

DISTRIBUSI KARBON ORGANIK DALAM SEDIMEN INTI DI PERAIRAN LEMBATA, LAUT FLORES

ORGANIC CARBON DISTRIBUTION BASED ON CORE SEDIMEN IN LEMBATA WATERS, FLORES SEA

Yani Permanawati* dan Undang Hernawan

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuna 236, Bandung-40174, Indonesia

*email: yanipw@yahoo.com

Diterima : 24-01-2017, Disetujui : 26-04-2018

ABSTRAK

Kondisi lingkungan dapat diketahui berdasarkan jejak karbon organik dalam sedimen inti. Penelitian bertujuan untuk mengetahui perubahan lingkungan saat sedimen terendapkan. Lokasi penelitian berada di perairan utara Pulau Lembata, Laut Flores. Bahan yang digunakan adalah sampel sedimen inti yang diambil menggunakan penginti jatuh bebas pada 7 (tujuh) lokasi dengan sayatan oles. Karakteristik sedimen bagian timur didominasi fragmen biogenik dan sedimen lebih halus. Bagian tengah memiliki komposisi relatif sama antara fragmen batuan dengan biogenik. Bagian barat didominasi oleh fragmen biogenik. Persentase material organik antara 2.496-11.133%, CaCO_3 (karbonat) 16.365-79.910% dan total organik karbon 0.999-4.453%. Distribusi karbon organik dalam sedimen inti menunjukkan perubahan dinamis di wilayah perairan tengah dibandingkan dengan bagian barat dan timur. Perubahan distribusi karbon organik terjadi karena adanya perbedaan sumber asal sedimen, perbedaan morfologi dasar laut, perubahan kekuatan dinamika perairan, pemanfaatan kesuburan perairan, dan perbedaan produktivitas perairan saat material karbon organik terendapkan.

Kata kunci: sedimen, karbon organik, total organik karbon, perairan Lembata

ABSTRACT

Environmental conditions can be traced through recording the distribution of organic carbon content in core sediments. This study aims to determine environmental changes when sediment is deposited in Lembata waters. The research location is in the north waters of Lembata Island, Flores Sea. The materials used were core sediment samples taken using gravity core at seven locations. The study method uses a Loss On Ignition (LOI) procedure. The results of the analysis of the upper smear slide (0 cm). The eastern part is dominated by biogenic and sedimentary fragments which are finer than the western-central part, the middle part has a relatively similar composition between rock and biogenic fragments. in the dominant western part is a brightly colored material fragment. The change in the percentage of organic material is between 2,496-11,133%, the concentration of CaCO_3 ranges from 16,365-79,910% and the concentration of TOC ranges from 0.999-4,453%. Distribution of organic carbon in core sediments from Lembata waters shows dynamic changes in the middle waters compared to the west or east. Changes in the distribution of organic carbon in Lembata waters occur due to differences in sources of sediment origin, differences in seabed morphology, changes in the strength of water dynamics, utilization of aquatic fertility, and differences in waters productivity when organic carbon material is deposited.

Keywords: sediment, organic carbon, total organic carbon, Lembata waters

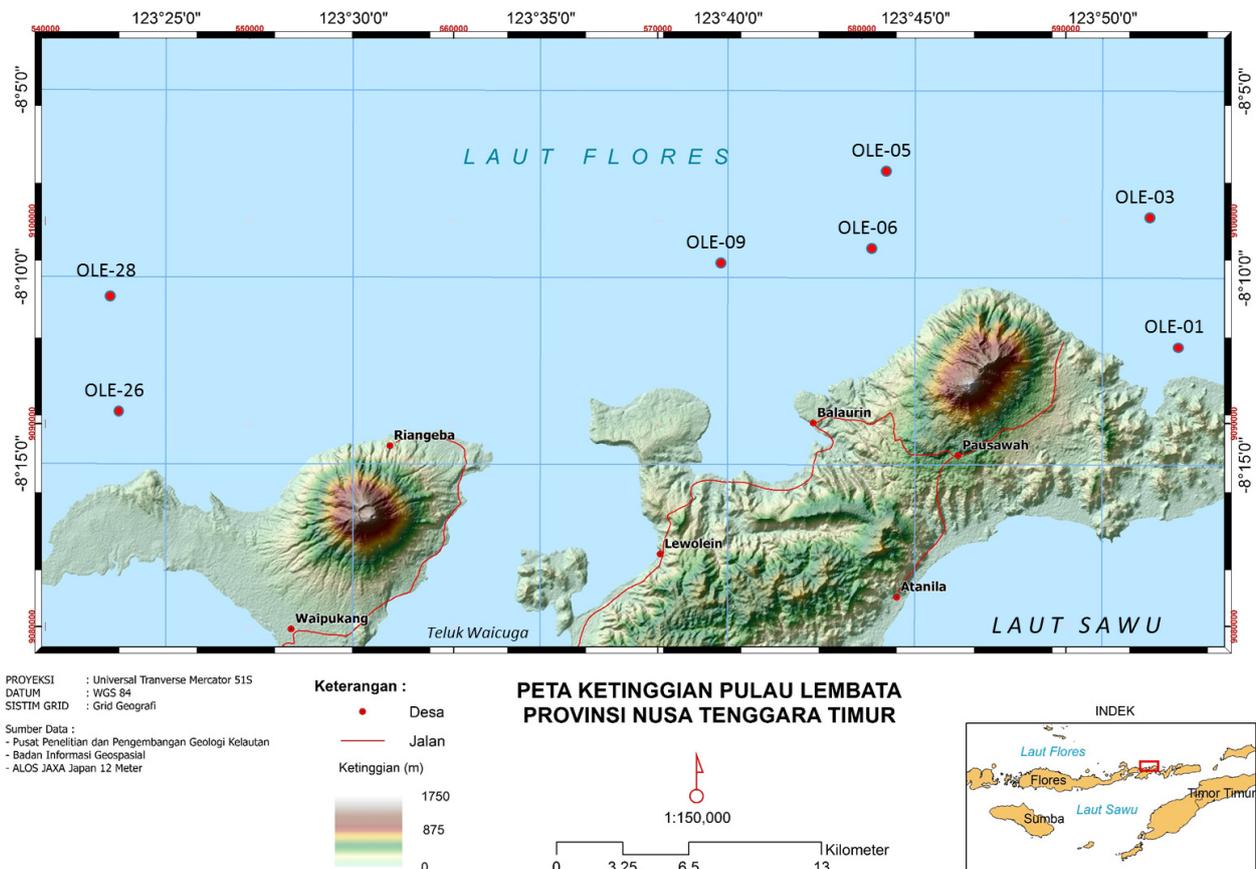
PENDAHULUAN

Proses pengendapan material terjadi karena faktor transpor material pelapukan dari daratan ke laut dan faktor transpor material yang terjadi di dalam laut (Manengkey, 2010). Material organik (OM) merupakan salah satu parameter pencemar perairan yang paling umum dijumpai karena OM menurut Dewanti dkk. (2016) merupakan kumpulan senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi yang dapat menimbulkan dampak penurunan kandungan oksigen terlarut. Sedimen laut memiliki kandungan organik dan anorganik baik terlarut atau tersuspensi dengan tekstur partikel tidak terkonsolidasi (Libes, 2009; Rifardi, 2012).

Senyawa organik umumnya berasal senyawa karbon yang terbentuk secara alamiah. Karbon organik (*organic carbon/OC*) terdiri dari dua tipe, yaitu material OC dari daratan yang terbawa oleh limpasan hujan atau sungai, dan material OC dari lautan berupa hasil produksi organisme laut (*biogenous*) seperti karbonat biogenik berasal dari foram atau moluska (Pinet, 2014; Permanawati dkk., 2016). Material asal darat, *terrigenous*, diangkut oleh sungai dan limpasan hujan yang

keduanya dipengaruhi oleh tingginya curah hujan dan berakhir terendapkan di laut (Pinet, 2014; Yundkk., 2015). Dasar laut menjadi tempat akhir material terdeposisi (Dewanti dkk., 2016) dan merupakan himpunan integral dari komponen hayati dan nonhayati hasil interaksi antara darat-laut-udara (Mukhtasor, 2007). Secara umum, material yang terdeposisi di dasar laut disebut sedimen laut sebagai interaksi daratan, lautan dan udara sehingga memiliki keanekaragaman ukuran butir sedimen sebagai hasil pemilahan dinamika transpor sampai terdeposisi. Oleh karena itu laut berperan penting dalam siklus hidrologi, kimia, keseimbangan iklim, dan cuaca.

Perairan Lembata berada di wilayah perairan Laut Flores (Gambar 1) dan diperkirakan proses pengendapan lokasi penelitian dipengaruhi oleh kondisi alam lingkungan geologi dan oseanografi. Lingkungan geologi berhubungan dengan pergerakan lempeng. Lokasi penelitian merupakan bagian rangkaian jalur vulkanik berdasarkan Sarmili dan Troa (2014) yang menyebutkan terdapatnya beberapa gunung api bawah laut, dimana lokasi penelitian ini terletak di bagian selatan Gunung Api Komba (Batutara), Baruna



Gambar 1. Peta Topografi Pulau Lembata sebagai peta lokasi penelitian menggunakan citra DEM (modifikasi dari Hernawan, dkk., 2017)

Komba, Abang Komba dan Ibu Komba. Jenis batuan yang relatif banyak tersingkap di lokasi penelitian, menurut Noya dan Koesoemadinata (1990), yaitu berupa batuan gunung api yang masif (batuan beku) dengan morfologi dasar laut relatif terjal (peta geologi dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan batimetri dapat dilihat pada Gambar 3.). Lingkungan oseanografi, yaitu adanya sistem pergerakan transpor massa air permukaan dan dalam. Sistem monsun, sistem pergerakan di permukaan, sekitar perairan Lembata mencapai puncaknya saat musim timur, yakni ketika berhembus angin Muson Tenggara; dan terendah pada Musim Barat Laut ketika berhembus Angin Muson Barat Laut (Safitri dkk., 2012). Sistem pergerakan dalam, Laut Flores dilalui sistem Arus Lintas Indonesia/Arlindo (*Indonesian Through Flow/ITF*) membawa massa air dari Samudera Pasifik setelah melewati Selat Makassar menuju Samudera Hindia melalui Laut Sawu (Atmadipoera, dkk., 2016; Permanawati dkk., 2016).

