

HUBUNGAN VERTIKAL ANTARA KELIMPAHAN FORAMINIFERA DAN KARAKTERISTIK SEDIMEN INTI DI SELAT SUMBA, NUSA TENGGARA TIMUR

THE VERTICAL RELATIONSHIP BETWEEN FORAMINIFERAL ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS OF CORE SEDIMENT IN SUMBA STRAIT, EAST NUSA TENGGARA

Adrianus Damanik¹, Purna Sulastya Putra², Septriono Hari Nugroho³, dan Rubiyanto Kapid¹

¹Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

²Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

³Pusat Penelitian Laut Dalam, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Email: adrianusdamanik@gmail.com

Diterima : 15-09-2018, Disetujui : 28-03-2019

ABSTRAK

Data kelimpahan foraminifera dan karakteristik sedimen inti laut dalam digunakan sebagai proksi untuk merekonstruksi iklim, lingkungan, dan oseanografi di masa lalu. Penelitian ini menggunakan sebuah sampel sedimen inti laut dalam (ST-13) sepanjang 173 cm dari Selat Sumba, Nusa Tenggara Timur. Sampel sedimen tersebut diambil dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VII pada saat Ekspedisi Widya Nusantara (E-WIN) tahun 2016. Sebanyak 22 subsampel sedimen diambil secara vertikal pada setiap interval delapan cm untuk analisa kelimpahan foraminifera, karakteristik fisik sedimen dan kandungan unsur kimianya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara unsur biogenik (kelimpahan foraminifera) terhadap unsur anorganik (karakteristik fisik sedimen dan kandungan unsur kimia) melalui pengujian korelasi Pearson pada piranti lunak *XLSTAT*. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai korelasi yang tinggi antara kelimpahan foraminifera dengan nilai rata-rata, kemencengan, persentase pasir, Ca, dan Sr (-0,64, 0,72, 0,66, 0,71, dan 0,75). Sedangkan nilai korelasi yang lemah terjadi antara kelimpahan foraminifera terhadap pemilahan, kurtosis, Fe, Ti, dan K (-0,13, 0,43, -0,18, -0,43, dan -0,42). Nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa kelimpahan foraminifera mempengaruhi ukuran butir rata-rata, pergeseran distribusi kearah lebih kasar, persentase pasir, dan juga Ca dan Sr sebagai unsur dari cangkang foraminifera tersebut.

Kata kunci: Kelimpahan foraminifera, karakteristik sedimen, korelasi Pearson, laut dalam, Selat Sumba

ABSTRACT

Data of foraminiferal abundance and deep sea core sediment characteristics are used as proxies to reconstruct climate, environment and oceanography in the past. A study was conducted on deep sea using a 173 cm length core sediment sample (ST-13) from the Sumba Strait, East Nusa Tenggara. This core was carried out from RV Baruna Jaya VIII during the Widya Nusantara (E-WIN) Expedition in 2016. The abundance of foraminifera, physical properties of sediment and chemical content were analyzed from 22 subsamples sediments at every eight cm intervals. The purpose of this study was to determine the relationship between biogenic elements (abundance of foraminifera) to organic elements (physical properties of sediment and chemical content) by Pearson's correlation with XLSTAT software. The results showed that a strong correlation between foraminiferal abundance with mean, skewness, sand percentages, Ca, and Sr (-0.64, 0.72, 0.66, 0.71, and 0.75). Meanwhile, the weak correlation values occur between foraminiferal abundance and sorting, kurtosis, Fe, Ti, and K (-0.13, 0.43, -0.18, -0.43, and -0.42). It seems that foraminifera abundance affects the mean grain size, changes the distribution to more coarse, the percentage of sand, and also Ca and Sr as its from shell of the foraminifera.

Keywords: Foraminifera abundance, sediment characteristics, Pearson's correlation, deep sea sediment, Sumba Strait.

PENDAHULUAN

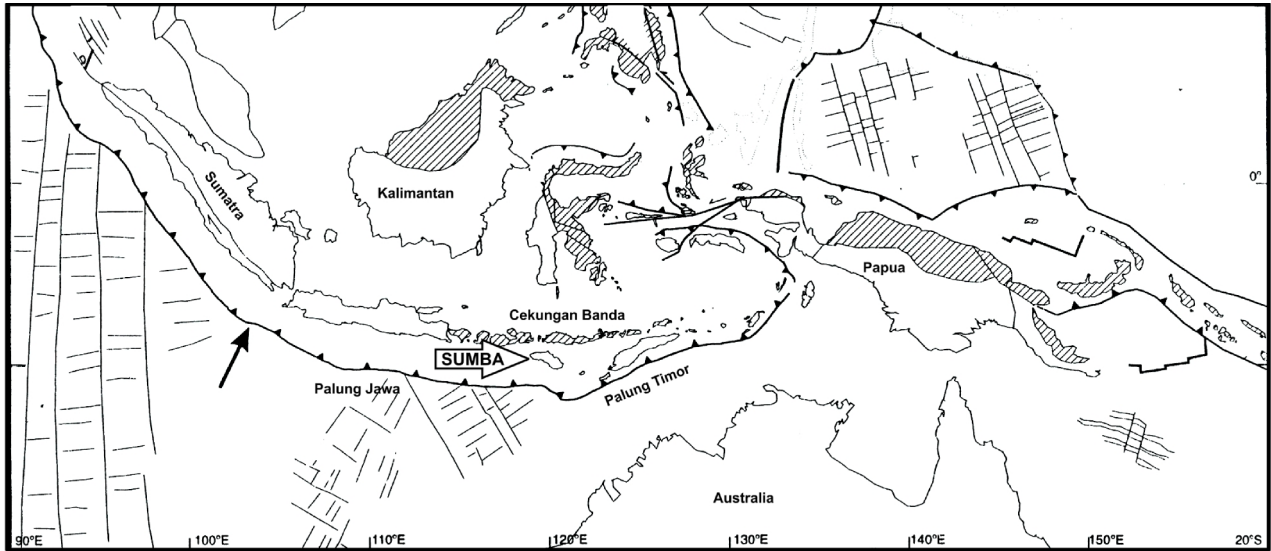
Sedimen laut meliputi 70% dari permukaan bumi, sebagai salah satu jejak tempat terdapatnya proksi, telah banyak dimanfaatkan untuk merekonstruksi temperatur, komposisi kimia air, informasi biomassa atau pola vegetasi, variasi daerah geomagnetik, permukaan laut, presipitasi, dan aktivitas matahari (Bradley, 2015). Sedimen laut juga dapat menyimpan proksi yang dapat merekonstruksi beberapa parameter khususnya paleoseanografi (Meissner, 2007). Proksi pada sedimen laut mengandung unsur biogenik dan inorganik (Bradley, 2015). Unsur biogenik seperti mikrofosil (foraminifera) dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kandungan isotop oksigen, kelimpahan flora dan fauna dan unsur penjejak dari kandungan cangkangnya (Mg/Ca). Unsur inorganik seperti karakteristik fisik sedimen dan kandungan kimia didalamnya juga dapat dimanfaatkan menjadi proksi. Hubungan antara berbagai macam proksi dalam hal ini unsur biogenik (kelimpahan foraminifera) dengan unsur organik (karakteristik fisik sedimen dan kandungan kimia) yang terdapat pada sedimen laut menjadi perlu diketahui sebelum melakukan analisis lebih lanjut mengenai proksi tersebut.

