin (Miosen Akhir/NN111), 2. Zona Hangat (Miosen Akhir-Pliosen/NN12), 3.Zona Transisi (Pliosen Awal/NN13), 4.Zona Hangat (Pliosen Awal/NN14), 5. Zona Dingin (Pliosen Awal/NN14), 6. Zona Transisi (Pliosen Awal/NN15), 7.Zona Hangat (Pliosen Akhir/NN15-

- NN16), 8. Zona Transisi (Pliosen Akhir/NN17-NN18), 9. Zona Dingin (Pliosen Akhir-Pleistosen/NN18-NN19).
4. Hasil analisis paleotemperatur berdasarkan *Discoaster* terdapat 9 zona, yaitu:
    - ❖ 3 periode dingin ( $<11^{\circ}\text{C}$ ) pada Miosen Akhir, Pliosen Akhir, Pleistosen,
    - ❖ 4 periode transisi ( $11^{\circ}\text{C}$ - $18^{\circ}\text{C}$ ) pada Miosen Akhir, Pliosen Awal, Pliosen Akhir,
    - ❖ 2 periode hangat ( $19^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$ ) pada Pliosen Awal dan Pliosen Akhir.
  5. Berdasarkan pembagian zona paleotemperatur di Zona Kendeng, perubahan zona yang cukup signifikan terjadi pada batas Miosen-Pliosen dan batas Pliosen-Pleistosen. Di mana pada
    - ❖ Batas Miosen-Pliosen ditandai dengan berubahnya temperatur dingin ke hangat yang terjadi pada satuan napal-lempungan Kerek dengan napal Kalibeng.
    - ❖ Batas Pliosen-Pleistosen terjadi perubahan paleotemperatur dingin ke hangat dan terjadi proses regresi yang terjadi pada satuan napal Kalibeng dengan batu gamping Klitik.Zona ini disimpulkan sebagai awal terjadinya iklim dingin yang cukup besar ditandai dengan musnahnya genus *Discoaster* dan munculnya spesies penciri iklim dingin yaitu *Gephyrocapsa caribbeanica*. Zona dingin ini berada pada satuan batu gamping Klitik dan diendapkan pada neritik tengah sampai neritik luar atau 20-100 meter. Sehingga Zaman Es Glasial-Interglasial sangat mempengaruhi keberadaan nannoplankton .
  6. Perubahan zona dingin (Pleistosen) juga bisa diamati di Jombang di mana pada batas Plio-Pleistosen, terjadi proses

regresi secara tiba-tiba. Pada zona ini disimpulkan sebagai awal terjadinya pendinginan yang besar (zaman glasial) yang ditandai dengan musnahnya hampir semua *discoaster* dan munculnya *Gephyrocapsa caribbeanica*. Keberadaan fauna dingin pada zona ini merupakan fauna yang khas, hal ini ditunjukkan pula dengan munculnya spesies *Gephyrocapsa* yang menunjukkan umur Pleistosen.

7. Penafsiran Paleotemperatur pada batu gamping Formasi Klitik hasilnya kurang akurat hal ini dikarenakan batu gamping Klitik diendapkan pada lingkungan Laut dangkal sehingga nannoplankton tidak bisa terawetkan dengan baik. Hal ini sebagai kekurangan dari nannoplankton sebagai indikator paleotemperatur apabila litologi diambil dari batu gamping.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, van, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia, IA, Government Printing Office*. Martinus Nijhoff, The Hague, 792 p.
- Choiriah, U. 1999. *Penafsiran Paleotemperatur Berdasarkan nannoplankton pada Endapan Miosen Akhir-Pleistosen Lintasan Sungai Bengawan Solo, Ngawi, Jawa Timur*. Tesis. Program Pasca Sarjana Teknik Geologi ITB.
- Cohen, C. L. L. 1964. Coccolithophorids from Two Carribean Deep-Sea Cores. *Micropaleontology*. Am. Mus. Nat. Hist, New York, 10 (2), 231-250.
- Driever, B.W.M. 1984. The Terminal Record Of Discoaster In The Mediterranean And In The Atlantic DSDP Site 397, And The Pliocene-Pleistocene Boundary. *Paleontology*, Proceedings B.87 91), h.77-89.
- Filomena, Ornella Amorea,\* Mauro Caffaub, Bruno Massaa, Simona Morabito. 2004. *Late Pleistocene–Holocene Paleoclimate and Related Paleoenvironmental Changes as Recorded by Calcareous nannofossils and Planktonic Foraminifera Assemblages in The Southern Tyrrhenian Sea (Cape Palinuro, Italy)*.
- Genevraye, P. de dan L. Samuel. 1972. Geology of the Kendeng Zone (Central & East Java). *Bulletin*, IPA Convention. Jakarta.
- Hasyim. N. 1988. Le Nēogene marin du Nord-Est de Java, Indonēsie Etude biostratigraphique (Foraminifères et