Kompleksitas faktor lingkungan (daratan dan lautan) yang terdapat di perairan Lembata memberikan permasalahan yang menarik untuk diteliti. Penelitian dapat dipelajari melalui kejadian saat sedimen terdeposisi di dasar laut. Salah satu penelitian mengenai permasalahan kondisi lingkungan perairan ditelusuri melalui rekaman distribusi kandungan karbon organik dalam sedimen inti. Kandungan karbon organik dalam sedimen menurut Hyland dkk. (2005) merupakan sumber makanan penting bagi fauna benthik disertai dengan faktor kimia lainnya yang bervariasi dengan ukuran partikel sedimen. Kelimpahan karbon organik dapat menyebabkan berkurangnya kekayaan spesies, kelimpahan, dan biomassa karena penipisan oksigen dan penumpukan produk sampingan beracun dari amonia dan sulfida sehingga berperan dalam pengaruh proses fotosintesis (Hyland dkk., 2005; Libes, 2009).

Temuan penelitian dianalisis berdasarkan integrasi ilmiah dalam studi disiplin. Perubahan lingkungan dianalisis melalui penelitian sedimen inti laut telah banyak dilakukan, beberapa diantaranya : Gustiantini dkk. (2015) menganalisis distribusi foraminifera, Zuraida dkk. (2015) menentukan siklus iklim masa lampau, Yun dkk. (2015) menentukan pengaruh monsun dalam distribusi karbon organik, dan masih banyak lagi penelitian lainnya.

Tujuan analisis rekam sedimen inti melalui karbon organik pada tulisan ini merupakan

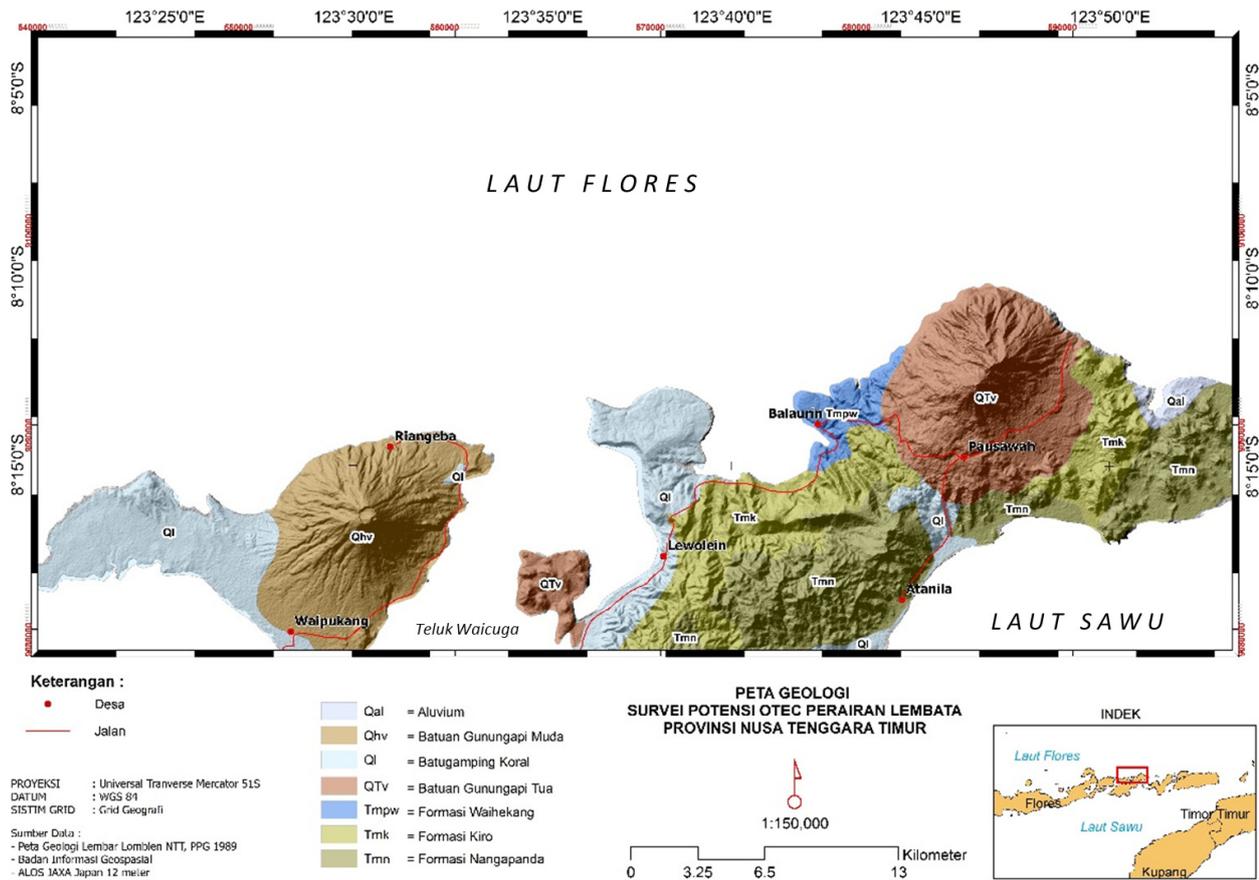
penelitian untuk mengetahui perubahan lingkungan saat sedimen terdeposisi di perairan Lembata. Tulisan ini mengupas komposisi sedimen dan titik kritis konsentrasi TOC yang menunjukkan bahwa risiko berkurangnya kelimpahan karbon organik terkait faktor-faktor lainnya dalam sedimen.

Lokasi penelitian berada di perairan Pulau Lembata bagian utara dan termasuk wilayah perairan Laut Flores (Gambar 1). Kegiatan survei lapangan dilaksanakan pada 23 September – 7 Oktober 2017 dengan menggunakan wahana kapal survei Geomarin III.

Geologi Pantai

Fisiografi P. Lembata dalam Peta Geologi Lembar Lomben yang dibuat oleh Noya dan Koesoemadinata (1990) merupakan bagian dari gugusan kepulauan yang meliputi bagian ujung timur P. Flores (Daerah Larantuka), P. Adonara, sebagian P. Solor, P. Lembata, P. Rusa, P. Kambing hingga sebagian P. Alor dan P. Komba. Batuan yang diperkirakan tertua dan tersingkap di Lembar Lomben berupa batuan gunung api yang terdiri dari lava, breksi, aglomerat dan bersisipan tufa. Batuan ini termasuk dalam Formasi Kiro (Tmk). Formasi Kiro tertindih tak selaras Formasi Alor (Tmpe) berupa batuan gunungapi dan terdiri dari lava, breksi, tufa pasir gampingan. Formasi ini menjemari dengan Formasi Laka (Tmpl) dan Formasi Waihekang (Tmpe). Adapun Batuan Gunungapi Tua (Qtv) berupa lava, aglomerat, tufa, pasir gunungapi dan tufa batupung, sedangkan batuan yang termuda adalah batugamping koral, undak pantai dan alluvium. Alluvium (Qal) berupa kerakal dan kerikil berasal dari andesit, diorite, granodiorit dan basal, lumpur dan lanau yang terendapkan dalam lingkungan sungai dan pantai (Noya & Koesoemadinata, 1990). Peta Geologi Pulau Lembata yang telah dimodifikasi oleh Hernawan dkk. (2017) dapat dilihat pada Gambar 2.

Wilayah daratan daerah penelitian secara morfologi dapat dibagi menjadi dua satuan, yaitu daerah pegunungan dan daerah pedataran (Noya & Koesoemadinata, 1990). Daerah pegunungan dicirikan oleh puncak gunungapi yang sebagian masih aktif, diantaranya Ile Boleng (1659 m), Ile Lewotolo (1450 m) dan Gunung Topaki (1365 m). Topografi Pulau Lembata (Gambar 1) menurut Hernawan dkk., (2017) menyebutkan topografi di wilayah ini berupa topografi lereng datar (0-2% dan 2-8%), lereng landai (8-15%), curam dan sangat curam (lebih dari 25%).



Gambar 2. Peta Geologi Pulau Lembata (Noya & Kusumadinata, 1990) yang telah dimodifikasi Hernawan dkk., (2017).



Gambar 3. Pengambilan contoh inti sedimen dengan gravity core.

METODE

Pengukuran kedalaman dasar laut dilakukan dengan menggunakan *Echosounder SyQuest Bathy* 2010 frekuensi sekitar 3.5 kHz. Penentuan posisi kapal dilakukan dengan menggunakan sistem navigasi satelit terpadu, berupa DGPS CNav dalam format NMEA 0183 dan terintegrasi dengan *software* navigasi NaviPack. Penambalan data di luar wilayah survei diperoleh dari data sekunder.

Pengambilan sampel inti sedimen dilaksanakan pada 7 lokasi (Gambar 1 dan Tabel 1) dengan menggunakan *gravity core* (Gambar 3) dengan panjang 2,65 m dan beban 100 kg (Hernawan, dkk., 2017). Analisis pencuplikan sedimen inti dilakukan setiap interval 10 cm. Secara keseluruhan jumlah sampel yang dianalisis pada penelitian ini sebanyak 42 sampel (Tabel 2.).

Bahan Analisis

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel sedimen sebanyak 7 lokasi, yaitu OLE-1, OLE-3, OLE-5, OLE-6, OLE-9, OLE-26 dan OLE-28. Posisi dan kedalaman lokasi sampel disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1. Wilayah penelitian dikelompokkan ke dalam tiga wilayah,

yang memiliki perbedaan kondisi lingkungan berdasarkan geologi pantai dan morfologi perairan. Sampel OLE-1 dan OLE-3 mewakili wilayah penelitian bagian timur, sampel OLE-5, OLE-6 dan OLE-9 mewakili wilayah penelitian bagian tengah, sedangkan wilayah penelitian bagian barat diwakili oleh sampel OLE-26 dan OLE-28.

Analisis Data

Analisis penelitian mencakup analisis laboratorium dan analisis data. Pekerjaan analisis laboratorium dilakukan di laboratorium inti Puslitbang Geologi Kelautan di Cirebon, meliputi : pencuplikan sampel, pembakaran berulang sesuai dengan suhu yang ditentukan, penimbangan hasil pembakaran. Metoda analisis sample

Tahap perhitungan ketiga digunakan untuk menentukan *Total Organic Carbon* (TOC), menggunakan persamaan (1) dinormalkan dengan hasil kali dari perhitungan berat molekul $C_n/(CH_2O)_n$ sebesar 0.40002. Hasil perhitungan analisis disajikan pada Tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Posisi, Kedalaman, dan Ketebalan Sampel Sedimen Inti

Tabel 1 menunjukkan data sampel hasil pengambilan sedimen inti. Sampel diperoleh pada kedalaman laut 506 – 1433 meter. Ketebalan sampel sekitar 15 - 87 cm.