Beberapa penelitian tentang distribusi dan ekologi foraminifera telah dilakukan di berbagai wilayah perairan Indonesia. Adisaputra (1989) melakukan penelitian di daerah Flores, Lombok dan Cekungan Savu yang menunjukkan adanya perbedaan pola dan kelimpahan spesies foraminifera yang disebabkan oleh kondisi oseanografi dan efek pelarutan (CCD). Pada tahun 2006, Ding dkk. melakukan penelitian foraminifera untuk mengetahui perbedaan suhu permukaan laut, salinitas, kedalaman termoklin dan nutrisi di daerah Jawa/Banda, Timor, Sumatra dan perbatasan Australia. Sedangkan Natsir dkk. (2015) melakukan studi foraminifera di daerah perairan lepas pantai Balikpapan, Selat Makassar. Distribusi foraminifera untuk rekonstruksi perubahan paleoseanografi di Laut Halmahera dan sekitarnya dipengaruhi oleh iklim global dilakukan oleh Gustiantini dkk. (2015). Studi ini didukung dengan pemodelan umur dan rekonstruksi isotop stratigrafi berdasarkan analisis $\delta^{18}O$ *G. ruber* dan C^{14} *radiocarbon dating*. Selanjutnya Kurniasih dkk. (2017) melakukan penelitian ekologi dan lingkungan pengendapan foraminifera menggunakan pendekatan statistik di Teluk Weda, Maluku Utara. Sebagian besar penelitian yang telah dilakukan, hanya menunjukkan hubungan

kehadiran foraminifera dengan ekologi dan kondisi oseanografi. Sementara itu, penelitian mengenai hubungan antara foraminifera dan karakteristik sedimen laut, khususnya secara vertikal, masih belum banyak dilakukan. Sedangkan secara spasial telah dilakukan oleh Dewi dan Saputro (2013) yang menghubungkan kandungan foraminifera dengan kedalaman dan jenis sedimen Teluk Bone. Susti (2017) telah melakukan penelitian spasial dari sampel permukaan sedimen laut Ekspedisi Widya Nusantara 2016 di perairan Sumba mengenai distribusi foraminifera kecil berdasarkan karakteristik sedimen. Berdasarkan analisis komponen utama/*Principal Component Analysis*, terdapat pengaruh karakteristik sedimen dengan distribusi kelimpahan foraminifera pada permukaan. Selanjutnya penelitian secara spasial yang dilakukan Putra dan Nugroho (2019) menunjukkan adanya kelimpahan foraminifera bentonik hidup pada kedalaman 800-1000m dan meningkat ke arah timur Selat Sumba. Untuk melengkapi penelitian di perairan Sumba, perlu dilakukan uji korelasi mengenai hubungan kelimpahan foraminifera dan karakteristik sedimen pada sedimen inti secara vertikal.

Pulau Sumba memiliki posisi yang khas terkait dengan busur Sunda-Banda yang merepresentasikan sebuah potongan terisolasi dari kerak benua terhadap busur kepulauan vulkanik aktif (Sumbawa, Flores) dalam cekungan muka busur (Abdullah dkk., 2000). Pulau Sumba terletak di bagian utara pada transisi antara Palung Jawa (bidang subduksi) dengan *Timor Trough* (bidang kolisi) (Gambar 1). Hal tersebut tidak menunjukkan efek kompresi kuat, berbeda dengan pulau-pulau sistem busur sebelah luar (Savu, Roti, Timor), sedangkan unit magmatik menjadi bagian yang substansial pada stratigrafi Kapur Akhir hingga Paleogen (Abdullah dkk., 2000). Berdasarkan penelitian yang dilakukan van Weering dkk., (1989) dikemukakan bahwa terdapat rongga dengan diameter sekitar 450 m yang berada di bagian tengah dan bawah Cekungan Savu. Rongga tersebut dipengaruhi oleh gerakan massa sedimen terbaru dan/atau *subrecent* yang menuruni punggung. Kemudian terangkat antara Pulau Sumba dan Savu/Roti, bukan oleh pembentukan metana (van Weering, 1989).

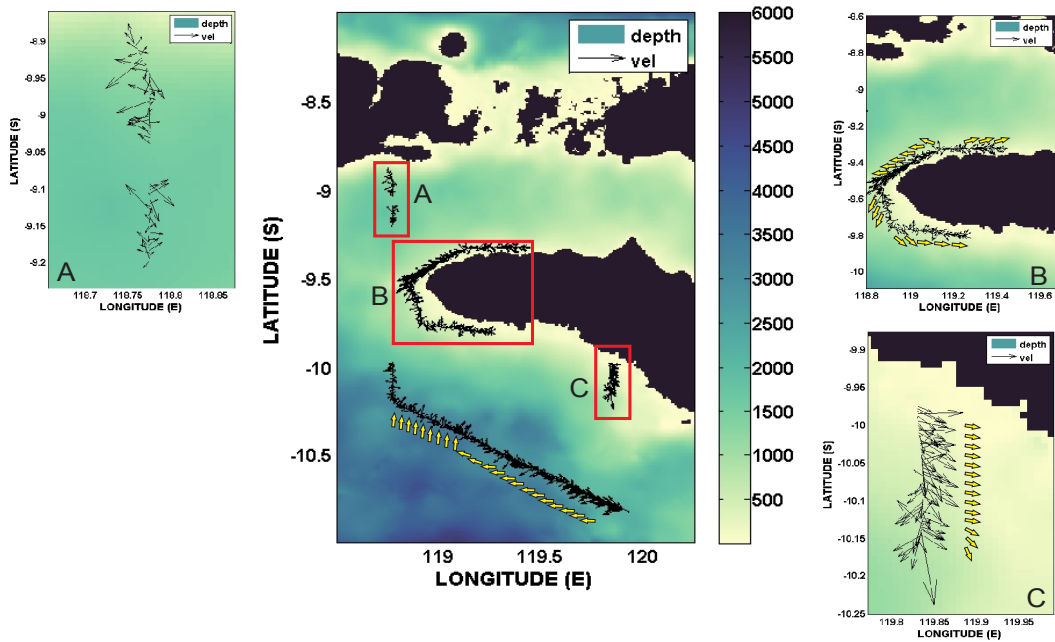
Berdasarkan laporan akhir Hasil Ekspedisi Widya Nusantara 2016 oleh Pusat Penelitian Oseanografi (2016), pola arus permukaan (kedalaman 10,76 m) di wilayah Perairan Sumba diukur menggunakan SADCP yang secara umum menunjukkan bahwa pada lokasi A (selatan Pulau



Gambar 1. Posisi Pulau Sumba pada tatanan tektonik Indonesia (Nichols dan Hall, 1999 dengan modifikasi).

Sumbawa), tidak terlihat adanya dominasi arus menuju salah satu arah tertentu, di bagian barat Pulau Sumba (B) terlihat adanya pola arus yang bergerak dengan arah sejajar pantai, dan di bagian selatan Pulau Sumba (C), massa air bergerak dominan ke arah timur menuju pantai (Gambar 2). Sedangkan di bagian selatan Pulau Sumba (pada area 10° LS hingga 11° LS) dapat dilihat adanya pergerakan arus permukaan ke arah barat hingga timur laut (Gambar 2).