Nannoplanton). *Geomedia*, Mēmoire n<sup>o</sup>1, 129h, 19 fig, 8 tabl, 6 pl.

Mc. Intyre. 1967. A Coccoliths As Paleoclimatic Indicators Of Pleistocene Glaciations. *Science*. v.158, h.1314-1317.

Noya dkk. 1992. *Peta Geologi Lembar Mojokerto, Jawa Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

Pringgoprawiro dan Sukido. 1992. *Peta Geologi Lembar Bojonegoro, Jawa Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

Pringgoprawiro H. 1983. *Biostratigrafi dan Palaeogeografi Cekungan Jawa Timur Utara Pendekatan Baru*. Disertasi. Teknik Geologi, ITB, 239 h.

Rubiyanto Kapid. 2003. Nannofossil *Gampangan: Pengenalan dan Aplikasi Biostratigrafi*. Seri Mikrofosil, Penerbit ITB.

Sribudiyani, N. Muchsin, dkk. 2003. The Colliton of The East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurences in the East Java Basin, *Proceedings of Indonesian Petroleum Association, 29th Annual Convention. Edition*. Tulsa, Oklahoma: AAPG Memoir 42.

Sukardi dan Budhitrisona. 1992. *Peta Geologi Lembar Salatiga, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung

Tjasjono, Bayong. 1999. *Klimatologi Umum*. Bandung: ITB.

Van Gorsel, J. T., Troelstra S. R. 1981. Late Neogene Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy And Climatostratigraphy



Of Solo River Section (Java, Indonesia): Chronostratigraphic Implications And Paleoclimatic Framework Of The Mediterranean Messinian “Salinity Crisis”. *Marine Micropaleontology*, v.6,2, 66 h.

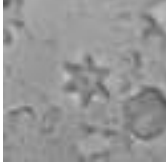
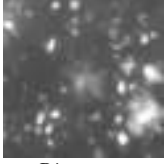



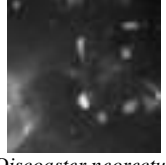


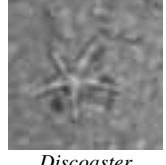
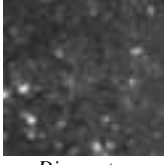
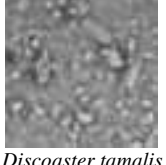



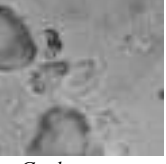

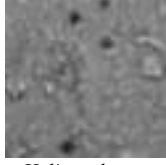

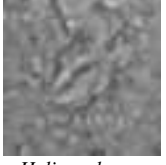

<http://joyarhman.blogspot.com/2014/04/apayang-terjadi-jika-bumi-mengalami.html>



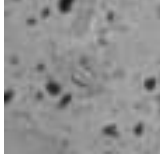











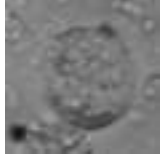
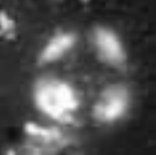
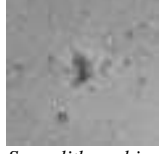
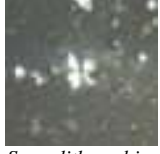
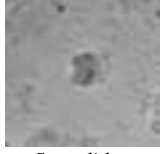

<http://www.exo.net/~pauld/workshops/Paleoclimate/paleotemperature.html>.