Tabel 1. Posisi, kedalaman dan ketebalam sampel sedimen inti

No.	Nama Sampel	Longitude	Latitude	Kedalaman (m)	Panjang Sedimen (cm)
1	OLE 2017-01	123.8637	-8.1949	506	87
2	OLE 2017-03	123.8578	-8.1341	1285.8	16
3	OLE 2017-05	123.7356	-8.1234	1575	64
4	OLE 2017-06	123.7321	-8.1579	1272.4	83
5	OLE 2017-09	123.6627	-8.1632	1750	63
6	OLE 2017-26	123.3899	-8.2280	1012	58
7	OLE 2017-28	123.3871	-8.1742	1433	15

menggunakan prosedur *Loss On Ignition/LOI* (Rosenmeier & Abbott, 2005).

Metoda analisis ini dapat memperkirakan nilai *Total Organic Carbon/TOC* melalui perhitungan kandungan air dalam sedimen, bahan organik dan kandungan karbonat melalui perkiraan pengukuran penurunan berat dalam sub-sampel sedimen yang menjadi sasaran pemanasan berurutan (Heiri dkk., 2001; Rosenmeier & Abbott, 2005).

Tahap perhitungan pertama digunakan untuk menentukan material organik (OM), menggunakan persamaan :

$$LOI_{550} = ((DW_{105} - DW_{550}) / DW_{105}) * 100 \dots\dots (1)$$

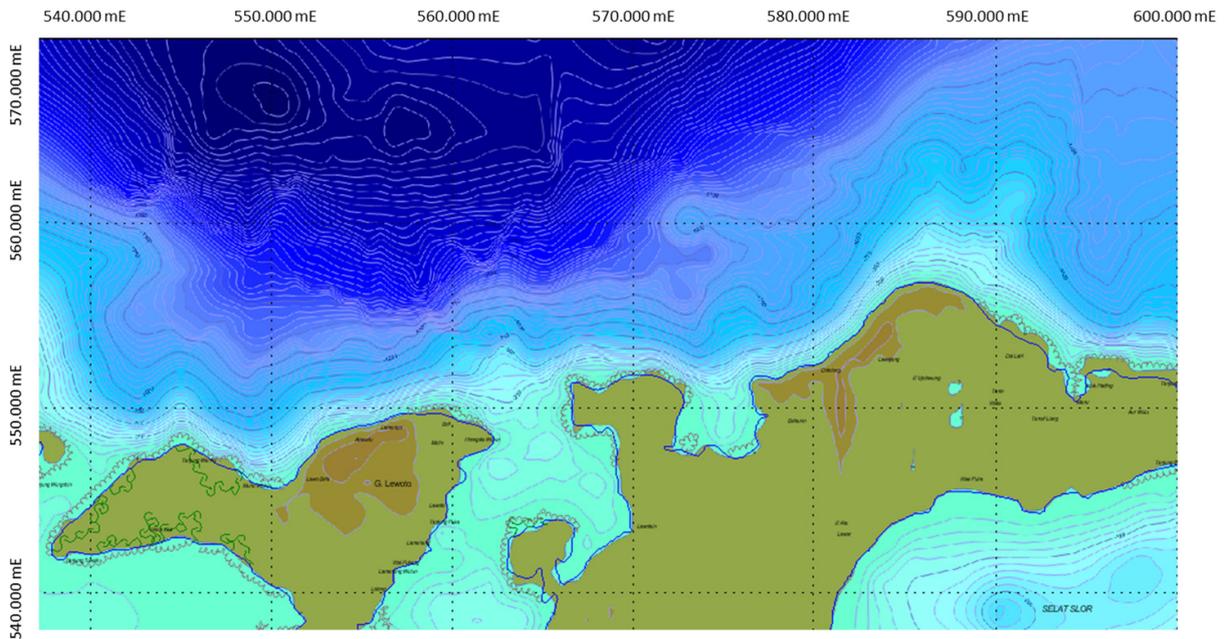
Tahap perhitungan kedua digunakan untuk menentukan kalsium karbonat, menggunakan persamaan (2) kemudian dinormalkan dengan hasil kali dari perhitungan berat molekul $CaCO_3/CO_2$ sebesar 2.274, persamaan (2) sebagai berikut :

$$LOI_{950} = ((DW_{550} - DW_{950}) / DW_{105}) * 100 \dots\dots (2)$$

dimana : DW = berat kering

Batimetri dan Morfologi Wilayah Perairan

Kondisi batimetri wilayah penelitian disajikan pada Gambar 4. Wilayah penelitian termasuk perairan dalam, dengan kedalaman minimal daerah yang disurvei sekitar 500 m dengan jarak 1500 – 3000 m dari garis pantai, dan kedalaman maksimal diatas 3000 meter. Secara umum, daerah perairan Lembata memiliki morfologi yang curam-sangat curam, seperti halnya morfologi yang berada di wilayah daratnya (Gambar 5), dengan slope antara 9-40⁰. Sebagian lokasi perairan berupa daerah landai – agak curam, dengan slope dibawah 9⁰, yang berada di sekitar daerah teluk (Hernawan dkk., 2017). Profil batimetri untuk wilayah timur, tengah dan barat disajikan pada Gambar 4 – Gambar 9 dengan arah profil merujuk pada Gambar 5.



KETERANGAN :

- Garis Pantai / Sungai
- Vegetasi (Bakao)
- Karang (Coral)
- Kontur Kedalaman
- Jalan
- Kota / Perkampungan

UTARA

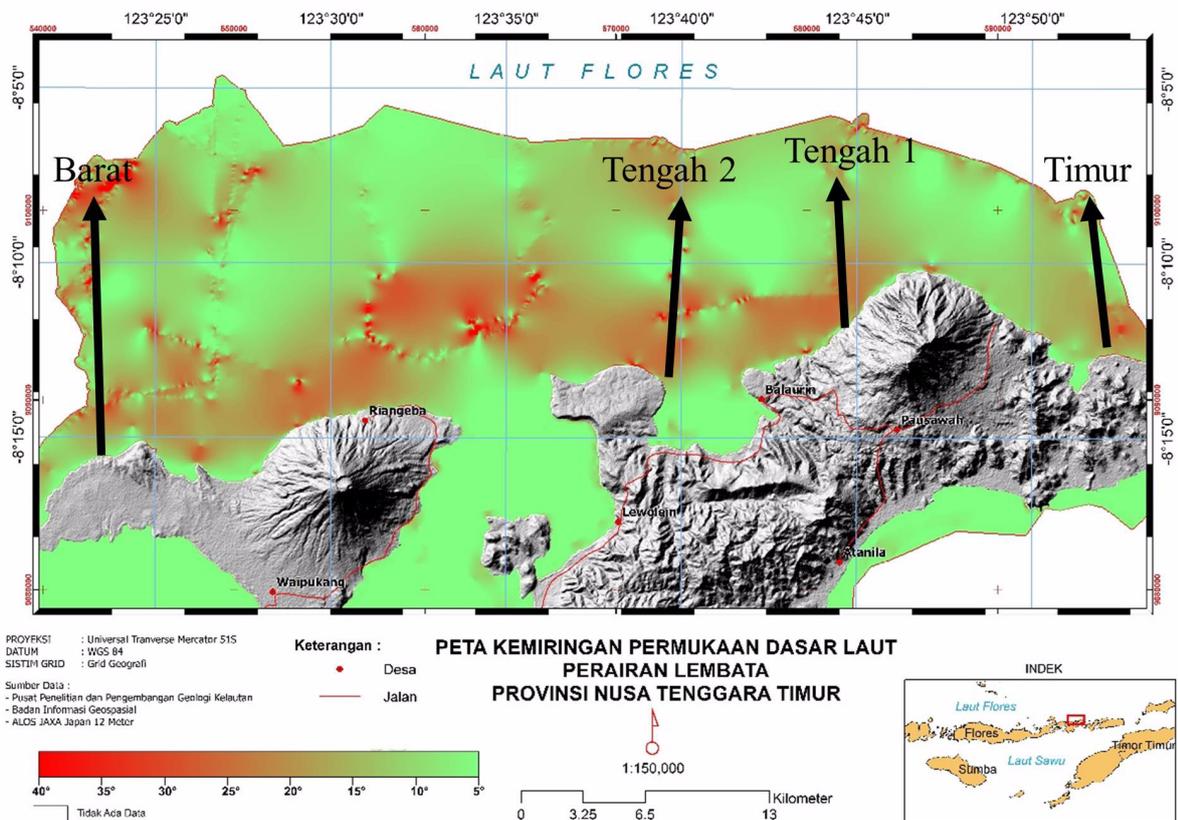
 Sistem Koordinat UTM
 Zona 51 S Datum WGS 1984

Sumber Data Sekunder :

1. Peta Dasar Garis Pantai Digitasi Google Earth Map 2017
2. Data Batimetri pemeruman dengan SBP 2010
3. Data Batimetri Onshore Digitasi Marine Digital Map Maxsea
4. Data Batimetri Onshore Digitasi Bathy Gebco 2014



Gambar 4. Peta Kontur Batimetri Perairan Lembata



PROYKSI : Universal Transverse Mercator 51S
 DATUM : WGS 84
 SISTEM GRID : Grid Geografi

Sumber Data :
 - Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
 - Badan Informasi Geospasial
 - ALDS JAXA Japan 12 Motor

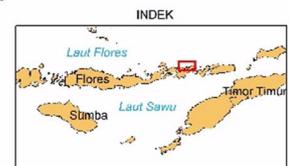
Keterangan :

