

STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTIK SUBSTRAT LUNAK DI ZONA SUBTIDAL SEKITAR PULAU LEMBEH (SULAWESI UTARA)

(*Macrozoobenthic community structure in subtidal soft-bottom area along the coast of Lembeh Island -North Sulawesi*)

Ruddy D Moningkey¹, Lawrence J L Lumingas², Unstain N W J Rembet²

¹Study Program of Aquatic Science, Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University Manado. <http://pasca.unsrat.ac.id/s2/ipa/>

²Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University Manado.

ABSTRACT

The present paper describes the soft-bottom macrozoobenthic community structure inhabiting Lembeh Island's waters (North Sulawesi). Material for the study was collected from 5 stations in October 2013 using a La Motte grab (600 cm²) and subsequently sieved through a 1 mm square mesh sieve. A total of 1147 individuals belonging to 78 species (taxa) of macrozoobenthos and representative of higher taxonomic groups belonging to 12 phyla were recorded and identified. Univariate analysis showed low abundance of individuals and number of species in the Pintu Kota station which has a black sludge of sediment but Shannon index values at this station is the highest. Instead Motto station relatively far from anthropogenic disturbance showed a high abundance of individuals and number of species but Shannon index values at this station is the lowest. The station is dominated by *Tanais* sp at a density of 9533 individuals m⁻². Shannon index is less sensitive to measure the effect of anthropogenic disturbances compared with the abundance of individuals and number of species. The multivariate analysis (Cluster Analysis and Correspondence Analysis) managed to separate the three groups (essemblage) makrozoobenthos: Group A (Posokan), Group B (Motto) and Group C (Pancoran, Mawali and Pintu Kota). Abiotic factors such as granulometri, physicochemical, hydrodynamics and anthropogenic factors believed to be the factors controlling the formation of the ecological group.

Keywords: macrozoobenthos, anthropogenic impact, multivariate analysis, Lembeh Island.

ABSTRAK

Tulisan ini menggambarkan struktur komunitas makrozoobentos substrat lunak yang menghuni perairan Pulau Lembeh (Sulawesi Utara). Materi untuk studi ini dikumpulkan dari 5 stasiun pada Oktober 2013 dengan menggunakan grab La Motte (600 cm²) dan kemudian disaring dengan saringan berukuran 1 mm persegi mata saringan. Sebanyak 1147 individu yang termasuk dalam 78 spesies (taksa) makrozoobentos dan mewakili 12 fila atau grup taksonomi telah dicatat dan diidentifikasi. Analisis univariat menunjukkan rendahnya kelimpahan individu dan jumlah spesies di stasiun Pintu Kota yang memiliki sedimen lumpur berwarna hitam tetapi nilai indeks Shannon di stasiun ini adalah yang tertinggi. Sebaliknya di stasiun Motto yang relatif jauh dari gangguan antropogenik menunjukkan tingginya kelimpahan individu dan jumlah spesies tetapi nilai indeks Shannonna adalah yang terendah. Stasiun ini didominasi oleh *Tanais* sp dengan kepadatan 9533 individual m⁻². Indeks Shannon kurang peka mengukur

pengaruh gangguan antropogenik dibandingkan dengan nilai kelimpahan individual dan jumlah spesies. Analisis multivariat (Analisis Kluster dan Analisis Korespondensi) berhasil memisahkan 3 grup (essemblage) makrozoobentos: Grup A (Posokan), Grup B (Motto) dan Grup C (Pancoran, Mawali dan Pintu Kota). Faktor abiotik seperti granulometri, hidrodinamika dan fisika-kimia perairan serta faktor antropogenik diduga merupakan faktor-faktor pengendali pembentukan grup ekologis tersebut.

Kata kunci: makrozoobentos, dampak antropogenik, analisis multivariat, Pulau Lembeh.

PENDAHULUAN

Dampak manusia terhadap sumberdaya hayati perairan telah meningkat akhir-akhir ini dan bahkan telah menjadi ancaman bagi keseimbangan ekosistem perairan laut. Di perairan laut, secara khusus perairan pantai dengan aktivitas pembangunan yang tinggi rentan mengalami gangguan keseimbangan ekologis ekosistemnya, terutama ekosistem benthik yang dihubungkan dengan polusi bahan organik khususnya eutrofikasi. Gangguan antropogenik yang nyata akan menyebabkan perubahan struktur komunitas benthik terutama komposisi spesies dan kelimpahan individunya. Mempelajari struktur komunitas benthik akan sangat bermanfaat menduga dampak ekologis faktor gangguan antropogenik terhadap ekosistem benthik karena pada umumnya hampir semua polutan, misalnya, akan berakhir di dasar laut atau sedimen.

Zoobentos adalah fauna avertebrata yang umumnya hidup melata, menetap, menempel, memendam dan meliang di dasar perairan baik substrat lunak maupun substrat keras. Zoobentos yang berukuran diameter tubuh lebih besar dari 1 mm atau yang tertahan pada ayakan berukuran mata 1 mm disebut makrozoobentos (Collignon, 1991). Komunitas makrozoobentik laut umumnya terdiri dari empat kelompok utama yakni Mollusca, Annelida (Polychaeta), Crustacea dan Echinodermata dan kelompok lain yang terdiri dari berbagai filum kecil lainnya

seperti Sipunculida, Cnidaria dan Nemerta (Lumingas, 1990).

Suatu komunitas makrozoobentik laut yang hidup dalam lingkungan yang stabil biasanya hanya akan mengalami sedikit perubahan baik kualitatif maupun kuantitatif dari waktu ke waktu. Melalui evolusi, makrozoobentos akan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan yang terjadi secara alami. Karena umumnya bersifat menetap (sesil) atau melata (sedenter), maka untuk dapat bertahan hidup makrozoobentos harus mampu mengatasi perubahan lingkungan yang terjadi di sekitarnya. Makrozoobentos yang tidak sanggup beradaptasi dengan perubahan lingkungan akan tersingkir atau mati. Dengan demikian perubahan kondisi lingkungan perairan dapat tergambar atau terekam lewat perubahan struktur komunitas makrozoobentiknya atau berfungsi sebagai 'pita rekaman' perubahan lingkungan di sekitarnya.

