



LAPORAN AHIR
Hibah Kompetensi

JUDUL KEGIATAN:

**PENGEMBANGAN TEKNIK *BIOMONITORING* DAN
BIOSECURITY YANG EFEKTIF DAN AKURAT MENUJU
AKTIVITAS BUDIDAYA PERIKANAN BERKELANJUTAN**

Ketua Tim:

Drs. Sapto P. Putro, MSi., PhD / NIDN 0026126604

Anggota:

Dra. Riche Hariyati, MSi / NIDN 00210326106

Drs. Suhartana, MSi / NIDN 0013106307

tahun 2012

(tahun ke-1)

HIBAH KOMPETENSI

1. Judul Kegiatan : Penerapan Metode Baru *Biomonitoring* dan *Biosecurity* Yang Efisien, Efektif Dan Akurat Menuju Aktivitas Budidaya Perikanan Berkelanjutan
2. Kata Kunci (5 kata) : Makrobenthos, bioindikator, biomonitoring, perubahan lingkungan, Polychaeta
3. Jenis Kegiatan : Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Publikasi
4. Nama Ketua Tim Pengusul : Drs. Sapto P. Putro, MSi., PhD
5. Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Diponegro
6. Alamat : Lembaga Pengabdian Masyarakat UNDIP, Gedung Widya Puraya Lt.1. Kampus UNDIP Tembalang, Jl. Prof Soedharto, SH, Semarang
No. Telepon/Faks : +62.24.7460039/+62.24.76480923
E-mail : saptoputro@undip.ac.id; saptoputro@yahoo.com
7. Lamanya Kegiatan : 9 bulan
8. Nama dan alamat lengkap *peers*
- dari dalam negeri : **Prof. Dr. Edy Yuwono**
Rektor Universitas Jenderal Soedirman, Kampus Karangwangkal, Purwokerto, Jawa Tengah
edy@unsoed.ac.id; edy_ywn@yahoo.com
- dari luar negeri : **Dr. Milena Fernandes**
Senior Researcher of Environment Division, South Australian Research & Development Institute and Aquafin CRC, Aquatic Sciences Centre, PO Box 120, Henley Beach, SA 5022. E-mail: fernandes.milena@saugov.sa.gov.au,
Phone: +61 8 8207 5306; Fax: +61 8 8207 5481
9. Biaya yang disetujui (Tahun I) : Rp 100.000.000,00

Mengetahui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Kepada Masyarakat

Semarang, 22 November 2012
Ketua Tim Pelaksana,



(Prof. Drs. Imam Ghozali, M.Com.,Akt.,Ph.D)
NIP.1958 0816 1986 031 002

(Drs. Sapto P. Putro, MSi., PhD)
NIP. 196612261994031008

Menyetujui :
Pembantu Rektor I

(Prof. Dr. dr. Hertanto W. Subagio, MS., Sp.GK)
NIP. 195402241980011001

1. Ringkasan

Aktivitas budidaya perikanan merupakan bagian penting dari usaha manusia untuk memenuhi kebutuhan pangan berprotein tinggi yang terus meningkat, khususnya ikan dan crustacea. Namun dalam dua dekade terakhir, penurunan kualitas lingkungan, khususnya lingkungan perairan semakin meningkat seiring dengan meningkatkan aktivitas manusia. Hal ini sudah seharusnya menjadi perhatian yang serius baik oleh pelaku budidaya, institusi pendidikan, pemerintah daerah setempat, maupun pemerintah pusat. Budidaya tanpa diimbangi dengan pengetahuan wawasan pemanfaatan SDA dan prektek budidaya berkelanjutan akan sangat mudah terjadi bencana lingkungan, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan produktivitas budidaya dan daya dukung lingkungan.