Penelitian mengenai hubungan antara foraminifera dan karakteristik sedimen kali ini menjadi menarik karena belum ada yang melakukan analisis secara vertikal menggunakan inti sedimen laut dalam, khususnya di Selat Sumba. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan keterkaitan antara unsur biogenik khususnya foraminifera, dengan unsur inorganik seperti karakteristik fisik sedimen dan kandungan kimia pada sedimen laut.

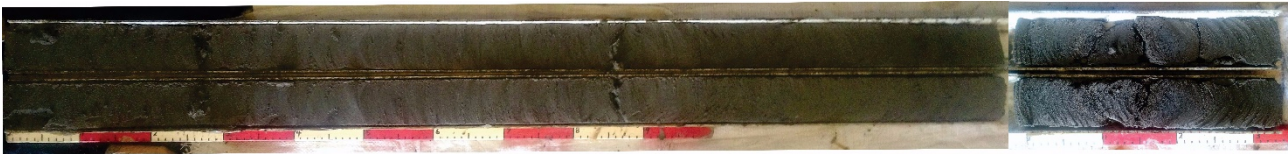


Gambar 2. Pola arus permukaan: pada lokasi A tidak menunjukkan dominasi ke arah tertentu; pada lokasi B menunjukkan pergerakan ke arah sejajar pantai, dan pada C bergerak dominan ke arah timur menuju pantai (Pusat Penelitian Oseanografi, 2016)

METODE

Pengambilan sampel sedimen dasar laut menggunakan pemercontoh jatuh bebas (*gravity corer*) pada Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel inti laut dalam dengan kode ST-13 (Gambar 3) hasil Ekspedisi Widya Nusantara LIPI 2016. Sampel diambil di Selat Sumba yang berbatasan dengan Pulau Flores (di Utara) dan Pulau Sumba

Analisis unsur biogenik (foraminifera) dilakukan di Laboratorium Mikropaleontologi, Institut Teknologi Bandung Kelimpahan foraminifera dilakukan dengan pengamatan mikroskop Nikon SMZ1500 dan perhitungan kelimpahan foraminifera dihitung dengan mendeterminasi foraminifera ~300 individu foraminifera dalam setiap subsampel (Saraswat, 2015). Pengamatan foraminifera dilakukan dengan



Gambar 3. Sampel inti sedimen ST-13

(di Selatan) pada koordinat 09°04'544" LS 119°42'727" BT (Gambar 4). Sampel diambil pada kedalaman 793 m dengan perolehan sampel sepanjang 173 cm. Kemudian dilakukan pencuplikan subsampel sedimen pada setiap interval 8 cm, sehingga total tersedia 22 subsampel sedimen inti. Interval analisis ini dipilih berdasarkan penelitian Zulfaqar (2018) bahwa kecepatan sedimentasi di Selat Sumba 0,013 cm/tahun atau 76,92 tahun untuk pengendapan setebal satu cm. Dengan demikian, interval analisis pada penelitian ini adalah ± 600 tahun. Hal ini dianggap cukup efektif untuk penelitian perubahan masing-masing proksi.

membagi sampel dengan alat pembagi/*splitter* sampai berat yang diperoleh 0,005 gr. Berat ini merupakan berat optimal (hasil percobaan) untuk mendapatkan 300 individu foraminifera yang dapat diidentifikasi. Determinasi dilakukan dengan berpedoman pada literatur yang menjelaskan deskripsi foraminifera (Blow, 1969 dan Bolli dan Saunders, 1985).

Analisis unsur inorganik (besar butir dan kandungan kimia) dilakukan di Laboratorium Sedimentologi dan Laboratorium Kimia Sumberdaya Geologi, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung. Analisis besar butir dilakukan dengan alat Malvern Mastersizer 2000 dan pengolahan dengan piranti lunak Gradistat

v.4.0 (Blott dan Pye, 2001) yang bertujuan untuk mendapatkan nilai parameter besar butir yaitu rata-rata (*mean*), pemilahan (*sorting*), kemencengan (*skewness*), dan kurtosis. Nilai parameter besar butir tersebut telah banyak dimanfaatkan untuk mengidentifikasi proses transportasi dan energi pengendapan (Folk dan Ward, 1957; Korwa, dkk., 2013; Nugroho dan Putra, 2017, Putra dan Nugroho, 2017;). Berikut ini deskripsi setiap parameter yang digunakan menurut Boggs (2009): rata-rata adalah besar butir rata-



Gambar 4. Lokasi penelitian (kotak merah) dan titik pengambilan sampel sedimen inti ST-13.

penyebaran besar butir terhadap besar butir rata-rata, nilai kemencengan adalah penyimpangan distribusi besar butir terhadap distribusi normal dan *Kurtosis* menunjukkan derajat keruncingan distribusi besar butir. Perhitungan setiap parameter dilakukan dengan persamaan Folk dan Ward (1957) pada Tabel 1.

Analisis kandungan kimia dilakukan dengan alat *portable XRF scanner Thermo Scientific*.

bertujuan untuk mendapatkan data kandungan unsur kimia. Menurut Rothwell dan Croudace (2015) unsur Ca, Fe, Sr, K, dan Ti

(Ho, 2006). Dalam penelitian ini interval kekuatan hubungan antar variabel sesuai dengan Sarwono (2009), yaitu nilai >0,5 dan <-0,5 menunjukkan hubungan yang kuat antar kedua variabel.

HASIL

Foraminifera yang ditemukan didominasi oleh kelimpahan foraminifera planktonik dengan nilai rasio P/(P+B) lebih besar dari 90%. Hal ini juga didukung dengan ditemukannya foraminifera bentonik spesies *Uvigerina* spp., dan *Laticarinina*

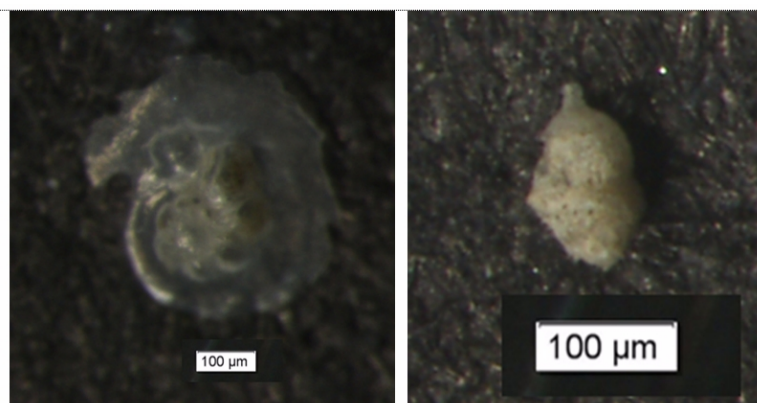
Tabel 1. Parameter besar butir menurut Folk dan Ward (1957)

Rata-rata	Pemilahan	Kemencengan	Kurtosis
$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$	$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$	$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

merupakan unsur yang umum terdapat pada sedimen laut, sehingga dalam penelitian ini difokuskan terhadap unsur-unsur utama tersebut. Unsur Ca diinterpretasikan dengan banyaknya proses biogenik, prediksi kandungan oksigen, kandungan karbonat, dan transgresi laut. Unsur Fe berkaitan dengan suplai sedimen dari darat, perubahan dari produktivitas karbonat, perubahan iklim, siklus paleo-oseanografi. Unsur Sr digunakan untuk membedakan tipe dari batuan karbonat, mendeteksi kandungan cangkang. Unsur K dan Ti berkaitan dengan unsur Fe sebagai bukti perubahan suplai sedimen dari darat, densitas sedimen dan mengindikasikan lapisan tephra oleh unsur Ti.