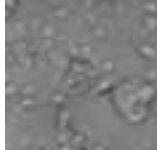





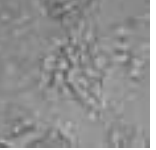

<https://www.jaea.go.jp/english/news/p07053102/be1.shtml>

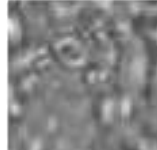

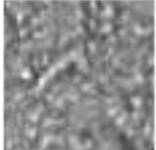



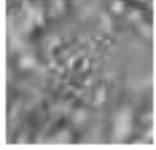
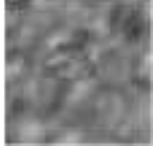
## FOTO HASIL ANALISIS NANNOPLANKTON



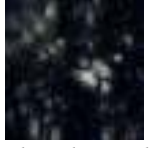
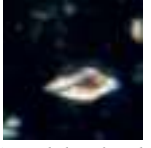


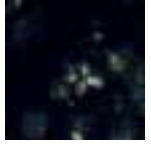


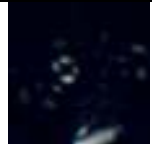


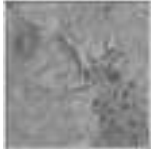


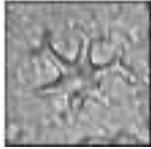
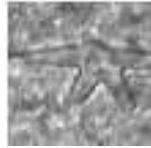
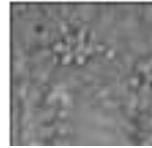

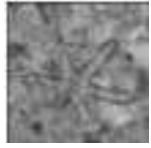
<b>Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko dan Sekitarnya, Kabupaten Bojonegoro Provinsi Jawa Timur</b>			
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (// Nikol)	<i>Calcidiscus leptoporus</i> (X Nikol)	<i>Ceratolithus rugosus</i> (// Nikol)	<i>Ceratolithus rugosus</i> (X Nikol)
<i>Coccolithus pelagicus</i> (// Nikol)	<i>Coccolithus pelagicus</i> (X Nikol)	<i>Discoaster altus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster altus</i> (X Nikol)
<i>Discoaster asymmetricus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster asymmetricus</i> (X Nikol)	<i>Discoaster bergrenii</i> (// Nikol)	<i>Discoaster bergrenii</i> (X Nikol)
<i>Discoaster blackstockae</i> (// Nikol)	<i>Discoaster blackstockae</i> (X Nikol)	<i>Discoaster brouweri</i> (// Nikol)	<i>Discoaster brouweri</i> (X Nikol)
<b>Gambar B.1. Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko dan Sekitarnya, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur</b>			

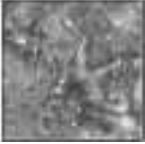

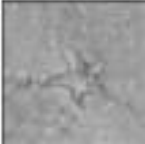
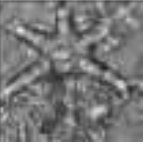

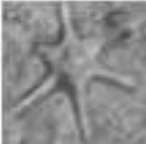

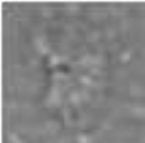

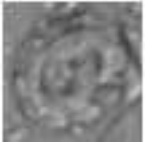


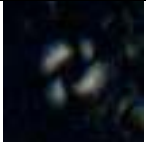



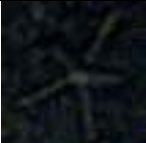


			
<i>Discoaster intercalaris</i> (// Nikol)	<i>Discoaster intercalaris</i> (X Nikol)	<i>Discoaster mendombensis</i> (// Nikol)	<i>Discoaster mendombensis</i> (X Nikol)
			
<i>Discoaster neorectus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster neorectus</i> (X Nikol)	<i>Discoaster pentaradiatus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster pentaradiatus</i> (X Nikol)
			
<i>Discoaster quinqueramus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster quinqueramus</i> (X Nikol)	<i>Discoaster tamalis</i> (// Nikol)	<i>Discoaster tamalis</i> (X Nikol)
			
<i>Gephyrocapsa caribbenaica</i> (// Nikol)	<i>Gephyrocapsa caribbenaica</i> (X Nikol)	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> (// Nikol)	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> (X Nikol)
<b>Gambar B.2. Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko dan Sekitarnya, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.</b>			
			