- Desa
- Jalan

PETA KEMIRINGAN PERMUKAAN DASAR LAUT PERAIRAN LEMBATA PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR

Tidak Ada Data

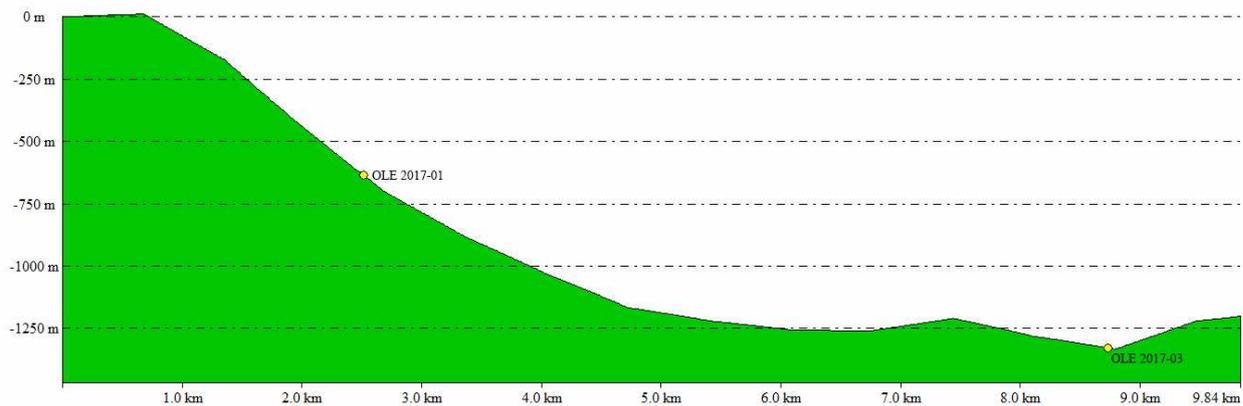
1:150,000



Gambar 5. Peta kemiringan dasar laut

From Pos: 595330.235, 9091884.656

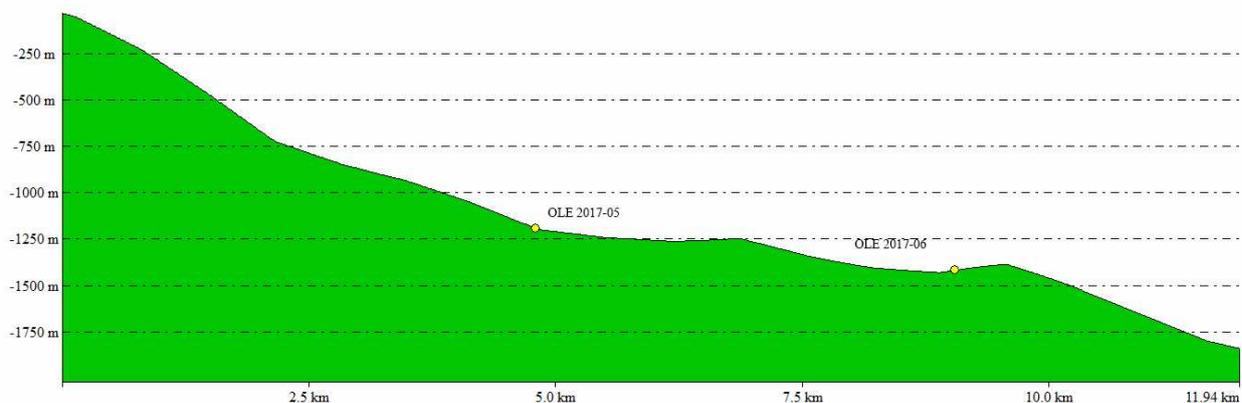
To Pos: 594106.759, 9101642.617



Gambar 6. Profil batimetri wilayah timur

From Pos: 581036.463, 9093091.346

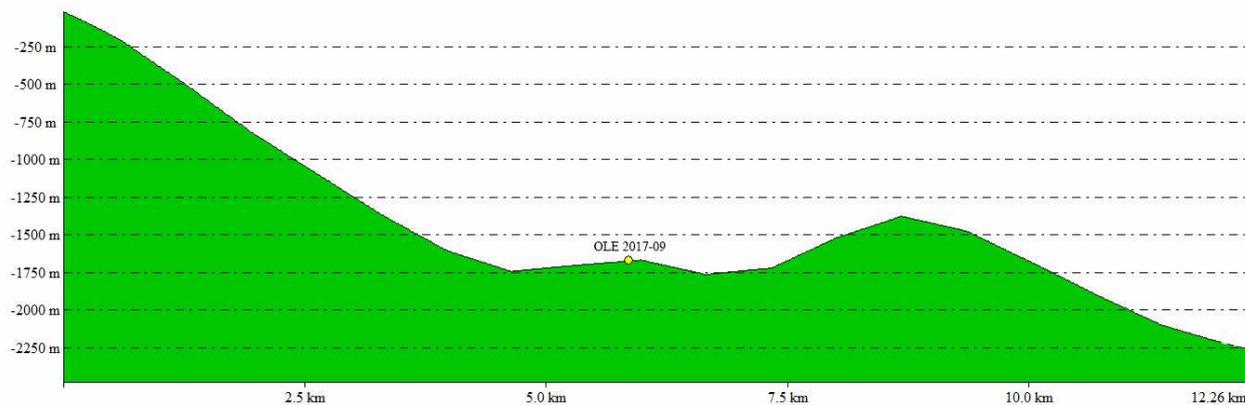
To Pos: 581902.154, 9104944.806



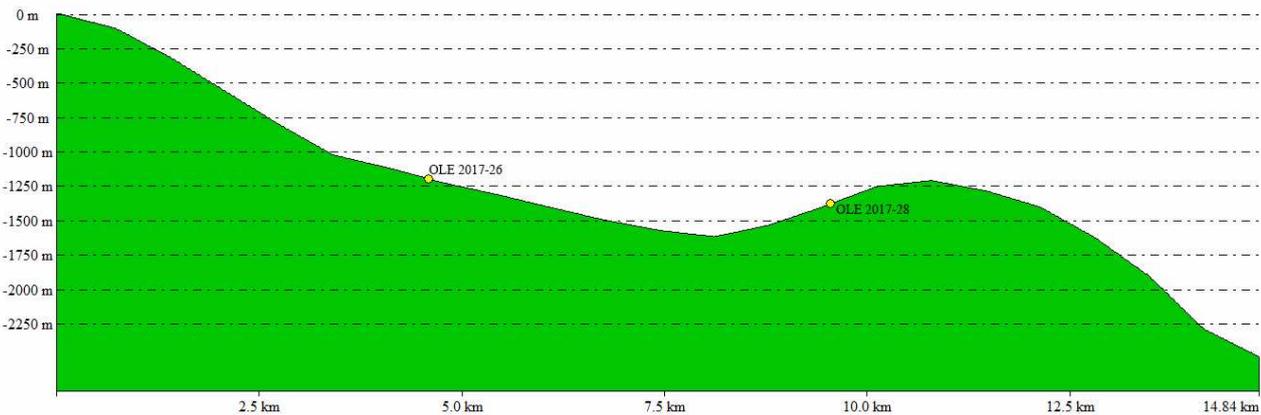
Gambar 7. Profil batimetri wilayah tengah 1

From Pos: 572352.773, 9091300.894

To Pos: 573628.470, 9103487.155



Gambar 8. Profil batimetri wilayah tengah 2



Gambar 9. Profil batimetri wilayah barat

Karbon Organik Dalam Sampel Sedimen Inti

Hasil perhitungan metode LOI dalam menentukan nilai bahan organik (OM), karbonat (CaCO₃) dan *Total Organic Carbon* (TOC) disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 10 menunjukkan persentasi komposisi karbon organik berdasarkan perhitungan metoda LOI dan gambaran umum komposisi sedimen pada sayatan oles lapisan atas sedimen (0 cm) di wilayah timur sampai barat perairan Lembata. Pembagian wilayah dijelaskan pada subbagian bahan analisis, dimana: a. Sampel OLE-01 dan OLE-03 mewakili bagian timur daerah penelitian, b. Sampel OLE-05, OLE-06, dan OLE-09 mewakili bagian tengah, c. Sampel OLE-26 dan OLE-28 mewakili bagian

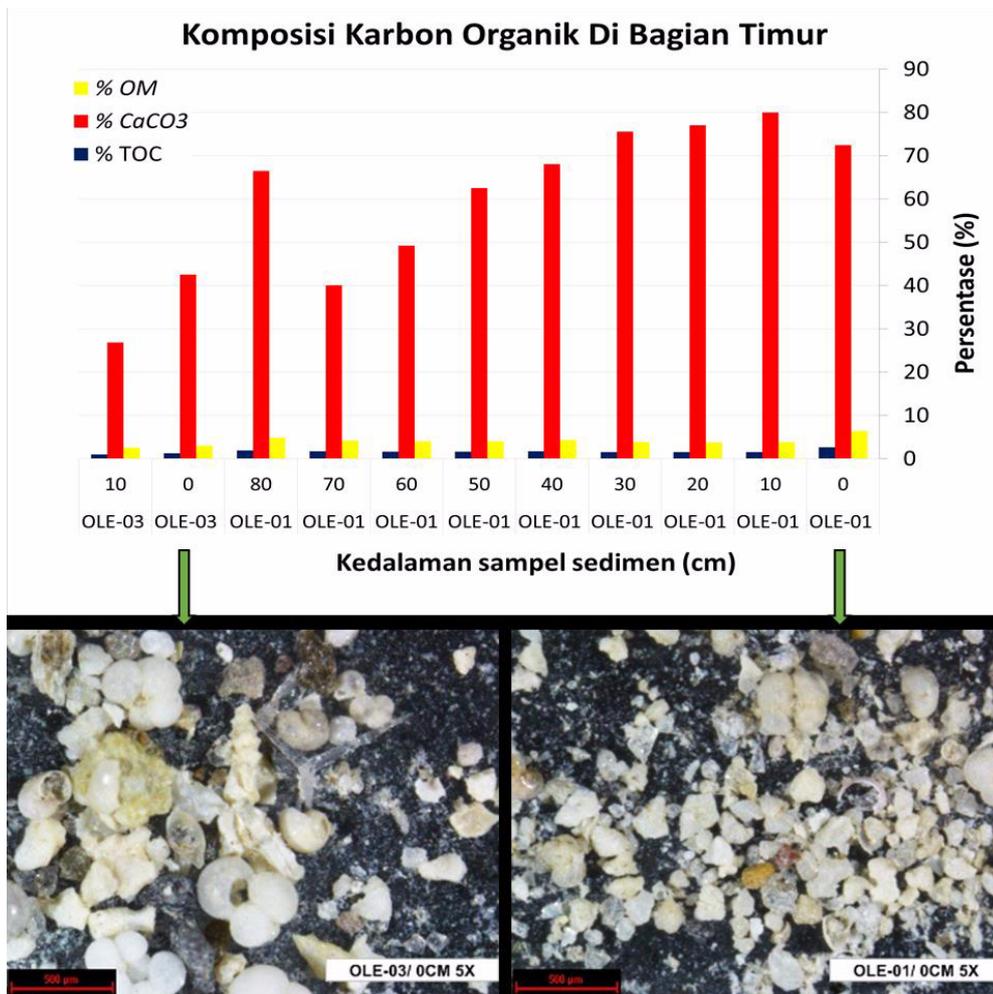
barat. Analisis foto sampel sebagai penyusun sayatan oles bagian atas lapisan sedimen (0 cm) dapat dilihat pada Gambar 10.