Pengujian hubungan antara proksi menggunakan piranti lunak *XLSTAT* dengan uji korelasi yang akan menghasilkan nilai koefisien korelasi Pearson. Koefisien korelasi Pearson digunakan karena data pada penelitian ini berupa suatu nilai interval atau rasio (Ho, 2006). Koefisien korelasi Pearson dinyatakan dengan nilai dari 1 sampai dengan -1. Nilai positif akan menyatakan hubungan yang selaras antara satu variabel dengan variabel lainnya sedangkan nilai negatif menyatakan hubungan yang saling berkebalikan. Nilai 1 dan -1 menyatakan hubungan yang sempurna dan 0 menyatakan tidak ada hubungan antara keduanya

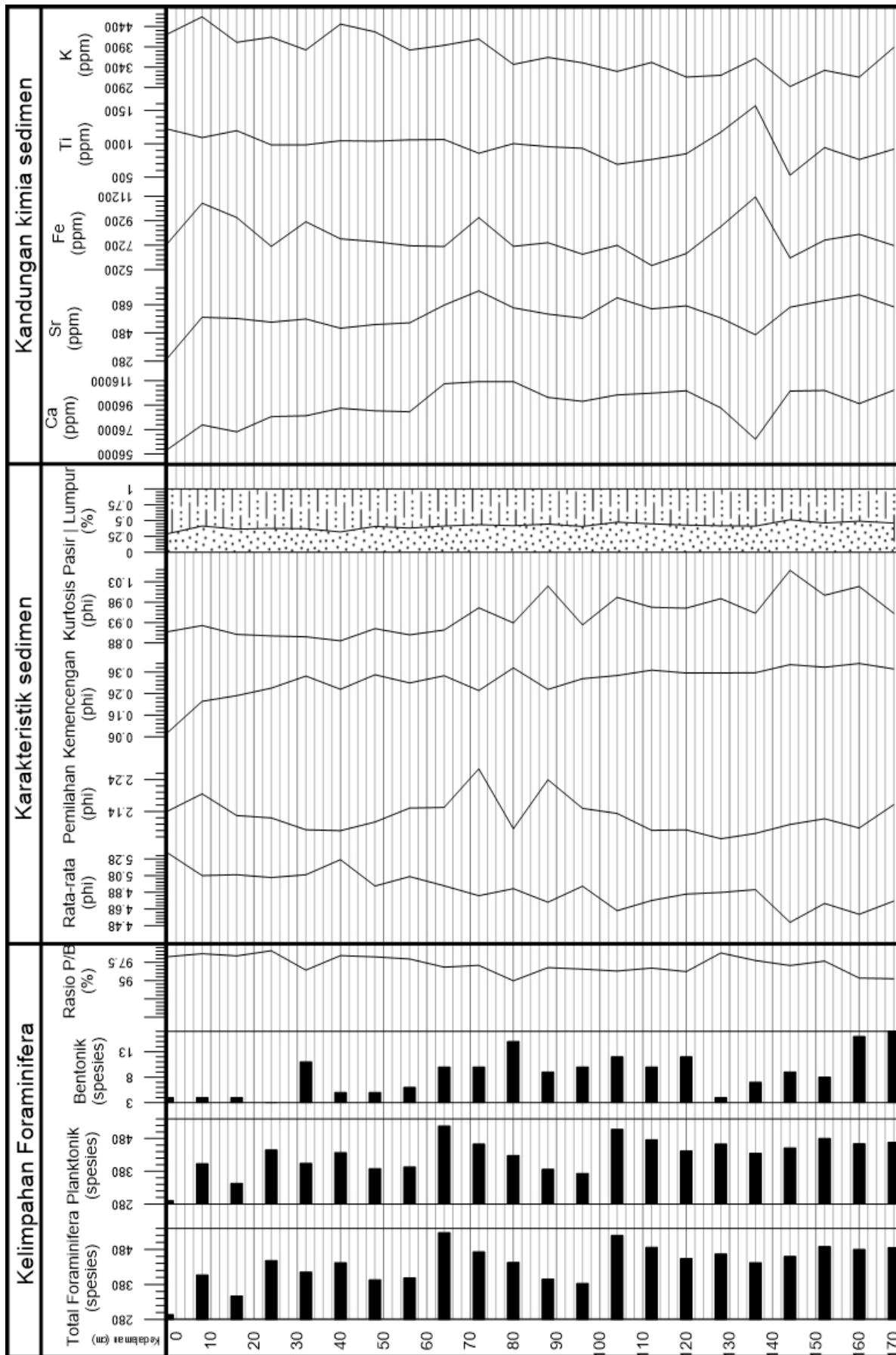
pauperata (Gambar 5) sebagai penciri lingkungan laut dalam hampir pada setiap interval pengamatan. Sedangkan foraminifera planktonik yang ditemukan didominasi oleh *Globigerinoides ruber*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Hastigerina aequilateralis*, *Pulleniatina obliqueloculata* dan *Globorotalia menardii*. Total kelimpahan foraminifera menunjukkan pola yang relatif menurun semakin kearah atas (dasar laut atau bagian top) walaupun mengalami peningkatan dari kedalaman 96 cm sampai 64 cm dan nilai yang cukup tinggi pada kedalaman 104 cm. Nilai rata-rata ukuran butir memiliki pola yang meningkat dalam satuan phi, yang berarti memiliki pola ukuran butir yang semakin mengkasar semakin keatas, nilai kemencengan memiliki pola nilai yang semakin mengecil keatas, sedangkan nilai kurtosis



Gambar 5. *Laticarinina pauperata* dan *Uvigerina* spp. sebagai penciri lingkungan laut dalam.