<i>Helicosphaera carteri</i> (// Nikol)	<i>Helicosphaera carteri</i> (X Nikol)	<i>Helicosphaera camptneri</i> (// Nikol)	<i>Helicosphaera camptneri</i> (X Nikol)


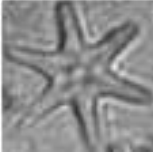




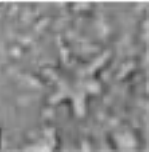
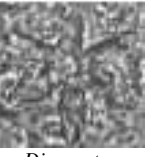
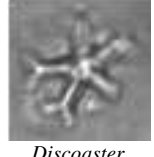
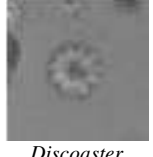
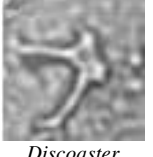
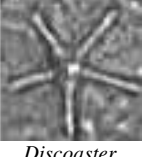
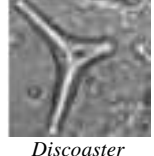
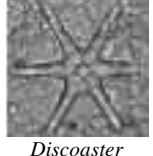

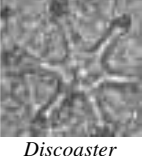




			
<i>Helicospaera selli</i> (// Nikol)	<i>Helicospaera selli</i> (X Nikol)	<i>Pseudombilica lacunose</i> (// Nikol)	<i>Pseudombilica lacunose</i> (X Nikol)
			
<i>Reticulofenestra haqii</i> (// Nikol)	<i>Reticulofenestra haqii</i> (X Nikol)	<i>Reticulofenestra minuta</i> (// Nikol)	<i>Reticulofenestra minuta</i> (X Nikol)
			
<i>Reticulofenestra minutula</i> (// Nikol)	<i>Reticulofenestra minutula</i> (X Nikol)	<i>Reticulofenestra pseudombilicus</i> (// Nikol)	<i>Reticulofenestra pseudombilicus</i> (X Nikol)
<b>Gambar B.3. Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur</b>			
			
<i>Rhabdospaera clavigera</i> (// Nikol)	<i>Rhabdospaera clavigera</i> (X Nikol)	<i>Scyposphaera globulata</i> (// Nikol)	<i>Scyposphaera globulata</i> (X Nikol)
			
<i>Spenolithus abies</i> (// Nikol)	<i>Spenolithus abies</i> (X Nikol)	<i>Spenolithus moriformis</i> (// Nikol)	<i>Spenolithus moriformis</i> (X Nikol)

			
<i>Spenolithus neoabies</i> (// Nikol)	<i>Spenolithus neoabies</i>	<i>Thoracosphaera albatrosiana</i> (// Nikol)	<i>Thoracosphaera albatrosiana</i>
			
<i>Thoracosphaera heimii</i> (// Nikol)	<i>Thoracosphaera heimii</i> (X Nikol)	<i>Thoracosphaera saxea</i> (// Nikol)	<i>Thoracosphaera saxea</i> (X Nikol)
<b>Gambar B.4. Nannofossil Lintasan Sungai Kedung Sumber, Daerah Soko, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur</b>			

<b>Nannofossil Lintasan Sungai Kaliasin, Daerah Pinggir dan Sekitarnya, Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur</b>			
			
<i>Reticulofenestra minuta</i> (// Nikol)	<i>Ceratolithus acutus</i> (X Nikol)	<i>Ceratolithus ornatus</i> (// Nikol)	<i>Calcidiscus leptoporus</i> (X Nikol)
			
<i>Reticulofenestra pseudumbilica</i> (X Nikol)	<i>Reticulofenestra minuta</i> (// Nikol)	<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> (// Nikol)	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> (// Nikol)



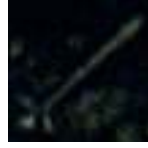

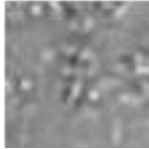
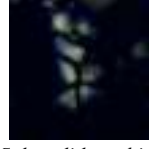
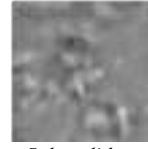