Karakteristik Sedimen Dasar laut

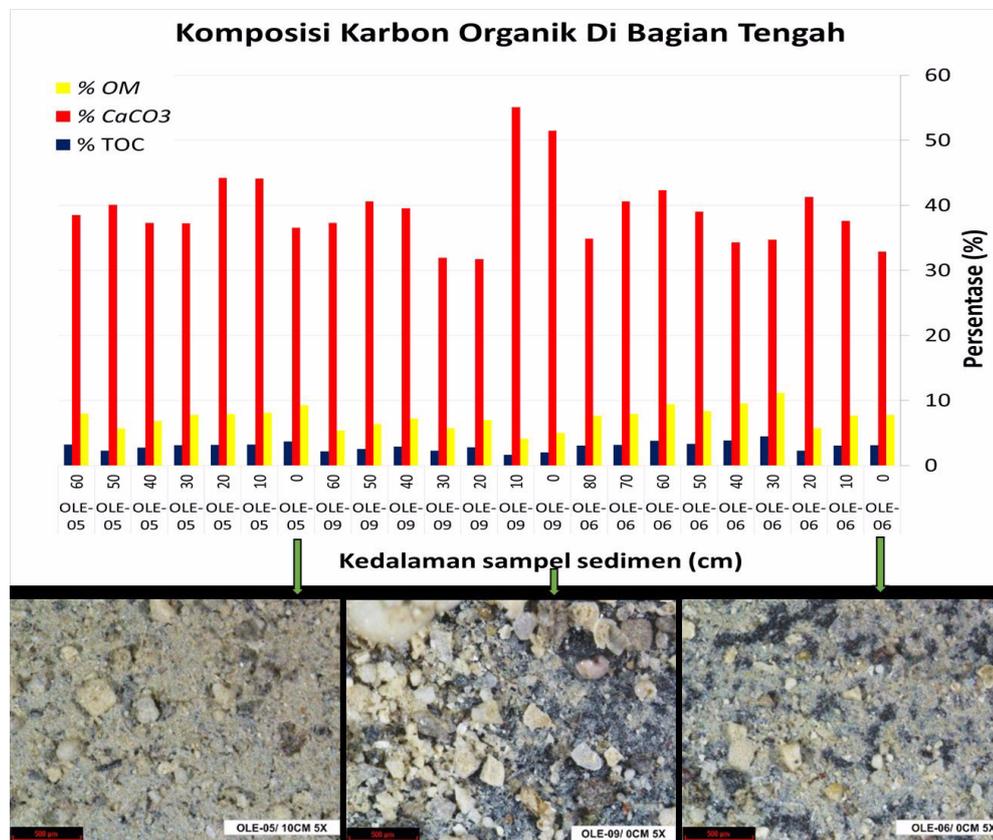
Perairan Lembata memiliki morfologi dasar laut dengan kemiringan yang curam dan sangat curam (lebih dari 25%; lihat bagian Geologi Pantai). Penelitian ini mengelompokkan karakteristik sedimen dasar laut perairan Lembata menjadi bagian barat-tengah-timur (Gambar 10). Pengelompokan ini berdasarkan pertimbangan variasi geologi pantai daratan Lembata di bagian utara (Gambar 2) dan morfologi dasar laut (Gambar 3). Sayatan oles (*smear slides*) dari 42 sampel

Tabel 2. Hasil perhitungan analisis metoda LOI

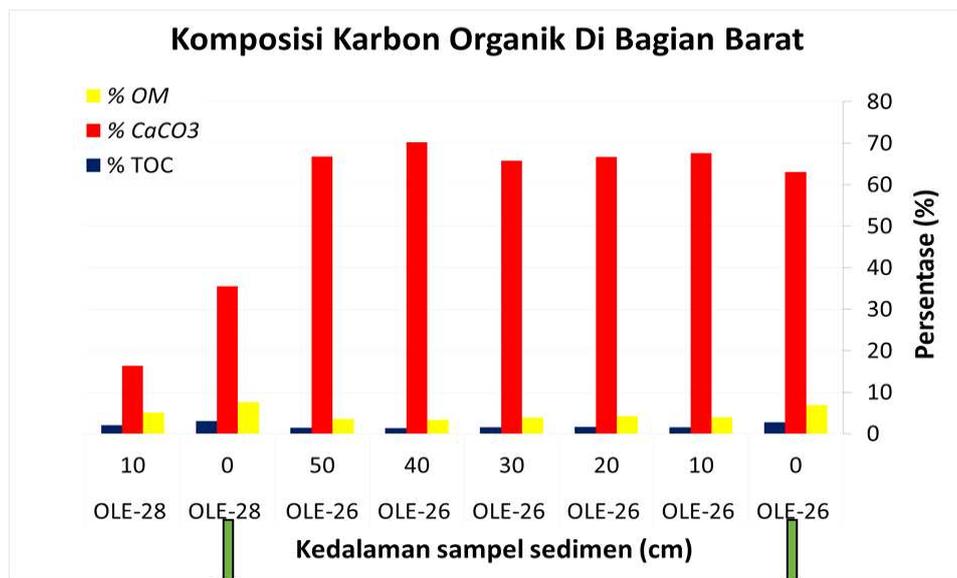
No.	Sampel	Kedalaman Sedimen (cm)	% OM	% CaCO ₃	% TOC
1	OLE-01	0	6.414	72.417	2.566
2	OLE-01	10	3.824	79.91	1.53
3	OLE-01	20	3.711	76.954	1.484
4	OLE-01	30	3.771	75.503	1.509
5	OLE-01	40	4.272	68.017	1.709
6	OLE-01	50	3.983	62.496	1.593
7	OLE-01	60	4.014	49.206	1.606
8	OLE-01	70	4.129	40.006	1.652
9	OLE-01	80	4.788	66.44	1.915
10	OLE-03	0	3.007	42.505	1.203
11	OLE-03	10	2.496	26.843	0.999
12	OLE-05	0	9.243	36.553	3.697
13	OLE-05	10	8.084	44.117	3.234
14	OLE-05	20	7.87	44.188	3.148
15	OLE-05	30	7.787	37.246	3.115
16	OLE-05	40	6.86	37.259	2.744
17	OLE-05	50	5.696	40.074	2.278
18	OLE-05	60	7.989	38.493	3.196
19	OLE-06	0	7.802	32.869	3.121
20	OLE-06	10	7.657	37.62	3.063
21	OLE-06	20	5.716	41.291	2.286
22	OLE-06	30	11.13	34.721	4.453
23	OLE-06	40	9.59	34.3	3.836
24	OLE-06	50	8.349	39.04	3.34
25	OLE-06	60	9.428	42.326	3.771
26	OLE-06	70	7.93	40.589	3.172
27	OLE-06	80	7.624	34.892	3.05
28	OLE-09	0	4.991	51.474	1.997
29	OLE-09	10	4.111	55.058	1.645
30	OLE-09	20	6.984	31.702	2.794
31	OLE-09	30	5.718	31.955	2.287
32	OLE-09	40	7.22	39.528	2.888
33	OLE-09	50	6.36	40.572	2.544
34	OLE-09	60	5.391	37.261	2.157
35	OLE-26	0	6.904	63.029	2.762
36	OLE-26	10	3.931	67.586	1.572
37	OLE-26	20	4.219	66.67	1.688
38	OLE-26	30	3.907	65.726	1.563
39	OLE-26	40	3.347	70.205	1.339
40	OLE-26	50	3.567	66.799	1.427
41	OLE-28	0	7.566	35.502	3.027
42	OLE-28	10	5.105	16.365	2.042



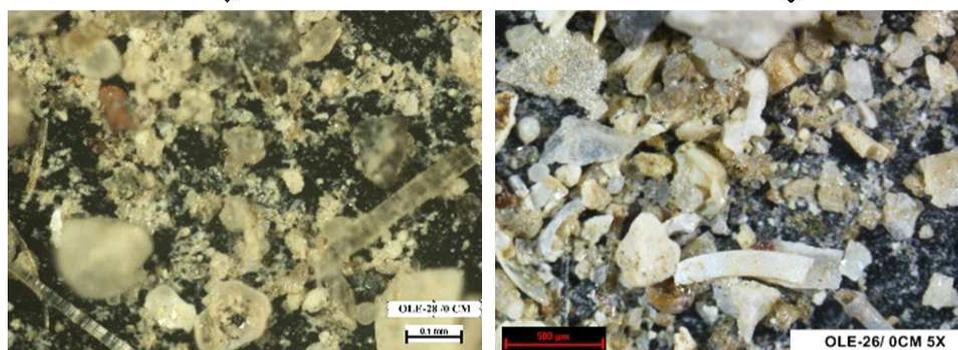
(a)



(b)



(c)



Gambar 10. Persentase komposisi karbon organik dan gambaran umum komposisi lapisan atas sedimen (0 cm) dari perairan bagian timur (a), bagian tengah (b), dan bagian barat (c).

(Tabel 2) digunakan untuk analisis perubahan lingkungan melalui perbedaan komposisi sedimen karbon organik.

Bagian barat, sampel diambil pada morfologi relatif curam dibandingkan antara tengah dan timur karena morfologi bagian barat tidak securam bagian tengah dan tidak selandai bagian timur. Batimetri bagian barat terukur kedalaman 1000 m ditemukan pada jarak sekitar 3 km dari garis pantai. Batuan yang tersingkap di bagian barat relatif batugamping koral dan batuan gunung api muda (Gambar 2). Bagian tengah, sampel diambil pada morfologi relatif paling curam dari bagian barat maupun bagian timur. Batimetri bagian ini terukur kedalaman 1000 m ditemukan pada jarak sekitar 2,5 km dari garis pantai. Batuan yang tersingkap di bagian tengah relatif batugamping koral dan batuan gunung api tua (Gambar 2). Bagian timur, sampel diambil pada morfologi relatif paling landai diantara bagian barat ataupun tengah. Batimetri bagian ini terukur kedalaman 1000 m ditemukan pada jarak sekitar 3,5 km dari garis pantai. Batuan yang tersingkap di bagian

timur relatif alluvium dan batuan gunung api dari formasi Kiro (Gambar 2). Pada bagian ini ditemukan Alluvium menunjukkan adanya pengaruh lingkungan sungai.