Tabel 2 Nilai seluruh proksi sedimen inti ST-13

Kedalaman cm	Kelimpahan Foraminifera			Karakteristik fisik sedimen						Kandungan kimia sedimen					
	Total Foraminifera spesies	Plangtonik spesies	Bentonik spesies	Rasio P/B %	Rata-rata phi	Pemialahan phi	Kemencengan phi	Kurtosis phi	Pasir %	Lumpur %	Ca ppm	Sr ppm	Fe ppm	Ti ppm	K ppm
0	294	290	4	98.24	5.35	2.14	0.08	0.91	0.29	0.71	59707.19	301.48	7346.65	1219.28	4213.90
8	407	403	4	98.65	5.08	2.20	0.22	0.92	0.41	0.59	79744.04	590.68	10622.78	1091.93	4635.33
16	347	343	4	98.35	5.09	2.13	0.25	0.90	0.36	0.64	74131.06	582.16	9454.26	1196.09	4008.46
24	448	445	3	99.06	5.06	2.12	0.28	0.90	0.37	0.63	86550.05	555.78	7089.97	982.46	4136.17
32	415	404	11	96.42	5.09	2.08	0.34	0.89	0.37	0.63	87266.37	578.19	9105.67	983.45	3822.59
40	442	437	5	98.40	5.27	2.08	0.28	0.89	0.32	0.68	93410.70	512.70	7708.09	1045.60	4456.77
48	393	388	5	98.22	4.96	2.11	0.35	0.91	0.41	0.59	91365.71	539.35	7481.51	1038.65	4265.86
56	399	393	6	97.94	5.07	2.15	0.31	0.90	0.38	0.62	90530.60	550.83	7146.90	1057.44	3819.21
64	528	518	10	96.82	4.96	2.15	0.34	0.91	0.41	0.59	113411.66	676.88	7078.23	1062.49	3937.25
72	473	463	10	97.07	4.84	2.27	0.27	0.97	0.43	0.57	115245.72	777.64	9448.84	856.72	4088.58
80	443	428	15	94.97	4.92	2.09	0.38	0.93	0.42	0.58	115237.86	657.76	7096.31	1001.50	3467.12
88	395	386	9	96.76	4.76	2.24	0.28	1.02	0.44	0.56	102275.21	613.29	7393.87	955.51	3640.52
96	383	373	10	96.55	4.95	2.15	0.33	0.92	0.41	0.59	99046.73	584.18	6445.69	930.49	3506.52
104	520	508	12	96.30	4.66	2.13	0.34	0.99	0.47	0.53	104313.16	728.81	7183.71	690.64	3295.38
112	486	476	10	96.70	4.78	2.08	0.37	0.97	0.45	0.55	105754.02	649.94	5526.94	764.19	3514.75
120	454	442	12	96.21	4.86	2.08	0.36	0.97	0.43	0.57	107715.67	671.86	6506.86	848.93	3157.00
128	467	463	4	98.76	4.88	2.05	0.36	0.99	0.42	0.58	93712.70	585.09	8715.39	1173.80	3199.48
136	442	435	7	97.73	4.91	2.07	0.36	0.95	0.41	0.59	68086.89	466.20	11141.22	1570.72	3618.26
144	460	451	9	97.05	4.52	2.10	0.39	1.06	0.51	0.49	107456.20	661.74	6146.63	528.62	2922.63
152	488	480	8	97.65	4.75	2.12	0.38	1.00	0.46	0.54	107959.97	709.19	7604.58	942.08	3322.30
160	480	464	16	95.34	4.62	2.09	0.40	1.02	0.49	0.51	97242.21	750.60	8081.15	763.43	3154.38
168	485	468	17	95.24	4.77	2.16	0.37	0.95	0.46	0.54	108170.13	664.87	7163.39	918.52	3883.55



Gambar 6. Nilai seluruh proksi sedimen inti ST-13

dan pemilahan cukup berfluktuatif. Nilai kandungan unsur kimia Ca dan Sr memiliki pola yang relatif meningkat semakin keatas sedangkan nilai kandungan unsur kimia K relatif meningkat keatas dan nilai Fe dan Ti cukup berfluktuatif. Hasil analisis unsur biogenik (kelimpahan foraminifera) dan unsur inorganik (karakteristik fisik sedimen dan kandungan kimia) terdapat pada Tabel 2 dan dibuat dalam bentuk grafik pada Gambar 6. Data statistik seluruh proksi terdapat pada Tabel 3.

Dari keseluruhan data yang didapat kemudian diolah menggunakan perangkat lunak XLSTAT untuk mengetahui hubungan antara proksi yaitu kelimpahan foraminifera terhadap karakteristik fisik sedimen dan kandungan kimia. Berdasarkan

yang kuat antara rata-rata dengan kelimpahan foraminifera. Grafik rata-rata vs kelimpahan foraminifera ditunjukkan pada Gambar 7. Bertambahnya kelimpahan foraminifera sejalan dengan penurunan nilai phi besar butir (bertambahnya besar butir rata-rata).

Peningkatan besar butir rata-rata dikarenakan pengukuran besar butir dilakukan tanpa memisahkan foraminifera pada sedimen, sehingga dalam sampel sedimen dengan kelimpahan foraminifera lebih tinggi memiliki ukuran butir rata-rata yang lebih tinggi ditunjukkan pada Gambar 7. Dengan ukuran butir rata-rata foraminifera planktonik yang dominan terdapat dalam sampel >200 μm atau berukuran pasir (Gambar 8), sedangkan foraminifera bentonik yang

Tabel 3. Data statistik setiap proksi sedimen inti ST-13

Proksi		Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata
Kelimpahan foraminifera	Total Foraminifera	spesies	294	528	438.59
	Planktonik	spesies	290	518	429.91
	Bentonik	spesies	3	17	8.68
	Rasio P/B	%	94.97	99.06	97.20
Karakteristik fisik sedimen	Rata-rata	phi	4.52	5.35	4.92
	Pemilahan	phi	2.05	2.27	2.13
	Kemencengan	phi	0.08	0.40	0.32
	Kurtosis	phi	0.89	1.06	0.95
	Pasir	%	0.29	0.51	0.41
Kandungan kimia sedimen	Ca	ppm	59707.19	115245.72	95833.36
	Sr	ppm	301.48	777.64	609.51
	Fe	ppm	5526.94	11141.22	7794.94
	Ti	ppm	528.62	1570.72	982.84
	K	ppm	2922.63	4635.33	3730.27

hasil analisis didapatkan Tabel 4, yaitu tabel nilai korelasi setiap proksi. Nilai korelasi kelimpahan foraminifera dengan nilai rata-rata, kemencengan, %pasir, unsur Ca dan Sr berturut-turut yaitu -0,64, 0,72, 0,66, 0,71, dan 0,75. Menurut Sarwono (2009), nilai korelasi >0,5 atau <-0,5 menyatakan hubungan yang kuat. Sedangkan nilai korelasi kelimpahan foraminifera terhadap pemilahan, kurtosis, Fe, Ti, dan K mempunyai nilai diantara 0,5 dan -0,5, yaitu -0,13, 0,43, -0,18, -0,43, dan -0,42 yang berarti mempunyai hubungan yang lemah.