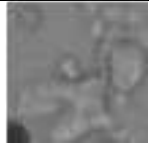






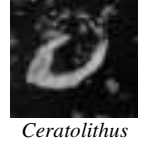
			
<i>Helicosphaera carteri</i> (X Nikol)	<i>Helicosphaera granulata</i> (X Nikol)	<i>Helicosphaera selli</i> (X Nikol)	<i>Scapolithus fossilis</i> (X Nikol)
			
<i>Sphenolithus abies</i> (X Nikol)	<i>Sphenolithus heteromorphus</i> (X Nikol)	<i>Sphenolithus moriformis</i> (X Nikol)	<i>Sphenolithus neoabies</i> (X Nikol)
<b>Gambar B.5. Nannofossil Lintasan Sungai Kaliasin, Daerah Pinggir dan Sekitarnya, Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur</b>			
			
<i>Syracosphaera</i> (X Nikol)	<i>Umbilicosphaera jaferei</i> (X Nikol)	<i>Discoaster asymmetricus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster bergreni</i> (// Nikol)
			
<i>Discoaster blackstockae</i> (// Nikol)	<i>Discoaster blackstockae</i> (X Nikol)	<i>Discoaster brouweri</i> (// Nikol)	<i>Discoaster challengerii</i> (// Nikol)
			
<i>Discoaster drugii</i> (// Nikol)	<i>Discoaster sp.</i> (// Nikol)	<i>Discoaster intercalaris</i> (// Nikol)	<i>Discoaster neohamatus</i> (// Nikol)

			
<i>Discoaster pentaradiatus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster prepena-radiatus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster quinquerramus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster variabilis</i> (// Nikol)
			-
<i>Discoaster triradiatus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster tristellifer</i> (// Nikol)	<i>Discoaster surculus</i> (// Nikol)	
<b>Gambar B.6. Nannofossil Lintasan Sungai Kaliasin, Daerah Pinggir dan Sekitarnya, Kecamatan Lengkonng Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur</b>			
			
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (// Nikol)	<i>Calcidiscus leptoporus</i> (X Nikol)	<i>Coccolithus pelagicus</i> (// Nikol)	<i>Coccolithus pelagicus</i> (X Nikol)
			
<i>Coccolithus pliipelagicus</i> (// Nikol)	<i>Coccolithus pliipelagicus</i> (X Nikol)	<i>Discoaster altus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster blackstockae</i> (// Nikol)
			
<i>Discoaster asymmetricus</i> (//Nikol)	<i>Discoaster asymmetricus</i> (X Nikol)	<i>Discoaster berggrenii</i> (X Nikol)	<i>Discoaster berggrenii</i> (// Nikol)

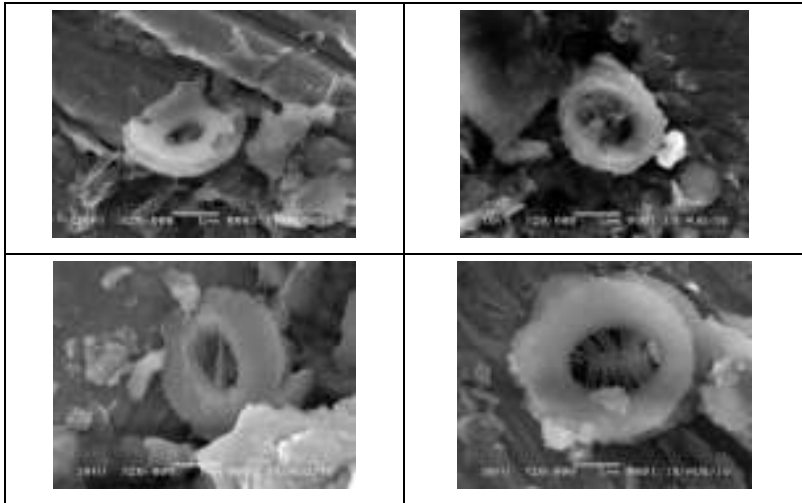
			
<i>Discoaster bolli</i> (// Nikol)	<i>Discoaster brouweri</i> (// Nikol)	<i>Discoaster calcaris</i> (// Nikol)	<i>Discoaster challengerii</i> (// Nikol)
			