Karakter sedimen dari perairan bagian timur (Gambar 10a) ditemukan ukuran sedimen OLE-01 relatif lebih kecil dari OLE-03 dan dominan fragmen biogenik (salah satunya ditemukan *Ruber Globigerinatella* pada OLE-03). Profil bahan organik (*Organic Material/OM*) pada OLE-01 mulai 80 cm menunjukkan penurunan menerus sampai 10 cm tetapi di lapisan atas (0 cm) mengalami kenaikan. Pada OLE-03 menunjukkan penurunan nilai OM di kedalaman bagian atas (0 cm). Konsentrasi OM pada OLE-03 relatif lebih rendah dari OLE-01 artinya kondisi perairan bagian timur menggambarkan pasokan OM di laut lepas (OLE-3) lebih rendah dari pada di perairan dekat pantai (OLE-01) kemungkinan karena perairan bagian timur didominasi pengaruh lautan. Analisis ini berdasarkan bahwa sumber OM dapat berasal dari karbon organik (*organic carbon/OC*) karena material OC dari daratan yang terbawa oleh

limpasan hujan atau sungai, dan material OC dari lautan berupa hasil produksi organisme laut (*biogenous*) seperti karbonat biogenik, contohnya berupa foraminifera dan moluska (Yun, dkk., 2015; Pinet, 2014). Material OC ditunjukkan oleh Karbon Organik Total (*total organic carbon/TOC*) yang dapat dilihat pada Gambar 10a. Data persentase menunjukkan nilai CaCO_3 sebagai pembentuk cangkang organisme (Pinet, 2014) mendominasi perairan dari pada OM dan TOC.

Peningkatan kandungan biogenik salah satunya disebabkan tingginya kandungan nutrisi yang dimanfaatkan karena kehidupan biogenik membutuhkan sumber nutrisi untuk produktivitasnya. Peningkatan produktivitas perairan bagian timur diperkirakan karena morfologi lebih rendah daripada perairan bagian barat-tengah (Gambar 4) dan terlindung dari aliran perairan dalam sistem arlindo karena keberadaan tanjung di bagian tengah sebagai kaki gunung di daratan pulau Lembata. Secara umum, perairan bagian timur khususnya lokasi pengambilan sampel memiliki dasar laut paling rendah dari perairan bagian tengah-barat (Gambar 4) dengan kondisi perairan adanya pemanfaatan maksimal nutrisi perairan sehingga produktivitas relatif meningkat yang ditunjukkan oleh nilai TOC meningkat di lapisan atas.

Karakter sedimen dari perairan bagian tengah ditemukan ukuran lempung lebih banyak dari pada ukuran kerikil (Gambar 10b). Hasil sayatan oles (0 cm) menunjukkan sedimen OLE-05 relatif lebih banyak lumpur dari pada OLE-06 maupun OLE-09. Perubahan komposisi OC pada OLE-05 menunjukkan relatif peningkatan nilai OM kisaran 10-20% artinya perairan saat itu relatif stabil dalam sumber OC yang terendapkan. Pada OLE-06 yang mengalami peningkatan nilai OM, tetapi pada kedalaman 30 cm ke 20 cm mengalami penurunan kemudian mengalami kenaikan kembali sampai 0 cm artinya terjadi anomali perubahan lingkungan saat kedalaman 20 cm sehingga OC yang terendapkan berkurang. Hal ini terjadi bisa karena penurunan intensitas hujan atau kecepatan arus meningkat sehingga material yang ringan akan terbawa arus untuk diendapkan di perairan lebih dalam, tergantung kondisi kekuatan arus dan jarak dari pantai dan sungai sehingga berpengaruh terhadap distribusi dan deposisi sedimen dari daratan (Nugroho dan Basit, 2014; Yun, dkk., 2015). Nilai OM pada OLE-09 mengalami peningkatan yang stabil (10-20%) sampai kedalaman 20 cm. Kemudian terjadi penurunan drastis mencapai nilai <10% artinya sedimen atas

(0 cm) terjadi saat nilai OC terendapkan paling sedikit yang diperkirakan karena arus meningkat (sebagai pengaruh di lautan) atau intensitas hujan paling kecil (sebagai pengaruh dari daratan). Hasil perhitungan menunjukkan perairan bagian tengah masih didominasi nilai CaCO_3 (Gambar 10b). Komposisi nilai CaCO_3 pada sampel OLE-05 relatif paling stabil diantara OLE-06 dan OLE-09 (bagian tengah) artinya perairan laut dalam lebih stabil dari pada nilai OM mendekati pantai. Secara umum, karakter sedimen bagian tengah menunjukkan karakteristik sedimen perairan lepas yang memiliki nilai OM lebih banyak dari bagian timur (Gambar 10a dan 10b). Analisis dari karakter sedimen bagian tengah ini menguatkan pendapat Permanawati, dkk. (2016) dimana kondisi akibat arus relatif tenang di perairan dalam umumnya memiliki sedimen berukuran lumpur. Selain daripada itu, tingginya nilai OM di bagian tengah dikarenakan bagian tengah terdapat teluk Waicuga (Gambar 1) sebagai tempat bermuaranya limpasan air hujan dari daratan sehingga berakhir terendapkan di dasar laut sebagai tempat akhir material terdeposisi (Dewanti dkk., 2016).

Karakter sedimen dari perairan bagian barat (Gambar 10c) ditemukan ukuran pasir sangat halus. Hasil sayatan oles (0 cm) antara OLE-26 dan OLE-28 menunjukkan sedimen OLE-26 relatif lebih kasar dan lumpur lebih sedikit. Perhitungan TOC (Tabel 2) menunjukkan OLE-26 relatif mengalami kenaikan nilai OM sehingga perairan mengalami peningkatan produktivitas, berbeda dengan OLE-28 yang menunjukkan penurunan (nilai OM pada 0 cm lebih kecil dari 10 cm) seperti terlihat pada Gambar 11. Analisis menunjukkan adanya kontribusi *terrigenous influx* yang terekam pada TOC sehingga berpengaruh terhadap produktivitas perairan (Souza, dkk., 2012; Sanchez, dkk., 2013) pada OLE-26 tetapi jarak lokasi dari pantai tetap dijadikan pertimbangan terhadap nilai TOC (Yun et al. 2015).

Secara umum, sedimen dasar laut perairan Lembata bervariasi. Interpretasi dari hasil pengamatan sayatan oles menunjukkan karakter berbeda antara bagian barat, tengah, dan timur perairan yang terlihat dari perbedaan komposisi jenis sedimen secara umum (seperti batugamping, foraminifera, obsidian). Pada sayatan oles (Gambar 10c) bagian barat ditemukan banyak koral dan material batuan dengan relatif sedikit lumpur.

Karakteristik sedimen bagian barat menunjukkan akibat pengaruh perairan dengan morfologi dasar laut paling dalam curam dari dua bagian lainnya (Gambar 1, 2 dan 4). Bagian timur memiliki morfologi dasar laut lebih landai dan terdapat daerah aluvial sedangkan bagian tengah dipengaruhi perairan yang dekat teluk sehingga memungkinkan proses pengendapan lebih tinggi dan ukuran butir menunjukkan relatif lebih banyak lumpur (Gambar 10).

Karakteristik Karbon Organik

Lokasi pengambilan sampel dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan perbedaan kondisi lingkungan (dijelaskan pada bagian bahan analisis). Perbedaan lingkungan ditunjukkan oleh Gambar 11 sebagai perubahan grafik konsentrasi karbon organik yang terdeposisi dalam sedimen inti. Perubahan konsentrasi sedimen inti asal perairan Lembata pada tulisan ini menunjukkan perubahan konsentrasi material organik (OM), perubahan konsentrasi kalsium karbonat (CaCO_3), dan perubahan konsentrasi *Total Organic Carbon* (TOC) di setiap sampel secara menerus dalam interval 10 cm yang terukur (Gambar 11).

Perubahan persentase material organik (OM) pada Gambar 11a dan Tabel 2 menunjukkan rentang nilai 2.496-11.133%. Konsentrasi kalsium karbonat (CaCO_3) menunjukkan rentang nilai 16.365-79.910% (Gambar 11b dan Tabel 2). Konsentrasi TOC menunjukkan rentang nilai 0.999 - 4.453% (Gambar 11c dan Tabel 2).

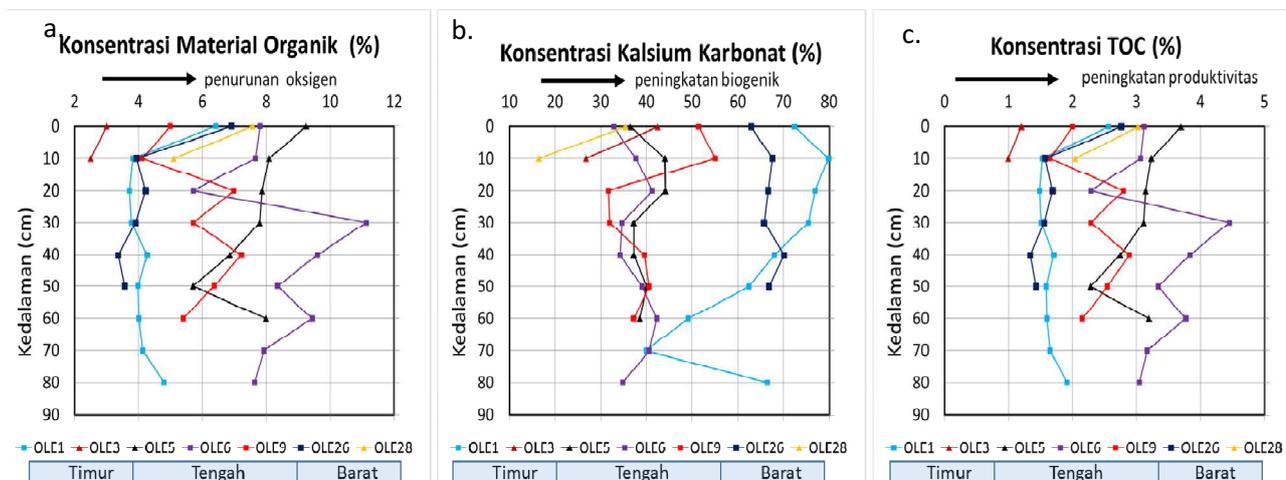
Konsentrasi Material Organik (OM)

Konsentrasi material organik (OM) disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 11a. Pada tiga pembagian wilayah (timur, tengah, dan barat) menunjukkan

bahwa kedua sampel OLE-1 dan OLE-26 mewakili perairan yang dekat pantai dengan nilai OM sedimen inti sekitar 11.133-3.711% menggambarkan relatif selaras. Adapun nilai OM pada perwakilan perairan laut lepas di bagian barat dan timur, diwakili sampel OLE-03 dan OLE-28 dengan nilai OM sedimen inti sekitar 7.500-2.496%. Hasil deskripsi menunjukkan nilai OM relatif sama, pada OLE-1 di bagian timur dan OLE-26 di bagian barat sedangkan OLE-03 menunjukkan paling kecil dari sampel lainnya (Gambar 11a). Hasil analisis diperkirakan bahwa kontribusi *terrigenous influx* tidak akan memberikan jaminan bahwa nilai OM akan besar di dalam sedimen inti karena harus mempertimbangkan nilai OM pada pengaruh jarak lokasi dari pantai dan sungai (Nugroho dan Basit, 2014; Yun, dkk., 2015).