PEMBAHASAN

Kelimpahan foraminifera terhadap karakteristik fisik sedimen

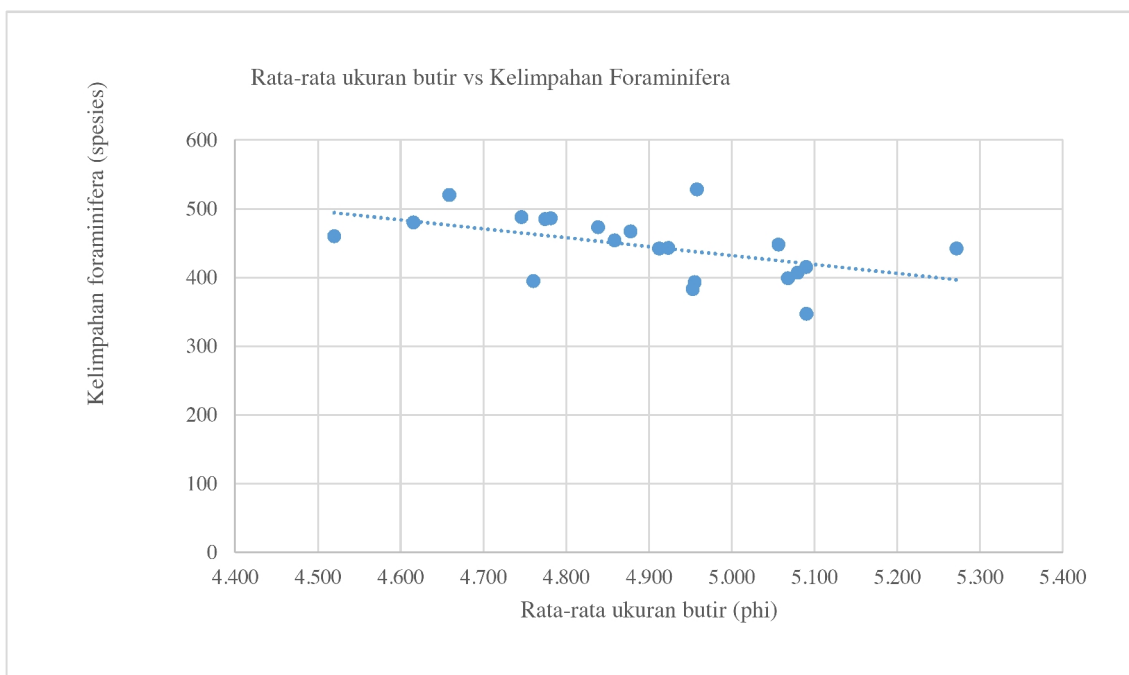
Nilai korelasi antara rata-rata dan kelimpahan foraminifera adalah -0,64 (Tabel 4). Nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan berkebalikan

ditemukan memiliki ukuran yang relatif lebih kecil (Gambar 9), maka dalam peningkatan kelimpahan foraminifera, dalam penelitian ini didominasi oleh foraminifera planktonik, akan sejalan dengan peningkatan persentase ukuran pasir dalam pengukuran besar butir (Gambar 10). Nilai korelasi antara kelimpahan foraminifera dan %pasir yaitu 0,66 (Tabel 4). Grafik dan nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan yang kuat antara kelimpahan foraminifera dengan %pasir dalam sampel. Peningkatan kelimpahan foraminifera akan sejalan dengan %pasir dalam sampel.

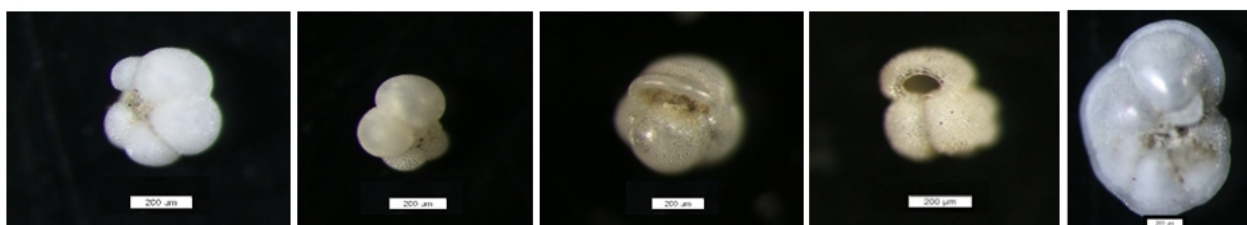
Peningkatan kelimpahan foraminifera juga berkorelasi dengan peningkatan nilai kemencengan (Gambar 11). Nilai korelasi antara kelimpahan foraminifera dan nilai kemencengan yaitu 0,72 (Tabel 4). Grafik dan nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan yang kuat antara kelimpahan foraminifera dengan nilai kemencengan dalam sampel sedimen. Peningkatan

Tabel 4. Nilai korelasi setiap proksi sedimen inti ST-13

Proksi	Karakteristik fisik sedimen					Kandungan kimia sedimen				
	Rata-rata	Pemilahan	Kemencengan	Kurtosis	Pasir	Ca	Sr	Fe	Ti	K
	phi	phi	phi	phi	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Total Foraminifera	-0.64	-0.13	0.72	0.43	0.66	0.71	0.75	-0.18	-0.43	-0.42



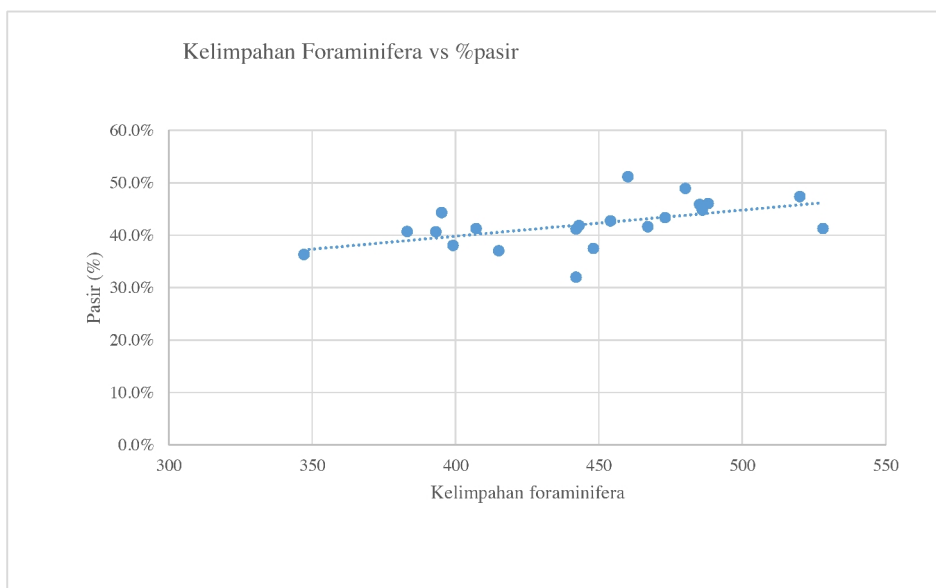
Gambar 7. Grafik rata-rata ukuran butir vs kelimpahan foraminifera



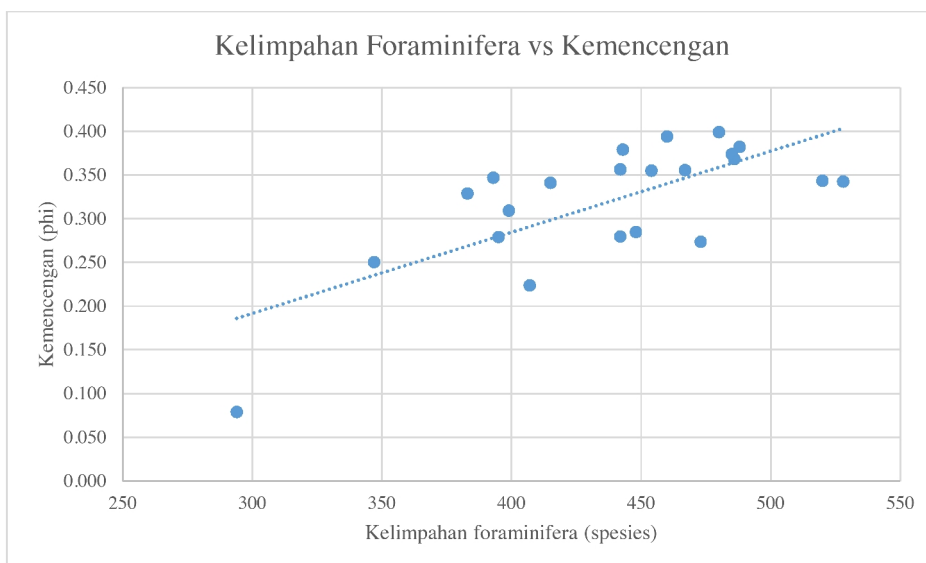
Gambar 8. Foraminifera planktonik yang dominan ditemukan di sepanjang sampel sedimen inti: *Neogloboquadrina dutertrei*, *Hastigerina aequilateralis*, *Pulleniatina obliqueloculata*, *Globigerinoides ruber*, dan *Globorotalia menardii* yang rata-rata berukuran >200 μm atau berukuran pasir



Gambar 9. Foraminifera bentonik yang ditemukan pada sampel. Pada umumnya berukuran relatif lebih kecil dibandingkan foraminifera plangtonik.