Penelitian ini dilaksanakn di kawasan budidaya ikan sistem keramba di Danau Rawapening, kawasan budidaya ikan sistem tambak di perairan pesisir Sayung Demak dan kawasan budidaya ikan sistem tambak di perairan pesisir Tugu Rejo, Semarang, dengan difokuskan pada 3 kegiatan utama, yaitu (a) penerapan metode baru *biomonitoring* yang efisien, efektif dan akurat menggunakan multivariat dan metode grafis terhadap *opportunistic species*, (b) penerapan *biosecurity* untuk meningkatkan daya dukung lingkungan perairan.

Penelitian ini telah menghasilkan *output* berupa: presentasi oral dalam seminar internasional International Conference for Applied Life Science (ICALS) in Konya, Turkey, pada 10-12 September 2012 (www.icals.org), dan 1 publikasi ilmiah pada jurnal internasional: Journal of International on Environmental Applied Sceince (JIEAS) edisi Dseember 2012 (dalam proses publikasi/proof printing) dengan judul: Assessment of Environmental Quality of Coastal Fishpond Areas Using Macrobenthic Structure: Multivariate and Graphical Approaches.

2. Pendahuluan

2.1. Latar Belakang

Penurunan kualitas lingkungan yang berakibat menurunnya kuantitas produksi ikan hasil budidaya merupakan masalah yang sering muncul di tengah pesatnya industri perikanan untuk memenuhi kebutuhan pangan, khususnya *seafood*. Kematian secara masal pada periode waktu pembudidayaan sering terjadi, khususnya budidaya dengan sistem tambak dan keramba apung. Berdasarkan hal tersebut, upaya peningkatan kualitas lingkungan perairan sangat perlu dilakukan dengan menerapkan manajemen lingkungan yang komprehensif melalui pengembangan metode biomonitoring dan ekologi terapan guna meningkatkan kapasitas produksi dan *sustainability* operasionalnya. Dalam perspektif fungsi ekologis, keramba-keramba tancap tradisional yang beroperasi di perairan baik danau maupun pesisir laut dapat berdampak pada ketidaklancaran debit air dan meningkatkan laju sedimentasi, serta memicu adanya pengkayaan materi organik baik di perairan maupun sedimen. Materi organik yang tersedimentasi di dasar perairan dapat mempengaruhi ekosistem di sekitar kawasan pembudidayaan ikan. Lebih lanjut, materi organik dapat pula menyebar di kawasan yang tidak dijadikan tempat pembudidayaan ikan, khususnya pada musim penghujan saat debit air atau kuat arus meningkat. Jika aktivitas tersebut tidak diimbangi dengan penerapan manajemen lingkungan yang baik, maka material organik yang ditimbulkan dari aktivitas budidaya perikanan baik sistem keramba maupun tambak dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekologis di kawasan tersebut, sehingga dapat mengancam keberlanjutan usahanya.

Kebaruan dan inovasi dari penelitian ini adalah adanya metode baru dalam menentukan kualitas perairan dan sedimen di area budidaya menggunakan hanya *opportunistic species* sebagai data biotik. Penggunaan hanya species tersebut dalam proses monitoring diyakini tidak akan mengurangi keakuratan penentuan kualitas lingkungan, bahkan dapat mempercepat proses identifikasi dan waktu monitoring, sehingga mengurangi biaya yang harus dikeluarkan untuk monitoring rutin. *Opportunistic species* merupakan species-species yang secara umum memanfaatkan situasi yang tidak menguntungkan dari lingkungannya karena adanya gangguan dengan cara meningkatkan daya reproduksinya sehingga populasinya meningkat saat organisme lainnya tidak mampu bertahan atau mengalami gangguan.