Gambar 11a menggambarkan konsentrasi OM terdeposisi kecil sebagai pengaruh kondisi perairan timur laut lepas (OLE-3) yang mengalami dinamika transpor yang kuat sehingga sedimen halus akan terendapkan jauh. Interpretasi menduga akibat pengaruh kuat aliran arus dalam (sampel diambil dari kedalaman laut 1258 m) yaitu pengaruh dari kecepatan kuat Arlindo yang bergerak menuju Laut Timor dari Selat Makassar (Atmadipoera, dkk., 2016). Besarnya material yang terdeposisi merupakan hasil pemilahan dinamika transpor jenis dan ukuran material (Manengkey, 2010).

Konsentrasi material organik (OM) di bagian tengah diwakili oleh sedimen inti OLE : 5, 6, dan 9. Konsentrasi OM terlihat paling besar pada sampel OLE-6 sebesar 11.133 %, mencapai nilai maksimal pada kedalaman sedimen 30 cm (Gambar 6a).



Gambar 11. Perubahan konsentrasi karbon organik dalam sedimen inti dari perairan Lembata bagian timur, tengah, dan barat. (a) perubahan konsentrasi material organik. (b) perubahan konsentrasi kalsium karbonat. (c) perubahan konsentrasi TOC.

Kondisi ini diperkirakan karena OLE-6 berada pada kedalaman yang paling dangkal (daripada OLE-5 dan 9) dan OLE-6 berada dekat teluk sehingga kemungkinan terjadi pendeposisi material lebih besar. Konsentrasi OM terus meningkat di bagian tengah (sebelum kedalaman 30 cm) menunjukkan perairan mengalami penurunan oksigen terlarut (Dewanti dkk., 2016). Setelah 30 cm, konsentrasi OM pada OLE-6 menunjukkan adanya kenaikan oksigen terlarut kemudian kembali terjadi kenaikan OM tidak signifikan setelah mencapai kedalaman 20 cm sampai bagian atas sedimen (Tabel 1, Tabel 2, dan Gambar 11a). Interpretasi membuktikan bahwa teluk berpengaruh terhadap kenaikan konsentrasi OM dalam sedimen.

Perairan bagian tengah, lokasi pengambilan pada kedalaman laut yang berbeda (Gambar 5, 7, dan 8). Sampel OLE-6 dan OLE-5 (Gambar 1, 5, dan 7) menunjukkan profil perubahan konsentrasi OM (Gambar 11a). Konsentrasi OM pada OLE-5 mengalami kenaikan terutama setelah kedalaman sedimen 30 cm menunjukkan nilai kandungan MO paling tinggi. Sampel sedimen lain di bagian tengah, yaitu OLE-9, berlokasi paling dekat dengan Teluk Waicuga (Gambar 1) memiliki konsentrasi OM paling rendah (Tabel 2 dan Gambar 11a). Deskripsi menunjukkan karena adanya pengaruh jarak dari pantai, yaitu kisaran 2000 meter dan kedalaman perairan sedimen saat diambil, yaitu kisaran 1500 m. Walaupun jarak OLE-9 lebih dekat dari pantai tetapi kedalaman OLE-9 menunjukkan paling dalam dari kedua sampel (OLE-5 dan OLE-6) sehingga kemungkinan OM sedikit terdeposisi karena ukuran halus akan terbawa arus (Manengkey, 2010).

Secara umum, hasil penelitian perairan Lembata menunjukkan perubahan konsentrasi OM yang terus meningkat dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut sehingga berpengaruh pada proses fotosintesis (Hyland dkk., 2005; Libes, 2009). Perubahan pengendapan OM yang terjadi di perairan Lembata tergantung dari sumber karbon organik, kedalaman perairan, dan kekuatan dinamika transpor dari lingkungan perairan.

Konsentrasi Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Perubahan persentase Kalsium Karbonat (CaCO_3) pada Gambar 11b dan Tabel 2 menunjukkan rentang nilai 16.365 – 79.910%. Konsentrasi CaCO_3 meningkat diperkirakan sebagai prediksi peningkatan karbonat biogenik

perairan saat sedimen terdeposisi. Nilai karbonat biogenik yang terdeposisi di dasar laut berupa hasil produksi organisme laut (*biogenous*) dapat berasal dari foram atau moluska sebagai salah satu tipe material *organic carbon* (OC) dari lautan (Pinet, 2014; Permanawati dkk., 2016).

Perbedaan konsentrasi CaCO_3 di bagian perairan yang mendekati pantai (OLE: 1, 6, 9, dan 26) dengan perairan lepas (OLE: 3, 5 dan 28) menunjukkan perbedaan kondisi lingkungan dalam peningkatan biogenik di sepanjang sedimen inti (Gambar 11b). Sedimen inti OLE-26 di bagian barat menunjukkan konsentrasi CaCO_3 relatif menurun tidak signifikan tetapi di bagian laut lepas menunjukkan kenaikan (OLE-28). Parameter CaCO_3 sebagai bagian organisme laut (biogenik) sehingga peningkatan kandungan biogenik membutuhkan sumber nutrisi untuk produktivitasnya (Libes dkk., 2009). Peningkatan produktivitas perairan bagian timur diperkirakan karena morfologi lebih rendah daripada perairan bagian barat-tengah (Gambar 4) dan terlindung dari aliran perairan dalam sistem arlindo karena keberadaan tanjung di bagian tengah sebagai kaki gunung di daratan pulau Lembata. Pasokan nutrisi berada di perairan biasanya berasal dari daratan yang masuk melalui limpasan air hujan dan dari material dasar laut yang terangkat oleh adanya taikan (*upwelling*) sebagai hasil proses daur ulang yang terjadi di laut (Rosdiana dkk., 2017).

Konsentrasi CaCO_3 di bagian tengah diwakili oleh sedimen inti OLE : 5, 6, dan 9. Konsentrasi CaCO_3 pada OLE-5 dan 6 menunjukkan perubahan konsentrasi yang relatif seragam sepanjang sedimen inti. Artinya kondisi perubahan lingkungan perairan relatif seragam. Berbeda dengan konsentrasi CaCO_3 pada OLE-9 menunjukkan mengalami kenaikan setelah kedalaman 20 cm (Gambar 11b). Hal ini diperkirakan perairan mulai mengalami peningkatan biogenik perairan yang ditunjukkan oleh kenaikan CaCO_3 .

Konsentrasi CaCO_3 di bagian timur (OLE-1) bervariasi. Diawali oleh penurunan (dari 66.44% menjadi 40.06%) kemudian pada kedalaman 70 – 10 cm menunjukkan kenaikan (menjadi 79.91%) dan kembali menunjukkan penurunan (72.417%) sampai 0 cm (Gambar 11b dan Tabel 2). Grafik nilai konsentrasi CaCO_3 pada OLE-1 menunjukkan konsentrasi CaCO_3 tertinggi yang terdapat di perairan Lembata. Tingginya konsentrasi CaCO_3 pada OLE-1 berbeda dengan konsentrasi CaCO_3

rendah pada OLE-3 yang mewakili kondisi perairan laut lepas di bagian timur (Gambar 11b dan Tabel 2). Interpretasi tingginya CaCO_3 sebagai indikator peningkatan biogenik, tercatat OLE-1 paling tinggi (Gambar 11b) menggambarkan bahwa terjadi pengayaan biogenik paling besar di perairan Lembata. Kondisi ini diperkirakan karena morfologi yang rendah (diambil pada kedalaman 506 m) dan relatif terlindung dari kecepatan arus yang tinggi akibat dekatnya lokasi dengan daratan.

Secara umum, perubahan konsentrasi CaCO_3 yang terekam dalam sedimen inti dari perairan Lembata tergantung dari faktor lingkungan perairan. Kesimpulan menunjukkan kekuatan pemanfaatan kesuburan perairan dalam peningkatan biogenik sebagai indikasi untuk menghasilkan CaCO_3 (Pinet, 2014; Libes dkk., 2009), jarak dengan daratan sebagai sumber pengayaan nutrisi asal daratan, dan kedalaman perairan sebagai pengaruh morfologi untuk proses daur ulang yang terjadi di laut. Hal ini menjelaskan pendapat Rosdiana dkk. (2017) bahwa pasokan nutrisi suatu perairan biasanya berasal dari daratan yang masuk melalui limpasan air hujan dan dari material dasar laut yang terangkat oleh adanya taikan (*upwelling*) sebagai hasil proses daur ulang yang terjadi di laut.

Konsentrasi Total Organik Carbon (TOC)

Perubahan persentase konsentrasi TOC di perairan Lembata menunjukkan rentang nilai 0.999-4.453% (Gambar 11c dan Tabel 2). Konsentrasi TOC paling tinggi tercatat pada perairan bagian tengah yang mewakili perairan dekat pantai (OLE-6) dari sedimen inti kedalaman 30 cm, sedangkan perairan lepas diwakili oleh sedimen inti OLE-5 dengan nilai tertinggi pada kedalaman 0 cm sebesar 3.697%. Konsentrasi TOC pada OLE-6 menunjukkan kenaikan sampai kedalaman 30 cm kemudian menunjukkan penurunan. Perubahan lingkungan perairan drastis sekitar kedalaman 30 - 20 cm. Artinya kondisi lingkungan kesuburan perairan terus berbanding terbalik antara OLE-6 dan OLE-5. Dimana OLE-5 terus mengalami kenaikan nilai TOC sedangkan OLE-06 sebaliknya. Interpretasi mengasumsikan terjadi perubahan produktivitas perairan disebabkan perbedaan pemanfaatan kesuburan perairan. Hal ini terjadi karena kecepatan produksi organisme dalam memanfaatkan energi di perairan dapat ditunjukkan oleh parameter *Total Organik Carbon/TOC* (Souza dkk. 2012; Sanchez dkk. 2013).