Berdasarkan karakteristik seperti yang disebutkan di atas maka makrozoobentos telah digunakan secara luas sebagai indikator status lingkungan dalam lingkungan laut. Karena keterbatasan mobilitas dan tak dapat menghindari kondisi yang kurang menguntungkan maka bentos sering terekspose pada kontaminan yang terakumulasi dalam sedimen dan konsentrasi oksigen yang rendah dalam perairan benthik sehingga komunitas benthik dapat menggambarkan kondisi lingkungan lokal (Smith, *et al.*, 2001). Organisme benthik memiliki toleransi fisiologis yang luas, berbagai tipe cara makan serta interaksi trofik yang luas

yang membuat mereka peka terhadap berbagai stres lingkungan (Pearson dan Rosenberg, 1978; Rhoads *et al.*, 1978). Berbagai kajian telah menunjukkan bahwa bentos, khususnya makrozoobentos, dapat merespon secara teramal berbagai jenis stres baik karena alami maupun karena kegiatan manusia (anthropogenik) (Pearson dan Rosenberg, 1978; Dauer, 1993).

Perubahan struktur komunitas bentik sering merefleksikan variasi faktor fisika-kimia lingkungan perairan karena fauna bentos memiliki sifat yang terintegrasi dengan kondisi lingkungan sekitarnya (Le Guellec, 1990). Dengan teknik klasifikasi dan ordinasi (analisis multivariat), Junoy dan Vieitez (1990) telah menyimpulkan bahwa karakteristik sedimen dan tinggi pasang merupakan faktor yang paling bertanggungjawab mengatur sebaran dan kelimpahan komunitas makrozoobentik intertidal.

Komponen makrofauna dalam komunitas bentik sering dikuantifikasi untuk menentukan kesehatan lingkungan karena organisme tersebut relatif bersitrat sedenter, mempunyai masa hidup yang panjang dan spesies makrobentos menunjukkan perbedaan toleransi terhadap stress (Dauer, 1984). Bentos memiliki berbagai sifat yang membuat mereka berguna sebagai indikator biologi termasuk potensi mereka terekspos stres serta keanekaragaman taksonomiknya (Smith, *et al.*, 2001). Makrozoobentos merupakan organisme bentik yang relatif mudah diidentifikasi dan peka terhadap perubahan lingkungan perairan. Gray *et al.* (1988) mengemukakan dibanding dengan meiozoobentos dan mikrozoobentos, makrozoobentos lebih banyak dan lebih umum digunakan untuk memantau dan sebagai indikator pencemaran. Hal ini disebabkan karena informasi taksonomik dan biologi makrozoobentos lebih banyak diketahui. Pranovi, *et al.* (2008) bahkan menggunakan data tentang komunitas

makrobentik di Laguna Venesia yang tersedia dari tahun 1935 sampai tahun 2004 dan memungkinkan menggambarkan perubahan struktur komunitas selama hampir 70 tahun dengan menunjukkan penurunan yang tajam keanekaragamannya.

Banyak sekali penelitian yang telah dilakukan mengenai dampak aktivitas manusia (buangan industri, kota, pertanian, pengerukan, pelabuhan) dan bencana polusi (tumpahan minyak) terhadap struktur komunitas makrozoobentik terutama di daerah lintang tinggi. Tetapi pada kenyataannya penelitian semacam ini di daerah tropis, khususnya di Indonesia masih relatif jarang. Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur komunitas makrozoobentos yang menghuni substrat lunak di zona subtidal perairan pantai Pulau Lembeh (Sulawesi Utara).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di perairan laut dangkal (subtidal) di sekitar Pulau Lembeh pada lima stasiun sampling yakni dua stasiun terletak di sebelah barat pulau (di dalam Selat Lembeh) yaitu Kelurahan Pintu Kota dan Kelurahan Mawali) dan tiga lainnya di sebelah timur pulau yaitu Kelurahan Pancoran, Kelurahan Posokan dan Kelurahan Motto. Setiap kelurahan diambil 1 (satu) sampel sedimen dengan menggunakan grab (modifikasi dari La Motte) berpenampang 30 cm x 20 cm. Sampel yang diambil dimasukkan dalam kantong plastik dan diawet dengan formalin 10 %, selanjutnya dibawa ke Laboratorium Hidrobioekologi dan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Universitas Sam Ratulangi Manado. Di laboratorium, sampel sedimen dicuci dengan air tawar untuk menghilangkan formalin dan garam, disaring dengan penyaring bermata jaring 1 mm, direndam dalam alkohol yang diberi pewarna Rose

Bengal, kemudian dilakukan penyortiran. Bentos yang tersortir dipindahkan ke dalam 'petri-disc' dan diawet dengan alkohol 70 % untuk selanjutnya diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop stereo (disecting microscope) berdasarkan buku petunjuk yang tersedia (Abbott, 1997; Abbott dan Dance, 1990; Campbell dan Nicholls, 1979; Clark dan Row, 1971; Dance, 1993; Day, 1967) dan fasilitas internet. Pada masing-masing stasiun akan dihitung jumlah individu tiap spesies. Pada masing-masing stasiun akan dihitung: Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H') (Ludwig dan Reynolds, 1988):

$$H' = - \sum (n_i/n \ln n_i/n),$$

di mana n_i adalah jumlah individu spesies i dan n adalah jumlah total individu dalam sampel. Kekayaan Spesies (SR) (Ludwig dan Reynolds, 1988):

$$SR = S - 1/\ln n,$$

di mana S adalah jumlah spesies.

Kemerataan Spesies (J') (Ludwig dan Reynolds, 1988):

$$J' = H'/\ln S.$$

Indeks Dominansi Berger-Parker (d) (Gray dan Elliott, 2009):

$$d = n_{\max}/n,$$

di mana n_{\max} adalah jumlah individu dari spesies yang paling berlimpah.

Data yang dikumpulkan pertamanya ditabulasi ke dalam tabel kontingensi dua arah (tabel silang) yang terdiri dari beberapa baris (spesies) dan beberapa lajur (stasiun). Data yang telah dimasukkan ke dalam tabel silang tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan metode analisis data peubah ganda (*multivariate data analysis*): dengan pilihan menu Analisis 'Cluster' (Bakus, 1990) untuk pengelompokan stasiun; dan Analisis Korespondensi untuk memberikan peragaan geometrik di mana variabel yang diteliti dipetakan

menjadi titik-titik dalam salib sumbu. Analisis Korespondensi ini cocok untuk menganalisis variabel dan hasil observasi yang telah disajikan dalam bentuk tabel kontingensi atau matriks (Lebart *et al.*, 1982). Aplikasi Analisis Korespondensi dalam penelitian ini bertujuan memberikan peragaan terbaik secara simultan antara kelompok observasi (j lajur) dan kelompok variabel (i baris), untuk mendapatkan korespondensi atau hubungan yang benar antara dua variabel yang diteliti (spesies dan stasiun).