Gambar 10. Grafik kelimpahan foraminifera vs %pasir



Gambar 11. Grafik kelimpahan foraminifera vs kemencengan

kelimpahan foraminifera akan sejalan dengan nilai penyimpangan distribusi besar butir terhadap distribusi normal. Penyimpangan distribusi besar butir tersebut bernilai semakin besar sesuai dengan peningkatan kelimpahan foraminifera yang berarti peningkatan foraminifera menyebabkan peningkatan ukuran butir dominan lebih kasar.

Peningkatan kelimpahan foraminifera terhadap nilai pemilahan dan kurtosis menunjukkan hubungan yang lemah. Hal ini ditunjukkan oleh nilai korelasi pada Tabel 4 yang lebih mendekati angka 0 daripada 1 seperti yang dikatakan Ho (2006) atau berada diantara -0,5 sampai 0,5 seperti yang dikatakan Sarwono (2009).

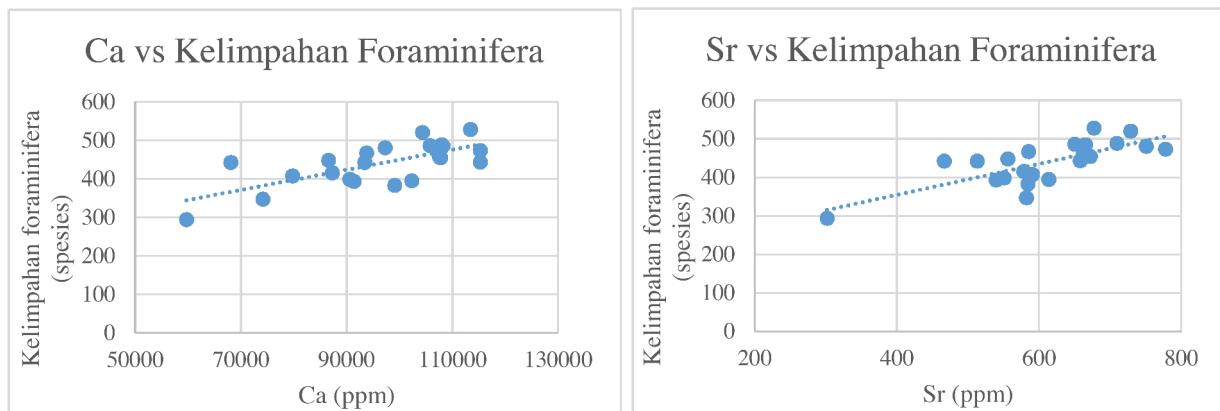
Kelimpahan foraminifera terhadap kandungan kimia sedimen

Nilai korelasi antara hubungan Ca dan Sr dengan kelimpahan foraminifera memiliki nilai 0,71 dan 0,75 (Tabel 4). Nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan yang kuat antara Ca dan Sr dengan kelimpahan foraminifera. Grafik Ca vs kelimpahan foraminifera dan Sr vs kelimpahan foraminifera ditunjukkan pada Gambar 12. Grafik tersebut menunjukkan hubungan Ca dan Sr dengan kelimpahan foraminifera, yaitu

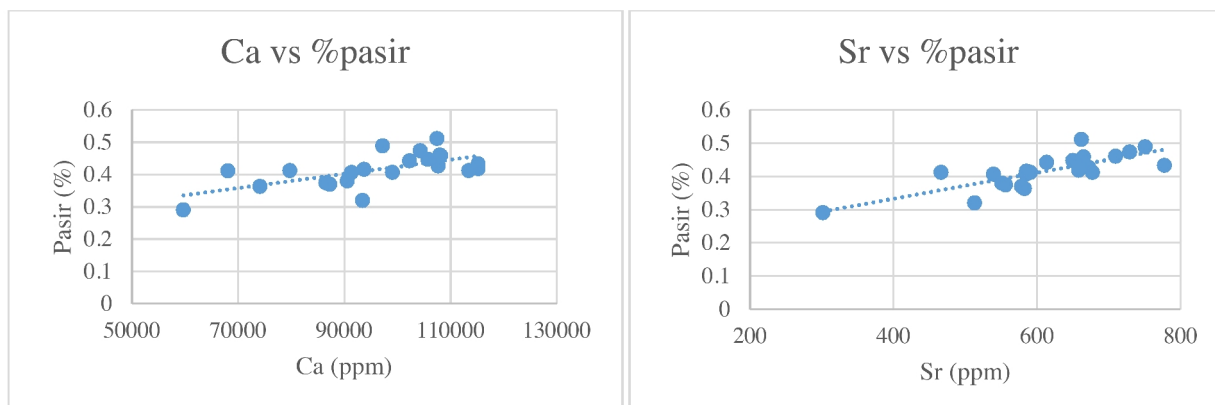
bertambahnya kelimpahan foraminifera sejalan dengan bertambahnya kandungan Ca dan Sr. Hal ini sejalan dengan penelitian Rothwell dkk., (2006) dan Rothwell dan Croudace (2015) yang menunjukkan bahwa kandungan Ca dan Sr merupakan indikasi dari kehadiran foraminifera.

Peningkatan kelimpahan foraminifera terhadap unsur Fe, Ti dan K menunjukkan hubungan yang lemah lebih mendekati angka 0 daripada 1. Hal ini seperti yang dinyatakan oleh Ho (2006) atau berada diantara -0,5 sampai 0,5 (Sarwono, 2009).

Berdasarkan analisis diatas, kelimpahan foraminifera memiliki hubungan dengan kandungan unsur Ca dan Sr. Hubungan antara %pasir dan unsur kandungan Ca dan Sr. menunjukkan nilai korelasi 0,65 dan 0,79 (Gambar 13). Kondisi tersebut menunjukkan adanya hubungan yang kuat, sehingga ketika adanya peningkatan sedimen dengan ukuran pasir akan diikuti dengan peningkatan unsur Ca dan Sr. Sehingga kehadiran foraminifera berkontribusi meningkatkan unsur Ca dan Sr dan menjadi partikel biogenik yang menyusun dalam sedimen tersebut.