Konsentrasi TOC di perairan bagian timur menunjukkan relatif kenaikan pada OLE -01 dengan nilai maksimum di lapisan atas sebesar 2.566% sedangkan konsentrasi TOC paling kecil ditemukan pada sampel OLE-03 sebesar 0.999% (Gambar 11c dan Tabel 2). Kenaikan signifikan terlihat dari sedimen mulai 10 cm sampai lapisan atas (0 cm). Artinya kondisi perairan sekarang (0 cm) menunjukkan konsentrasi TOC lebih besar di perairan dekat pantai (diwakili OLE-1) dari pada perairan lepas (diwakili OLE-3). Lokasi perairan OLE-1 menggambarkan lingkungan perairan yang memanfaatkan kesuburan perairan secara maksimal terlihat dari nilai TOC pada OLE-01 lebih banyak dari OLE-03. Hal ini berdasarkan hasil analisis adanya pemanfaatan kesuburan perairan Lembata bagian timur sehingga produktivitas perairan meningkat (Souza dkk. 2012; Sanchez dkk. 2013) yang ditunjukkan oleh parameter TOC. Korelasi terlihat selaras terlihat pada peningkatan material organik (OM) dan peningkatan produktivitas (Gambar 11a dan 11c) tetapi nilai CaCO_3 menunjukkan penurunan biogenik (Gambar 11b) walaupun pada OLE-01 menunjukkan peningkatan biogenik paling tinggi diantara sampel lain. Oleh karena itu, secara umum perairan bagian timur menggambarkan OLE-1 mengalami pemanfaatan kesuburan maksimal sehingga terjadi peningkatan konsentrasi biogenik terlihat pada besarnya nilai CaCO_3 (Gambar 11b).

Konsentrasi TOC di perairan bagian barat (Gambar 11c) memiliki konsentrasi TOC perairan lepas (OLE-28; 0 cm sebesar 3.027%) lebih tinggi dari pada perairan dekat pantai (OLE-26 sebesar 2.762%). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi produktivitas perairan lepas lebih tinggi dari pada perairan dekat pantai. Tetapi korelasi nilai produktivitas tidak selaras dengan peningkatan biogenik yang ditunjukkan nilai CaCO_3 (Gambar 11b). Artinya pemanfaatan kesuburan perairan dimanfaatkan maksimal oleh perairan dekat pantai (OLE-26) dari pada perairan lepas (OLE-28). Interpretasi menduga terjadi perubahan lingkungan dalam peningkatan produksi organisme yang terlihat pada konsentrasi peningkatan biogenik dalam pembentukan CaCO_3 (Gambar 10b) (Pinet, 2014; Libes dkk., 2009). Sehingga peningkatan konsentrasi TOC bukan hanya berdasarkan jarak dengan pantai saat material karbon organik (OC) terdeposisi tetapi ada pengaruh kekuatan pemanfaatan kesuburan perairan lepas pada peningkatan biogenik sebagai

indikasi dalam menghasilkan CaCO_3 . Perubahan konsentrasi TOC di perairan Lembata berdasarkan penelitian ini menyimpulkan bahwa perbedaan lingkungan produktivitas perairan.

Secara umum, distribusi karbon organik (OC) terjadi di perairan Lembata berdasarkan data analisis material organik (OM), kalsium karbonat (CaCO_3), dan *Total Organik Carbon* (TOC). Distribusi karbon organik (OC) terjadi adanya perbedaan sumber asal sedimen, perbedaan morfologi dasar laut, perubahan kekuatan dinamika perairan, pemanfaatan kesuburan perairan, dan perbedaan produktivitas perairan saat material karbon organik terendapkan.

KESIMPULAN

Wilayah penelitian dibagi menjadi perairan dekat pantai (sampel OLE: 1, 6, 9, dan 26) dan perairan lepas (sampel OLE: 3, 5 dan 28) yang dibedakan menjadi wilayah timur (sampel OLE: 1 dan 3), tengah (sampel OLE: 5, 6 dan 9), dan barat (sampel OLE: 26 dan 28). Karakteristik sedimen berdasarkan sayatan oles bagian atas (0 cm). Bagian timur didominasi fragmen biogenik dan sedimen lebih halus dari bagian barat-tengah, bagian tengah memiliki komposisi relatif sama banyak antara fragmen batuan dan biogenik. Bagian barat dominan fragmen biogenik. Distribusi karbon organik dalam sedimen inti ditunjukkan berdasarkan perubahan konsentrasi material organik (OM), perubahan konsentrasi kalsium karbonat (CaCO_3), dan perubahan konsentrasi *Total Organik Carbon* (TOC) di setiap sampel sedimen inti secara menerus dengan interval 10 cm.

Distribusi material organik (OM) menunjukkan penurunan oksigen perairan. Penurunan ini terjadi akibat perbedaan sumber asal sedimen yang memberikan jenis komposisi berbeda ke dalam perairan. Kondisi perbedaan morfologi dasar laut serta perubahan kekuatan dinamika perairan berpengaruh dalam material karbon organik terendapkan. Akibat pemanfaatan kesuburan perairan menunjukkan nilai produktivitas perairan. Perairan yang mendekati pantai tidak selalu menunjukkan nilai konsentrasi OM lebih rendah dari perairan lepas. Konsentrasi OM paling besar berada di wilayah bagian tengah. Distribusi kalsium karbonat (CaCO_3) menunjukkan peningkatan biogenik. Perairan yang mendekati pantai relatif menunjukkan konsentrasi peningkatan CaCO_3 lebih besar dari pada perairan lepas. Distribusi *Total Organik Carbon* (TOC)

menunjukkan peningkatan produktivitas. Perairan lepas relatif menunjukkan nilai konsentrasi TOC lebih besar dari perairan dekat pantai. Konsentrasi TOC paling besar berada di wilayah bagian tengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Puslitbang Geologi Kelautan, Balitbang ESDM yang telah memberikan pendanaan dan fasilitas peralatan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini. Terima kasih juga untuk tim survei lapangan Lembata, Pemda Kabupaten Lembata dan semua pihak yang telah membantu kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera, A.S, Horhoruw, S.M, Purba, M., dan Nugroho, D.Y. 2016. Variasi Spasial Dan Temporal Arlindo Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan*. Vol.8[1] : 299-320.
- Dewanti, Putri, N., Muslim dan Retno, W. 2016. Analisis Kandungan Karbon Organik Total (KOT) Dalam Sedimen di Perairan Sluke Kabupaten Rembang. *Jurnal Oseanografi* Vol.5[2]:202-210
- 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*. Vol.13[1] : 25-36.
- Hernawan, U., Yuningsih, A., Noviadi, Y., Prasetyo, F.B., Permanawati, Y., Latuputty, G., Wisnu, A., Carlos, R., Suciwati, C., Siregar, M., Gunadi, D., dkk. 2017. Laporan Penelitian Potensi OTEC Di Perairan Lembat, NTT. *Laporan Kegiatan*. Puslitbang Geologi Kelautan. Balitbang ESDM. KESDM. Tidak dipublikasikan.
- Heiri, O., Lotter, A.F., dan Lemcke, G.. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*. Vol.25: 101-110.
- Hyland, J., Balthis, L., Karakassis, I., Magni, P., Petrov, A., Shine, J., Vestergaard, O., dan Warwick, R.. 2005. Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. *Marine Ecology Progress Series*. Mar Ecol Prog Ser. Vol. 295: 91-103.
- Libes, S.M., 2009. Introduction to Marine Biogeochemistry. Second Edition. ISBN:

- 978-0-12-088530-5. Elsevier. South Carolina.UK.
- Menengkey, Hermanto W.K. 2010. Kandungan Bahan Organik Pada Sedimen di Perairan Teluk Buyat dan Sekitarnya. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. Vol.VI[3].
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran pesisir dan laut. *Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Noya, Y dan S. Koesoedinata. 1990. Geologi Lembar Lombok, Nusa Tenggara Timur. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Nugroho, S.H, dan Basit, A. 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir Di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknol Kelaut Tropis*. Vol.6[1]:229-240.
- Permanawati, Y., Prartono, T., Atmadipoera, A. S., Zuraida, R., Chang, Y.. 2016. Rekam Sedimen Inti Untuk Memperkirakan Perubahan Lingkungan Di Perairan Lereng Kangean. *Jurnal Geologi Kelautan*. Vol.14[2]:65-77.
- Pinet, P.R., 2014. Invitation to Oceanography. Chapter 4. Marine Sedimentation. Fifth Edition. *Jones and Bartlett Publication*. 92-133.
- Rifardi. 2012. *Ekologi Sedimen Laut Modern*. ISBN 978-979-792-149-1. Edisi Revisi. Pekanbaru (ID): Penerbit UR Pr.
- Rosdiana, A., Prartono, T., Atmadipoera, A.S., dan Zuraida, R.. 2017. Nutrient and chlorophyll-a distribution in Makassar Upwelling Region: From Majaflox Cruise 2015. *Lisat*. doi:10.1088/1755-1315/54/1/012087. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 54.
- Rosenmeier dan Abbot. 2005. *Loss On Ignition (LOI) Procedures*. Loss On Ignition Protocol.doc
- Safitri, M., Cahyarini, S.Y., dan Putri, M.R.. 2012. Variasi Arus Arlindo Dan Parameter Oseanografi Di Laut Timor Sebagai Indikasi Kejadian Enso. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 4[2]:369-377.
- Sanchez, A., Ortiz, B. E. L., Garcia, S. A., dan Balart, E.. 2013. Distribution and composition of organic matter in sediments of the oxygen minimum zone of the Northeastern Mexican Pacific: paleoceanographic implications. *Journal of Iberian Geology*. Vol.39[1]:111-120. 1886-7995.
- Sarmili, L., dan Troa, R.A.. 2014. Keberadaan Sesar Dan Hubungannya Dengan Pembentukan Gunung Bawah Laut Di Busur Belakang Perairan Komba, Nusa Tenggara. *Jurnal Geologi Kelautan*. Vol. 12[1]:55-64.
- Souza, A.C., Pease, T.K., Gardner, W.S.. 2012. Vertical Profiles of Major Organic Geochemical Constituents and Extracellular Enzymatic Activities in Sandy Sediments of Aransas and Copano Bays, TX. *Estuar and Coasts*. Vol.35:308-323. DOI 10.1007/s12237-011-9438-y.
- Yun, P.S., Ariffin, J., Siang, H.Y., Tahir, N.M.. 2015. Influence of Monsoon on the Distribution of Organic Carbon in Inner Continental Shelf Core Sediments, South China Sea, Malaysia. *Sains Malays*. Vol.44[7]:941-945.
- Zuraida, R, Troa, R.A., Hendrizan, M., Triarso, E., Gustiantini, L., Nurdin, N., Hantoro, W.S., Liu, S.. 2015. Penentuan Siklus Glasial-Interglasial Terakhir Pada Sedimen Dasar Laut Kawasan Lepas Pantai Palabuhanratu. *Jurnal Segara*. Vol.11[2]:93-101.