Menurut Lebart *et al.* (1982) terdapat dua seri koefisien untuk setiap unsur dari dua kelompok yang berkorespondensi yang dapat dihitung untuk menginterpretasi sumbu-sumbu yang ditentukan dalam suatu Analisis Korespondensi, yaitu: kontribusi absolut dan kontribusi relatif (korelasi unsur-faktor). Kontribusi absolut menjelaskan bagian yang diambil oleh satu unsur tertentu dalam varians yang diterangkan oleh satu faktor. Kontribusi absolut memungkinkan mengetahui variabel yang bertanggung jawab dalam pembentukan satu faktor. Kontribusi relatif menjelaskan berapa besar pengaruh satu faktor dalam menjelaskan sebaran satu unsur. Kontribusi relatif memungkinkan untuk mengetahui variabel mana yang merupakan karakteristik eksklusif dari faktor tersebut. Peragaan data pada tabel kontingensi dua arah melalui Analisis Korespondensi ini dilakukan dengan menggunakan program kemas STATGRAPHICS Centurion melalui pemilihan menu *Correspondence analysis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sampling kuantitatif makrozoobentos dilakukan dengan menggunakan grab berukuran 20 cm x 30 cm pada zona subtidal pantai Kelurahan Pintu Kota (1° 27' 14,79" LU

dan 125° 14' 38,65" BT), Kelurahan Mawali (1° 26' 23,19" LU dan 125° 13' 53,81" BT), Kelurahan Pancoran (1° 24' 38,21" LU dan 125° 14' 14,55" BT), Kelurahan Posokan (1° 28' 32,20" LU dan 125° 16' 18,16" BT) dan Kelurahan Motto (1° 29' 44,49" LU dan 125° 16' 37,86" BT). Karena terletak di dalam teluk kecil semi tertutup di Selat Lembeh, titik sampling Pintu Kota bersubstrat lumpur, titik sampling Mawali bersubstrat pasir berlumpur, sedangkan tiga titik sampling lainnya yang terletak di bagian timur (di luar Selat Lembeh) bersubstrat pasir halus. Komposisi spesies, kelimpahan, kepadatan (n/m^2), jumlah takson (S), indeks Shannon (H'), indeks kekayaan spesies (SR), indeks kemerataan spesies (J'), serta indeks dominansi Berger-Parker (d) makrozoobentos di kelurahan-kelurahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Dari 5 stasiun (sampel) di Pulau Lembeh ditemukan 1147 individu yang termasuk dalam 78 takson. Stasiun terpadat adalah di stasiun Motto dengan 10500 individu per m^2 . Jumlah takson terbanyak di stasiun Mawali yang memiliki 36 takson, sedangkan di stasiun Pintu

Kota memiliki jumlah takson paling sedikit yakni hanya 19 takson. Tetapi dari segi keanekaragaman hayati, stasiun Pintu Kota memiliki nilai indeks Shannon tertinggi. Tingginya nilai indeks Shannon ini karena sebaran individunya merata pada masing-masing spesies (takson) yakni dengan nilai indeks kemerataan tertinggi (0,972). Sebaliknya di stasiun Motto yang memiliki jumlah takson relatif tinggi (26 takson), memiliki nilai indeks Shannon terendah yakni hanya 0,573. Hal ini disebabkan karena adanya dominasi spesies *Tanais* sp (Gambar 2), sehingga menaikkan nilai indeks dominansi Berger-Parker dan menurunkan nilai indeks kemerataan.

Berdasarkan grup taksonomis, ke-78 spesies (takson) termasuk dalam 12 grup dengan didominasi, berdasarkan kelimpahan individu (Gambar 3), oleh Polychaeta (Pintu Kota, Pancoran dan Posokan) dan Crustacea (Mawali dan Motto). Tetapi berdasarkan jumlah spesies (takson) (Gambar 4), keseluruhan stasiun sampling didominasi oleh Polychaeta.

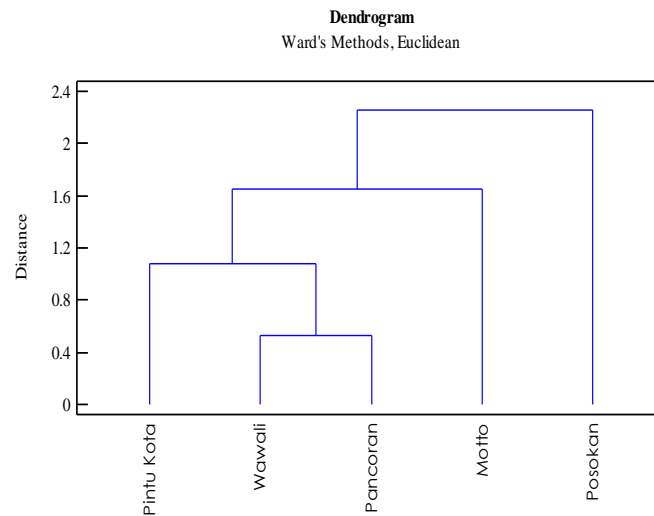


Gambar 1. Peta lokasi sampling di Pulau Lembeh

Gambar 2. *Tanais* spTabel 1. Kepadatan (n/m^2), Jumlah Takson (S), Indeks Shannon (H'), Indeks Kekayaan Spesies (SR), Indeks Kemerataan Spesies (J'), serta Indeks Dominansi Berger-Parker (d) makrozoobentos di sekitar Pulau Lembeh