Gambar 12. Grafik Ca vs kelimpahan foraminifera dan Grafik Sr vs kelimpahan foraminifera



Gambar 13. Grafik Ca vs %pasir dan Grafik Sr vs %pasir

KESIMPULAN

Peningkatan kelimpahan foraminifera pada sedimen laut di Selat Sumba berhubungan kuat dengan peningkatan nilai rata-rata, kemencengan, %pasir, unsur Ca dan Sr yang ditunjukkan dengan nilai korelasi yaitu -0,64, 0,72, 0,66, 0,71, dan 0,75. Sedangkan nilai korelasi kelimpahan foraminifera terhadap pemilahan, kurtosis, Fe, Ti, dan K menunjukkan korelasi yang lemah yaitu, -0,13, 0,43, -0,18, -0,43, dan -0,42. Peningkatan kelimpahan foraminifera pada sedimen laut di Selat Sumba akan mempengaruhi ukuran butir rata-rata, pergeseran ukuran butir dominan kasar dan %pasir yang meningkat. Hal ini berkaitan dengan kehadiran beberapa spesies foraminifera planktonik yang dominan dan berukuran >200 μm atau ukuran pasir. Kelimpahan foraminifera berkaitan unsur Ca dan Sr sebagai unsur yang berasal dari cangkang foraminifera tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada koodinator Ekspedisi Widya Nusantara 2016, Dr. Udhi Eko Hernawan, dan seluruh tim peneliti serta teknisi geologi atas ijin penggunaan data inti bor tersebut. Tidak lupa juga diucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI Bandung atas izin yang diberikan dalam pemerolehan data di Laboratorium Sedimentologi. Ucapan terimakasih juga diberikan kepada Kepala Laboratorium Mikropaleontologi, Institut Teknologi Bandung atas izin yang diberikan dalam menganalisis dan identifikasi foraminifera.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, C. I., Rampnoux, J. P., Bellon, H., Maury, R. C., dan Soeria-Atmadja, R., 2000. The evolution of Sumba Island (Indonesia) revisited in the light of new data on the geochronology and geochemistry of the magmatic rocks, *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(5), 533–546.

Adisaputra, M.K., 1989. Planktonic foraminifera in recent bottom sediments of the Flores, Lombok and Savu Basins, Eastern Indonesia. *Netherlands Journal of Sea Research*, 24 (4), 465-475.

Blott, S. J., and Pye, K., 2001. Gradistat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments,

Earth Surface Processes and Landforms, 26, 1237–1248.

- Blow, W. H. 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal Biostratigraphy dalam Bronnimann, R. & Renz, H. H. 1967., ed.: *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, 1, 199 – 421, Geneva.
- Boggs, S.Jr., 2009. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2nd ed, 596 p.
- Bolli, H. M. dan Saunders, J. B. 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera dalam Bolli, H. M., Saunders, J. B., dan Perch – Nielsen, K. (1985), ed.: *Plankton stratigraphy, Vol I*, 155 – 262, Cambridge University Press, Cambridge.
- Bradley, R. S., 2015., *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*. Elsevier Inc., Oxford, UK, 3rd ed, 666p.
- Dewi, K.T., dan Saputro, E., 2013. Distribusi spasial foraminifera benthik di Teluk Bone, Sulawesi dalam kaitannya dengan kedalaman dan jenis sedimen. *Jurnal Geologi Kelautan* 11(3):165-173
- Ding, X., Bassinot, F., Guichard, F., Li, Q.Y., Fang, N.Q., Labeyrie, L., Xin, R.C., Adisaputra, M.K, Hardjavidjaksana, K., 2006. Distribution and ecology of planktonic foraminifera from the seas around the Indonesian Archipelago. *Marine Micropaleontology*, 58, 114-134.
- Folk, R. L., dan Ward, W. C., 1957. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters, *Journal of Sedimentary Research*, 27 (1), 3-26.
- Gustiantini, L., Maryunani, K. A., Zuraida, R., Kissel, C., Bassinot, F., dan Zaim, Y., 2015. Distribusi Foraminifera di Laut Halmahera dari Glasial Akhir Sampai Resen. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13 (1), 25-36.
- Ho, R., 2006. *Handbook of univariate and multivariate data analysis and interpretation with SPSS*. Taylor & Francis Group, London, New York, 393h.
- Kurniasih, A., Nugroho, S.H., dan Setyawan, R., 2016. Marine ecology conditions at Weda Bay, North Maluku based on statistical analysis on distribution of recent foraminifera. *MATEC Web of Conferences*, 04014.

- Korwa, J. I. S., Opa, E. T., dan Djamaludin, R., 2013. Karakteristik Sedimen Litoral di Pantai Sindulang Satu. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 1(1), 48–54.
- Meissner, K. J., 2007. Conclusion Reconstructing and Modeling Past Oceans. In *Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography. Developments in Marine Geology*, eds. Hillaire-Marcel, C. and De Vernal, A., 1.
- Natsir, S.M., Firman, A., Riyantini, I., dan Nurruhwati, I., 2015. Struktur komunitas Foraminifera pada sedimen permukaan dan korelasinya terhadap kondisi lingkungan Perairan Lepas Pantai Balikpapan, Selat Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7 (2), 671-680.
- Nichols, G., dan Hall, R. 1999. History of the Celebes Sea Basin based on its stratigraphic and sedimentological record. *J. Asian Earth Sci.* 17: 47–59.
- Nugroho, S. H. and Putra, P. S., 2017. Spatial distribution of grain size and depositional process in tidal area along Waikelo Beach, Sumba. *Marine Georesources and Geotechnology*, 36(3), 299-307.
- Pusat Penelitian Oseanografi, 2016. *Laporan Akhir Ekspedisi Widya Nusantara 2016*.
- Putra, P. S., dan Nugroho, S. H., 2017. Distribusi sedimen permukaan dasar laut Perairan Sumba, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(3), 49–63.
- Putra, P. S., dan Nugroho, S. H., 2019. Distribusi Foraminifera Bentonik Hidup dalam Hubungannya dengan Sedimen Dasar Laut di Selat Sumba, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(1), 17-26.
- Rothwell, R. G., Hoogakker, B., Thomson, J., Croudace, I. W., and Frenz, M., 2006. Turbidite emplacement on the southern Balearic Abyssal Plain (western Mediterranean Sea) during Marine Isotope Stages 1-3: an application of ITRAX XRF scanning of sediment cores to lithostratigraphic analysis. *Geological Society, London, Special Publications*, 267, 79-98.
- Rothwell, R.G., and Croudace, I. W., 2015. Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences. In *Developments in Paleoenvironmental Research*, eds. Croudace, I. W. and Rothwell, R. G., 17:1-21, Netherlands: Springer. 656h.
- Saraswat, R., 2015. Non-destructive foraminiferal paleoclimatic proxies: A brief insight. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 81(2), 381–395.
- Susti, R., Abdurrokhim, Jurnaliah, L., Putra, P. S., dan Nugroho, S. H., 2017. *Distribusi Foraminifera Bentonik Resen di Perairan Sumba Nusa Tenggara Timur*. *Padjajaran Geoscience Journal*, 1(3), 216-224.
- Van Weering, Tj.C.E., Kusnida, D., Tjokrosapoetro, S., Lubis, S., and Kridoharto, P., 1989. Slumping, sliding and the occurrence of acoustic voids in recent and subrecent sediments of the Savu Forearc Basin, Indonesia. *Netherlands Journal of Sea Research*, 24 (4), 415-430.
- Zulfaqar, A. N., 2018. *Geologi dan Identifikasi Perubahan Iklim pada Kala Plistosen Akhir hingga Holosen di Perairan Selat Sumba, Nusa Tenggara Timur*. (Skripsi Sarjana). Universitas Pembangunan Nasional “Veteran.”, Yogyakarta. (Tidak diterbitkan)