<i>Discoaster druggii</i> (// Nikol)	<i>Discoaster hamatus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster intercalaris</i> (// Nikol)	<i>Discoaster neorectus</i> (// Nikol)
<b>Gambar B.7. Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur</b>			
			
<i>Discoaster pentaradiatus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster perplexus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster quadramus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster quinqueramus</i> (// Nikol)
			
<i>Discoaster triradiatus</i> (// Nikol)	<i>Discoaster tristellifer</i> (// Nikol)	<i>Discoaster variabilis</i> (// Nikol)	<i>Discoaster surculus</i> (// Nikol)
			
<i>Emiliana huxleyi</i> (// Nikol)	<i>Emiliana huxleyi</i> (// Nikol)	<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> (// Nikol)	<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> (X Nikol)



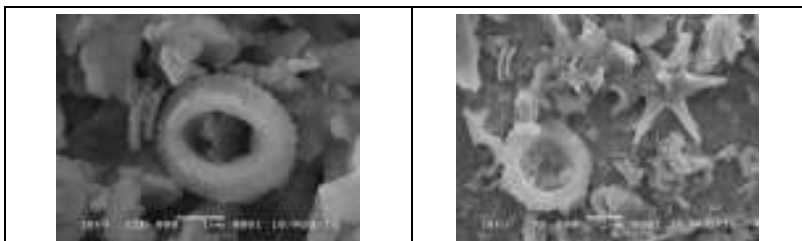
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> (//Nikol)	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> (XNikol)	<i>Helicosphaera carteri</i> (//Nikol)	<i>Helicosphaera carteri</i> (XNikol)
<b>Gambar B.8. Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur</b>			
<i>Helicosphaera camprii</i> (//Nikol)	<i>Helicosphaera camprii</i> (XNikol)	<i>Helicosphaera selli</i> (//Nikol)	<i>Helicosphaera selli</i> (//Nikol)
<b>Gambar B9. Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur</b>			
<i>Pseudoemiliania lacunose</i> (//Nikol)	<i>Pseudoemiliania lacunose</i> (XNikol)	<i>Pseudoemiliania ovata</i> (//Nikol)	<i>Pseudoemiliania ovata</i> (XNikol)
<i>Reticulofenestra haqii</i> (//Nikol)	<i>Reticulofenestra haqii</i> (XNikol)	<i>Reticulofenestra minuta</i> (//Nikol)	<i>Reticulofenestra minuta</i> (XNikol)
<i>Reticulofenestra minutula</i> (//Nikol)	<i>Reticulofenestra minutula</i> (XNikol)	<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> (//Nikol)	<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> (XNikol)
<b>Gambar B.10. Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur</b>			

			
<i>Reticulofenestra rotaria</i> (//Nikol)	<i>Reticulofenestra rotaria</i> (XNikol)	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> (//Nikol)	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> (X Nikol)
			
<i>Sphenolithus abies</i> (//Nikol)	<i>Sphenolithus abies</i> (X Nikol)	<i>Sphenolithus moriformis</i> (//Nikol)	<i>Sphenolithus moriformis</i> (X Nikol)
			
<i>Sphenolithus neabies</i> (// Nikol)	<i>Sphenolithus neabies</i> (X Nikol)	<i>Syracopsphaera</i> sp.(// Nikol)	<i>Syracopsphaera</i> sp.(X Nikol)
			
<i>Umbilicosphaera jafari</i> (// Nikol)	<i>Reticulofenestra</i> 1µm dg SEM	<i>Discoaster brouweri</i> 2µm dg SEM	<i>Ceratolithus acutus</i> (X Nikol)
<b>Gambar B.11. Nannofossil daerah Lintasan Sungai Kalibeng Daerah Kedungringin dan sekitarnya, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, Jawa Timur</b>			

**HASIL ANALISIS SEM  
(Sampel dari Bojonegoro)**



**HASIL ANALISIS SEM  
(Sampel dari Jombang)**



**Gambar C.1. Penampakan nannoplankton dalam pengamatan menggunakan SEM, yang dilakukan Tim temperatur di Pusat Survei Geologi di Bandung**