No	Takson	Kode	Grup takson	Pintu Kota	Mawali	Pancoran	Posokan	Motto
1	<i>Amaeana</i> sp	ama	POLYC		1			
2	<i>Amphithoe</i> sp	amp	CRUST			3		
3	<i>Apseudes</i> sp	aps	CRUST		42		1	
4	<i>Armandia</i> sp	arm	POLYC		3	7		
5	<i>Asymmetron</i> sp	asy	CEPHA		1			1
6	<i>Banareia</i> sp	ban	CRUST		1			
7	Bivalva	biv	MOLLU	1				1
8	<i>Callapa</i> sp	cal	CRUST					1
9	<i>Callianassa</i> sp	cai	CRUST				7	1
10	<i>Caulleriella</i> sp	cau	POLYC		2			
11	<i>Chaetopterus costarum</i>	cha	POLYC		1			
12	<i>Chloeia</i> sp	chl	POLYC		3	1		
13	<i>Cirratulus</i> sp	cir	POLYC				2	
14	<i>Cirriformia tentaculata</i>	cii	POLYC				1	
15	<i>Colubraria</i> sp	col	MOLLU			1		
16	Cumacea	cum	CRUST		8			
17	Cyclopoida (Copepode)	cyc	CRUST				1	
18	Cytherellidae (Platycopida)	cyt	CRUST		1			
19	Echiura	ech	ECHIU					3
20	<i>Eurythoe</i> sp	eur	POLYC			1		
21	<i>Exogone</i> sp	exo	POLYC		3	7	1	1
22	Gammaridae (sp 1)	ga1	CRUST		27	17	1	6
23	Gammaridae (sp 2)	ga2	CRUST		3			4
24	Gammaridae (sp 3)	ga3	CRUST	3	3			4
25	Gammaridae (sp 4)	ga4	CRUST					2
26	<i>Glycera</i> sp	gly	POLYC	1	4	13	1	
27	<i>Glycinde</i> sp	gli	POLYC			2		

28	<i>Goniada</i> sp	gon	POLYC			2	1	
29	Harpacticoida (Copepode)	har	CRUST	3				
30	Hemichordata	hem	HEMIC	1	4			1
31	Hesionidae (UI)	hes	POLYC			11		
32	<i>Kefersteinia</i> sp	kef	POLYC		4	1		
33	<i>Laonice cirrata</i>	lao	POLYC	2				
34	<i>Leocrates</i> sp	leo	POLYC	1	1			
35	<i>Limnoria</i> sp	lim	CRUST				1	
36	<i>Lumbrineris</i> sp	lum	POLYC		1			
37	<i>Magelona</i> sp	mag	POLYC	1				1
38	<i>Marphysa</i> sp	mar	POLYC		1			
39	<i>Megalomma</i> sp	meg	POLYC		1			
40	Nematoda	nem	NEMAT	3	19	60		
41	<i>Nematonereis unicornis</i>	nea	POLYC			1		
42	Nemertina	nee	NEMER		4	5		6
43	<i>Nephtys</i> sp	nep	POLYC		2			1
44	<i>Notomastus</i> sp	not	POLYC	2		1		
45	Oligochaeta	oli	OLIGO	3	3	5		1
46	<i>Ophiodromus</i> sp	oph	POLYC	1				
47	<i>Pagurus</i> sp	pag	CRUST	1	8		1	
48	<i>Paraoinis</i> sp	par	POLYC					1
49	<i>Parvicardium</i> sp	pav	MOLLU		1			
50	<i>Pharyngeovalvata</i> sp	pha	POLYC					1
51	<i>Phyllodoce</i> sp	phy	POLYC		2			
52	<i>Poecilochaetus serpens</i>	poe	POLYC		3	1		3
53	<i>Portunus</i> sp	por	CRUST					1
54	<i>Priapulid</i> sp	pri	PRIAP			1	1	
55	<i>Prionospio ehlersi</i>	pre	POLYC	2	4			
56	<i>Prionospio malmgreni</i>	prm	POLYC				5	
57	<i>Prionospio pinnata</i>	prp	POLYC			1		
58	<i>Prionospio saldanha</i>	prs	POLYC				4	
59	<i>Prionospio</i> sp	psp	POLYC	2			1	
60	<i>Prionospio steenstrupi</i>	pst	POLYC			1		
61	<i>Processa</i> sp	pro	CRUST				1	1
62	<i>Pulliella</i> sp	pul	POLYC	2				
63	<i>Pygospio elegans</i>	pyg	POLYC	2		3	1	
64	<i>Segestes</i> sp	seg	CRUST				1	
65	<i>Semele</i> sp	sem	MOLLU			1		
66	<i>Sipuncula</i> sp	sip	SIPUN		2			1
67	<i>Sphaerosyllis</i> sp	sph	POLYC			1		1
68	<i>Sternaspis scutata</i>	ste	POLYC	2				
69	<i>Sthenelais limicola</i>	sth	POLYC				4	
70	<i>Sthenelais</i> sp	sts	POLYC		1			
71	<i>Syllis</i> sp	sys	POLYC	2	14	30		8



Gambar 5. Analisis cluster (dendrogram) berdasarkan stasiun sampling

Analisis Korespondensi yang dibuat berdasarkan data kelimpahan dalam table kontigensi dua arah (78 baris dan 5 kolom) dapat dilihat pada Gambar 6. Dalam analisis tersebut, diperoleh total inerti untuk keempat sumbu adalah 2,4396 dengan kontribusi sumbu 1 sebesar 0,8139 (33,36%), sumbu 2 sebesar 0,7301 (29,92%), sumbu 3 sebesar 0,4801 (19,68%), dan sumbu 4 sebesar 0,4155 (17,03%). Kontribusi inerti untuk dua sumbu pertama menjelaskan 63,29% dari total inerti.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa variabel stasiun yang paling bertanggung jawab terhadap pembentukan sumbu 1 adalah Motto (39,7%), Pancoran (28%), dan Posokan (22,2%) dengan kontribusi varians total sebesar 89,9%. Sedangkan Posokan (73,9%) dan Pancoran (18,2%) dengan kontribusi absolut total sebesar 92,1% merupakan stasiun-stasiun yang paling bertanggung jawab terhadap pembentukan sumbu 2. Variabel spesies yang bertanggung jawab terhadap pembentukan sumbu 1 (kontribusi absolut > 5 %; arti kode dapat dilihat pada Tabel 1) adalah *tan* 39,7%, *nem* (9,3%), dan *sya* (6,6%) dengan total kontribusi sebesar 55,6%; untuk sumbu 2 adalah *cai* (16,6%), *prm* (13,3%), *prs* (10,7%), *sth* (10,7%), *nem*

(6,4%), *sya* (5,3%) dan *cir* (5,3%) dengan total kontribusi sebesar 68,3%.

Variabel stasiun yang merupakan karakteristik eksklusif adalah Motto (kontribusi relatif 90,7%) untuk sumbu 1 dan Posokan (74,6%) untuk sumbu 2. Variable spesies yang merupakan karakteristik eksklusif (kontribusi relatif >75%) sumbu 1 adalah *tan*, *cal*, *ech*, *ga4*, *par*, *pha*, *por* dan *exo* sedangkan untuk sumbu 2 adalah *pro*, *cai*, *cir*, *cii*, *cyc*, *lim*, *prm*, *prs*, *seg*, *sth* dan *tel*.

Hasil Analisis Korespondensi pada Gambar 6 terlihat secara jelas adanya tiga grup makrozoobentos yang tersebar menurut tiga grup stasiun sebagaimana hasil Dendrogram (Analisis Cluster) pada Gambar 5 yakni Grup A (stasiun Posokan), Grup B (stasiun Motto) dan Grup C (stasiun-stasiun Pintu Kota, Mawali dan Pancoran). Grup A dicirikan dengan 13 spesies karakteristik stasiun Posokan yakni: *cir*, *cii*, *cyc*, *lim*, *prm*, *prs*, *seg*, *sth*, *tel*, *cai*, *pri*, *uib* dan *pro*. Grup B dicirikan dengan 10 spesies karakteristik stasiun Motto yakni: *cal*, *ech*, *ga4*, *par*, *pha*, *por*, *tan*, *ga2*, *asy* dan *tha*. Grup C yang merupakan pengelompokan dari tiga stasiun yang memiliki kemiripan spesies menghimpun 55 spesies yakni: *poe*,

nep, sip, biv, mag, sph, ga3, nee, hem, ama, ban, cau, cha, cum, cyt, lum, mar, meg, pav, phy, sts, aps, ga1, kef, sys, chl, pre, pag, oli, leo, exo, sya, arm,

nem, gly, har, lao, oph, pul, ste, not, amp, col, eur, gli, hes, nea, prp, pst, sem, tri, uid, pyg, psp dan gon.

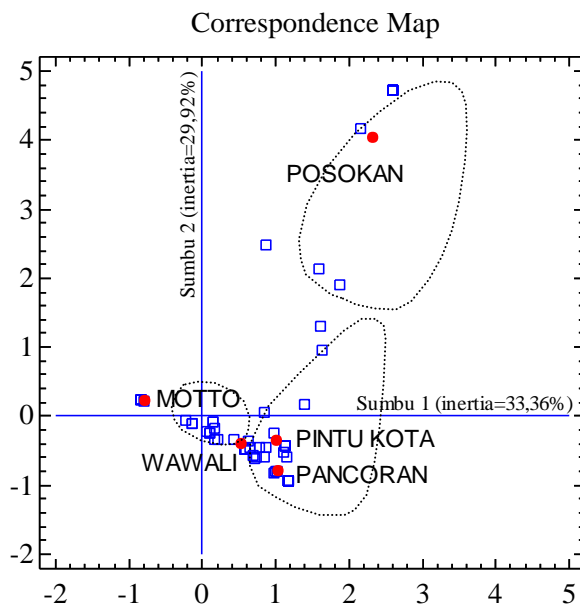
Tabel 2. Koordinat titik-titik spesies dan stasiun pada Gambar 6 dan kontribusi absolut (konab) serta kontribusi relatifnya (konrel)

Stasiun	Inerti a	Dim 1			Dim 2		
		Koord d	Konre l	Konab s	Koord d	Konre l	Konab s
1 Pintu Kota	0.194	1.022	0.067	0.039	-	0.008	0.005
2 Mawali	0.155	0.529	0.132	0.062	-	0.077	0.040
3 Pancoran	0.208	1.048	0.449	0.280	-	0.262	0.182
4 Posokan	0.296	2.337	0.250	0.222	4.036	0.746	0.739
5 Motto	0.146	-	0.907	0.397	0.211	0.069	0.033
			0.767				

Kode Spesi es	Inertia	Dim 1			Dim 2		
		Koord l	Konre s	Konab	Koord l	Konre l	Kona bs
1 <i>ama</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
2 <i>amp</i>	0.004	1.162	0.354	0.004	-0.936	0.230	0.003
3 <i>aps</i>	0.067	0.633	0.092	0.018	-0.352	0.029	0.006
4 <i>arm</i>	0.007	0.989	0.525	0.010	-0.797	0.341	0.008
5 <i>asy</i>	0.001	-0.132	0.021	0.000	-0.113	0.015	0.000
6 <i>ban</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
7 <i>biv</i>	0.005	0.141	0.003	0.000	-0.087	0.001	0.000
8 <i>cal</i>	0.000	-0.850	0.880	0.001	0.247	0.074	0.000
9 <i>cai</i>	0.063	2.160	0.211	0.040	4.164	0.783	0.166
10 <i>cau</i>	0.003	0.586	0.075	0.001	-0.473	0.049	0.001
11 <i>cha</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
12 <i>chl</i>	0.003	0.730	0.219	0.002	-0.589	0.142	0.002
13 <i>cir</i>	0.021	2.590	0.230	0.014	4.723	0.764	0.053
14 <i>cii</i>	0.010	2.590	0.230	0.007	4.723	0.764	0.027
15 <i>col</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001
16 <i>cum</i>	0.013	0.586	0.075	0.003	-0.473	0.049	0.002
17 <i>cyc</i>	0.010	2.590	0.230	0.007	4.723	0.764	0.027
18 <i>cyt</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
19 <i>ech</i>	0.001	-0.850	0.880	0.002	0.247	0.074	0.000
20 <i>eur</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001
21 <i>exo</i>	0.005	0.969	0.777	0.012	-0.250	0.052	0.001
22 <i>gal</i>	0.021	0.648	0.371	0.023	-0.441	0.172	0.012
23 <i>ga2</i>	0.002	-0.234	0.089	0.000	-0.062	0.006	0.000
24 <i>ga3</i>	0.010	0.176	0.011	0.000	-0.169	0.010	0.000

25	<i>ga4</i>	0.001	-0.850	0.880	0.002	0.247	0.074	0.000
26	<i>gly</i>	0.011	1.114	0.740	0.025	-0.514	0.157	0.006
27	<i>gli</i>	0.003	1.162	0.354	0.003	-0.936	0.230	0.002
28	<i>gon</i>	0.005	1.638	0.597	0.009	0.950	0.201	0.003
29	<i>har</i>	0.034	1.133	0.040	0.004	-0.420	0.006	0.001
30	<i>hem</i>	0.005	0.438	0.079	0.001	-0.344	0.049	0.001
31	<i>hes</i>	0.015	1.162	0.354	0.016	-0.936	0.230	0.012
32	<i>kef</i>	0.005	0.701	0.178	0.003	-0.566	0.116	0.002
33	<i>lao</i>	0.023	1.133	0.040	0.003	-0.420	0.006	0.000
34	<i>leo</i>	0.006	0.859	0.086	0.002	-0.447	0.023	0.000
35	<i>lim</i>	0.010	2.590	0.230	0.007	4.723	0.764	0.027
36	<i>lum</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
37	<i>mag</i>	0.005	0.141	0.003	0.000	-0.087	0.001	0.000
38	<i>mar</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
39	<i>meg</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
40	<i>nem</i>	0.056	1.028	0.549	0.093	-0.810	0.341	0.064
41	<i>nea</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001
42	<i>nee</i>	0.001	0.204	0.186	0.001	-0.340	0.518	0.002
43	<i>nep</i>	0.002	0.107	0.007	0.000	-0.233	0.032	0.000
44	<i>not</i>	0.015	1.143	0.093	0.004	-0.592	0.025	0.001
45	<i>oli</i>	0.010	0.843	0.317	0.009	-0.593	0.157	0.005
46	<i>oph</i>	0.011	1.133	0.040	0.001	-0.420	0.006	0.000
47	<i>pag</i>	0.011	0.841	0.222	0.008	0.052	0.001	0.000
48	<i>par</i>	0.000	-0.850	0.880	0.001	0.247	0.074	0.000
49	<i>pav</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
50	<i>pha</i>	0.000	-0.850	0.880	0.001	0.247	0.074	0.000
51	<i>phy</i>	0.003	0.586	0.075	0.001	-0.473	0.049	0.001
52	<i>poe</i>	0.001	0.053	0.006	0.000	-0.231	0.117	0.000
53	<i>por</i>	0.000	-0.850	0.880	0.001	0.247	0.074	0.000
54	<i>pri</i>	0.006	1.876	0.454	0.008	1.893	0.462	0.009
55	<i>pre</i>	0.011	0.768	0.115	0.004	-0.455	0.041	0.001
56	<i>prm</i>	0.052	2.590	0.230	0.036	4.723	0.764	0.133
57	<i>prp</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001
58	<i>prs</i>	0.042	2.590	0.230	0.029	4.723	0.764	0.107
59	<i>psp</i>	0.018	1.619	0.155	0.008	1.294	0.099	0.006
60	<i>pst</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001
61	<i>pro</i>	0.005	0.870	0.108	0.002	2.485	0.882	0.015
62	<i>pul</i>	0.023	1.133	0.040	0.003	-0.420	0.006	0.000
63	<i>pyg</i>	0.010	1.390	0.413	0.012	0.179	0.007	0.000
64	<i>seg</i>	0.010	2.590	0.230	0.007	4.723	0.764	0.027
65	<i>sem</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001
66	<i>sip</i>	0.002	0.107	0.007	0.000	-0.233	0.032	0.000
67	<i>sph</i>	0.000	0.156	0.037	0.000	-0.345	0.180	0.000
68	<i>ste</i>	0.023	1.133	0.040	0.003	-0.420	0.006	0.000
69	<i>sth</i>	0.042	2.590	0.230	0.029	4.723	0.764	0.107
70	<i>sts</i>	0.002	0.586	0.075	0.000	-0.473	0.049	0.000
71	<i>sys</i>	0.018	0.714	0.538	0.029	-0.622	0.408	0.025
72	<i>sya</i>	0.069	0.976	0.319	0.066	-0.827	0.229	0.053

73	<i>tan</i>	0.145	-0.787	0.917	0.397	0.216	0.069	0.033
74	<i>tel</i>	0.010	2.590	0.230	0.007	4.723	0.764	0.027
75	<i>tha</i>	0.001	-0.132	0.021	0.000	-0.113	0.015	0.000
76	<i>tri</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001
77	<i>uib</i>	0.006	1.588	0.318	0.005	2.125	0.569	0.011
78	<i>uid</i>	0.001	1.162	0.354	0.001	-0.936	0.230	0.001



Gambar 6. Proyeksi titik-titik stasiun sampling dan spesies secara simultan dalam dua sumbu pertama dengan menggunakan Analisis Korespondensi (kode spesies terdapat dalam Tabel 2)

Pembahasan

Dua pendekatan yang saling melengkapi dalam kajian struktur komunitas makrozoobentik substrat lunak di daerah subtidal sekitar Pulau Lembeh telah digunakan pada lima titik sampling. Pendekatan pertama adalah dengan analisis 'univariat' yakni dengan mengkaji struktur komunitas berdasarkan komposisi spesies dan kelimpahan individunya serta berdasarkan keanekaragaman hayatinya melalui kajian indeks-indeks ekologisnya; dan kedua, berdasarkan 'grup' ('assemblage') makrozoobentik dengan menggunakan analisis multivariat baik Analisis Kluster maupun Analisis Korespondensi. Aplikasi secara tunggal pendekatan-pendekatan

tersebut akan sulit menjawab bagaimana respon komunitas makrozoobentik terhadap berbagai tingkat stress antropogenik.

Dua stasiun atau titik sampling yang terletak di dalam Selat Lembeh yakni Pintu Kota dan Mawali relatif berdekatan dengan sumber stress antropogenik Kota Bitung yang merupakan kota industri dan pelabuhan samudera. Walaupun demikian, dari komposisi spesies dan kelimpahan individunya, hanya komunitas makrozoobentik di stasiun Pintu Kota yang nampaknya mengalami stress lebih signifikan dibandingkan dengan komunitas makrozoobentik di stasiun Mawali. Jumlah spesies penyusun komunitas makrozoobentik di stasiun ini

hanya 19 spesies (takson) dengan kelimpahan yang paling rendah dibandingkan dengan yang terdapat di stasiun lainnya. Lumingas *et al.* (2011) menemukan rendahnya kelimpahan individu komunitas makrozoobentik di lokasi yang mengalami tingkat sedimentasi yang tinggi akibat pertambangan rakyat (emas) di Teluk Totok (Minahasa Tenggara). Kondisi substrat berlumpur hitam di stasiun Pintu Kota terutama dipengaruhi kondisi hidrodinamika yang sangat rendah mengindikasikan rendahnya kelarutan oksigen akibat dekomposisi bahan organik (Gray dan Elliott, 2009) seperti hidrokarbon (berasal dari kegiatan pelabuhan dan industri Kota Bitung), serasah (dari mangrove di sekitar titik sampling), dan limbah domestik lainnya. Walaupun bahan organik dalam sedimen merupakan sumber penting makanan untuk fauna bentik, tetapi terlalu banyak bahan organik (hipertrofik) dapat menyebabkan turunnya kekayaan spesies, kelimpahan dan biomasa bentos laut karena berkurangnya oksigen dan meningkatnya ammonia dan sulfida beracun akibat penguraian bahan organik (Hyland *et al.* 2005).

Walaupun stasiun Pintu Kota dan Mawali terletak di sebelah barat Pulau Lembeh dan berdekatan dengan sumber polutan (terutama bahan organik) yang berasal dari kegiatan industri dan pelabuhan (pelabuhan samudera dan pelabuhan perikanan) Kota Bitung, tetapi keduanya tidak menunjukkan respon yang sama bagi kekayaan spesies dan kelimpahan individu komunitas makrozoobentiknya. Kondisi hidrodinamika stasiun Mawali lebih tinggi (berarus relatif kuat) dibandingkan dengan stasiun Pintu Kota sehingga kelarutan oksigen tersedia cukup tinggi dan jarang menyebabkan deplesi oksigen. Selain itu pola arus di Selat Lembeh pada umumnya dari utara (massa air laut alami), kecuali pada saat air surut, membuat stasiun ini habitat yang ideal

bagi komunitas makrozoobentiknya. Komunitas makrozoobentik di stasiun ini memiliki jumlah spesies (takson) terbanyak dan didominasi kelompok Crustacea (Gambar 3) seperti antara lain oleh *Apseudes* sp, Gammaridae sp 1 dan *Tanais* sp yang merupakan spesies-spesies yang relative sensitif.

Komunitas makrozoobentik di stasiun-stasiun di luar Selat Lembeh (sebelah timur Pulau Lembeh), walaupun agak alami kondisi perairannya karena relatif jauh dari sumber stres antropogenik (Bitung), juga memberikan respon yang bervariasi menurut kondisi mikrohabitat masing-masing stasiun. Stasiun Posokan misalnya, dari segi banyaknya spesies dan kelimpahan individunya hampir mirip dengan yang terdapat di stasiun Pintu Kota, walaupun spesies penyusun komunitasnya agak berbeda. Pada stasiun ini, walaupun tidak ada dominasi salah satu spesies, tetapi beberapa penghuni utamanya merupakan spesies-spesies toleran terhadap kelebihan bahan organik seperti *Callinassa* sp dan spesies-spesies oportunistik tingkat dua seperti *Prionospio* spp (Borja *et al.*, 2000). Sebaliknya, di stasiun Motto yang relatif alami serta jauh dari gangguan antropogenik, jumlah spesies penyusun komunitas makrozoobentiknya cukup banyak dan seimbang antara Polychaeta dan Crustacea (Gambar 4), tetapi dari segi kelimpahan individunya ada dominasi dari Crustacea khususnya *Tanais* sp yang mencapai 9533 individu/m².

Biasanya jika ada dominasi suatu spesies oportunistik pada suatu habitat menandakan adanya gangguan antropogenik pada habitat tersebut. Tetapi nampaknya Tanaidacea bukan merupakan spesies oportunistik walaupun berukuran kecil karena laju penyebarannya rendah, memiliki pola reproduksi perkembangan langsung serta bersifat 'parental care' (Johnson dan Attramadal, 1982; Rumbold *et al.*, 2012, 2015). Kepadatan *Tanais*

dulongii lebih tinggi di daerah dengan dampak antropogenik rendah dari pada di daerah terpolusi (Rumbold *et al.*, 2015). Tanaid dapat mencapai kepadatan hingga 5000 individu per m² (Kneib, 1992), bahkan dapat mencapai 35000 individu/m² pada periode puncak pemijahan (Rumbold *et al.*, 2012). Agregasi yang padat ini dimungkinkan karena kebiasaan reproduktif mereka membuat tabung persembunyian sendiri di sekitar induknya setelah induk betina melepas anak-anaknya (Johnson dan Attramadal, 1982).

Dalam penelitian ini, indeks keanekaragaman hayati nampaknya kurang sensitif untuk mengukur pengaruh antropogenik pada struktur komunitas makrozoobentik. Pada habitat yang diduga alami seperti di stasiun Motto hanya memiliki nilai indeks Shannon terendah ($H' = 0,573$) sementara di stasiun Pintu Kota yang diduga terpolusi bahan organik bahkan memiliki nilai indeks Shannon tertinggi ($H' = 2,862$). Oleh karenanya penggunaan indeks-indeks ini secara sendiri atau terpisah dengan metode atau pendekatan lainnya sebagai pelengkap akan membawa pada penarikan kesimpulan yang menyesatkan. Pada umumnya indeks-indeks tersebut tidak mempertimbangkan aspek biologi dari organisme yang diteliti tetapi murni fungsi statistika dan matematika sehingga kurang sensitif untuk mengukur dampak polusi (Connell, 1978; Huston, 1979; Neilson *et al.*, 1996).

Pendekatan multivariat baik Analisis Cluster maupun Analisis Korespondensi berhasil memisahkan tiga grup (atau 'assemblage' *sensu* Gray dan Elliott, 2009) makrozoobentos. Ketiga grup tersebut memiliki susunan spesies dan sebaran individu yang berbeda. Kedekatan profil stasiun membentuk grup C yakni stasiun-stasiun Pintu Kota, Mawali dan Pancoran dikarenakan kemiripan spesies-spesies karakteristik masing-

masing stasiun. Ketiga stasiun yang membentuk grup C ini terletak relatif dekat dengan sumber gangguan atau stress (Kota Bitung). Faktor abiotik seperti granulometri, hidrodinamika dan fisika-kimia perairan serta faktor antropogenik diduga merupakan faktor-faktor pengendali pembentukan grup ekologis tersebut.

KESIMPULAN

Tingkat stress antropogenik yang berasal dari aktivitas pembangunan di Kota Bitung berdampak pada struktur komunitas makrozoobentos penghuni substrat lunak di sekitar Pulau Lembeh. Tetapi faktor hidrodinamika perairan Selat Lembeh membantu meringankan dampak stres karena tingginya tingkat pencucian atau pendeknya waktu tinggal massa air yang tercemar bahan organik. Jumlah dan komposisi spesies serta kelimpahan individu merupakan variabel pengukur yang lebih peka pengaruh antropogenik pada komunitas makrozoobentik dari pada indeks-indeks keanekaragaman hayati seperti indeks Shannon, indeks kekayaan spesies, indeks pemerataan spesies serta indeks dominasi. Aplikasi indeks lainnya perlu dipertimbangkan sebagai komplementer terutama indeks yang memperhitungkan aspek 'life history' spesies-spesies penyusun komunitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, R. T. 1977. Les Coquillages du Monde. Marabout, Paris.
- Abbott, R. T. dan S. P. Dance. 1990. Compendium of seashells. American Malacologists, Inc. Melbourne. 411 hal.
- Bakus, G. J. 1990. Quantitative ecology and marine biology. A. A. Balkema, Rotterdam. 157 hal.
- Borja, A., J. Franco dan V. Pérez. 2000. A Marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-

- bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Poll. Bull.* 40 (12) : 1100-1114.
- Campbell, A. C. dan J. Nicholls. 1979. *Guide de la faune et de la flora littorales des mers d'Europe*. Delachaux & Niestle, Paris. 322 hal.
- Clark, A. M. and F. W. E. Row, 1971. *Monograph of the shallow-water Indo-west Pacific echinoderms*. London.
- Collignon, J. 1991. *Ecologie et biologie marines: Introduction à l'halieutique*. Mason, Paris. 298 hal.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science* 199 : 1302-1310.
- Dance, S. P. 1993. *Les Coquillages*. Bordas, Paris. 256 hal.
- Dauer, D. M. 1984. The use of Polychaete feeding guilds as biological variables. *Mar. Pollut. Bull.* 15 (8) : 301-305.
- Dauer, D. M. 1993. Biological criteria, environment health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin* 26 : 249-257.
- Day, J. N. 1967. *A monograph on the Polychaeta of Southern Africa*. Publ. British Mus. (Nat. Hist.), London.
- Gray, J. S. and M. Elliott, 2009, *Ecology of Marine Sediments. From Science to Management*, 2nd edition, Oxford University Press.
- Gray, J. S., M. Aschan, M. R. Carr, K. R. Clarke, R. H. Green, T. H. Pearson, R. Rosenberg dan R. M. Warwick. 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46 : 151-165.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist* 113 : 81-101.
- Hyland, J., L. Balthis, I. Karakassis, P. Magni, A. Petrov, J. Shine, O. Vestergaard dan R. Warwick. 2005. Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 295 : 91-103.
- Johnson, S. B. dan Y. G. Attramadal. 1982. Reproductive behaviour and larval development of *Tanais cavolinii* (Crustacea: Tanaidacea). *Mar. Biol.* 71 : 11-16
- Junoy, J. dan J. M. Vieites. 1990. Macrozoobenthic community structure in the Ria de Foz, an intertidal estuary (Galicia, Northwest Spain). *Marine Biology* 107 : 329-339.
- Kneib, R. T. 1992. Population dynamics of the tanaid *Hargeria rapax* (Crustacea: Peracarida) in a tidal marsh. *Marine Biology* 113 : 437-445.
- Le Guellec, C. 1990. Contribution d'une station d'épuration pour les installations maritimes de Lanvéoc-Poulmic (Finistère) état initial des sédiments et des communautés benthiques. *Contrat Travaux Maritimes/MICROMER/ECOSYS TEM U. B. O. Brest.* 35 hal.
- Lebart, L., A. Morineau dan J.-P. Fénelon. 1982. *Traitement des données statistiques. Méthodes et programmes*. Dunod. Paris. 510 hal.
- Ludwig, J. A. dan J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology, a primer on methods and computing*. A Willey Interscience Publications, New York. 338 hal.
- Lumingas, L. J. L. 1990. Les structures trophiques au sein de la

- macrofaune des sédiments. Rapport du DEA (Tesis S2), Fac. des Science et Technique, Univ. de Bretagne Occidentale, Brest. 26 hal.
- Lumingas, L. J. L., R. D. Moningkey dan A. D. Kambey. 2011. Efek stres antropogenik terhadap struktur komunitas makrozoobentik substrat lunak perairan laut dangkal di Teluk Buyat, Teluk Totok dan Selat Likupang (Semenanjung Minahasa, Sulawesi Utara). *Jurnal Matematika & Sains* 16 (2) : 95-105.
- Neilson, R., B. Boag dan L. F. Palmer. 1996. The effect of environment on marine Nematode assemblages as indicated by the maturity index. *Nematologica* 42 : 232-242.
- Pearson, T. H. dan R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the environment. *Oceanogr. Mar. Biol. A. Rev.* 16 : 229-331
- Pranovi, F, F. Da Ponte dan P. Torricelli. 2008. Historical changes in the structure and functioning of the benthic community in the lagoon of Venice. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76 : 753-764.
- Rhoads, D. C., P. L. McCall dan J. Y. Yingst. 1978. Disturbance and production on the estuarine sea floor. *American Scientist* 66 : 577-586.
- Rumbold, C. E., S. M. Obenat dan E. D. Spivak. 2012. Life history of *Tanais dulongii* (Tanaidacea: Tanaididae) in an intertidal flat in the southwestern Atlantic. *J. Crustacean Biol.* 32:891–898.
- Rumbold, C. E., Obenat, S. M. dan Spivak, E. D. 2015. Comparison of life history traits of *Tanais dulongii* (Tanaidacea: Tanaididae) in natural and artificial marine environments of the south-western Atlantic. *Helgol. Mar. Res.* 69 : 231-242.
- Smith, R. W., M. Bergen, S. B. Weisberg, D. Cadien, A. Dalkey, D. Montagne, J. K. Stull dan R. G. Velarde. 2001. Benthic response index for assessing infaunal communities on the Southern California Mainland Shelf. *Ecological Applications* 11 (4) : 1073-1087.