Kebaruan lainnya adalah menentukan gangguan lingkungan dengan pendekatan multivariat dan metode grafis menggunakan data abiotik dan biotik penggunaan software Primer 6.1.5. Primer 6 merupakan software edisi terbaru dengan kemampuan analisa yang lebih

komprehensif dan visualisasi grafis yang lebih mudah diinterpretasikan (www.primer-e.com), sehingga sangat bermanfaat sebagai bahan acuan bagi peneliti, penentu kebijakan (Pemda dan dinas terkait). Walaupun secara internasional penggunaan software sudah banyak digunakan dan menjadi bagian penting dalam program monitoring di beberapa negara maju, baik oleh peneliti maupun departemen pemerintahnya (Inggris, USA, Australia, Canada, dll.), namun penggunaannya di negara tropis khususnya Indonesia masih sangat terbatas. Pengenalan Primer 6 menjadi bagian dalam proses biomonitoring diyakini sangat bermanfaat karena dapat secara cepat, murah, dan akurat menentukan kualitas lingkungan yang dipantau, sehingga memberikan *alternative tool* bagi para penentu kebijakan maupun pelaku bisnis budidaya perikanan. Selain itu, aplikasi *biosecurity* pada sistem budidaya perikanan akan dilakukan untuk meningkatkan produktivitas perikanan dan daya dukung lingkungan perairan, sehingga aktivitas dapat berkelanjutan dengan resiko gangguan lingkungan yang dapat ditekan.

2.2. Roadmap kegiatan

Ketua Peneliti, Drs.Sapto P.Putro, MSi, PhD, telah secara konsisten menekuni bidang ekologi perairan dan akuakultur, baik untuk daerah temperata, maupun kawasan tropis. Riset dan karya ilmiah (buku) yang pernah dilakukan sangat erat kaitannya dengan usulan penelitian ini, antara lain:

- a. Aplikasi pengembangan budidaya ikan sistem keramba bertingkat (*double stratified-floating net impoundment*). Instalasi keramba telah dilakukan sebanyak 2 keramba bekerjasama dengan Kelompok budidaya Rukun Santosa dan Ngudi Makmur, DewsaAsinan Kecamatan Bawen Kabupaten Semarang, dan Dinas Perikanan Semarang dan masyarakat kawasan Rawapening (DP2M-DIKTI: Putro dan Hartono, 2008; Wijayanti dan Putro, 2009). Model keramba tersebut telah mampu meningkatkan kapasitas produksi minimal 75% dari keramba konvensional (tancap) . Namun pemantauan lingkungan (biomonitoring) terhadap praktek budidaya semi intensif ini belum dilakukan dengan lebih teratur dan detail.
- b. Aplikasi IPTEK dalam upaya meningkatkan kualitas lingkungan budidaya kepiting bakau *Scylla spp.* di kawasan pesisir Ujung Alang, Cilacap telah dilakukan tasi dan optimalisasi fungsi ekologis vegetasi mangrove kawasan tersebut. Aplikasi biomonitoring dengan metode multivariate telah dilakukan terhadap data biotik (makrobenthic infauna) dan secara akurat mampu

menentukan tingkatgangguan lingkungan akibat aktivitas budidaya (Putro dkk., 2009).

- c. Upaya penentuan kualitas lingkungan area budidaya sistem tambak di pesisir Sayung Demak menggunakan struktur dan komposisi makrobenthos *infauna* Evaluasi terhadap penelitian ini adalah waktu analisis dan identifikasi organisme yang relatif lama sehingga dibutuhkan pengembangan teknik analisa data yang lebih akurat dan lebih cepat (Suprpti dan Putro, 2009).
- d. Konsep tentang penentuan kualitas lingkungan budidaya untuk menjamin keberlanjutan usdaha telah ditulis dalam buku yang dipublikasi oleh penerbit internasional (Lambert Academic Publishing, Saarbrucken. Germany) tahun 2010 dan dipasarkan secara internasional baik melalui *bookstores* maupun jejaring internet (www.amazon.com) berjudul *Environmental Quality Assessment of Fish oFarming: Solutions Toward Sustainable Aquaculture*.

Rencana kegiatan penelitian sesuai dengan kompetensinya, berikut target waktu, strategi pencapaian target, dan luaran dari setiap kegiatan dalam periode 5 tahun ke depan disajikan pada Tabel 1 di bawah ini:

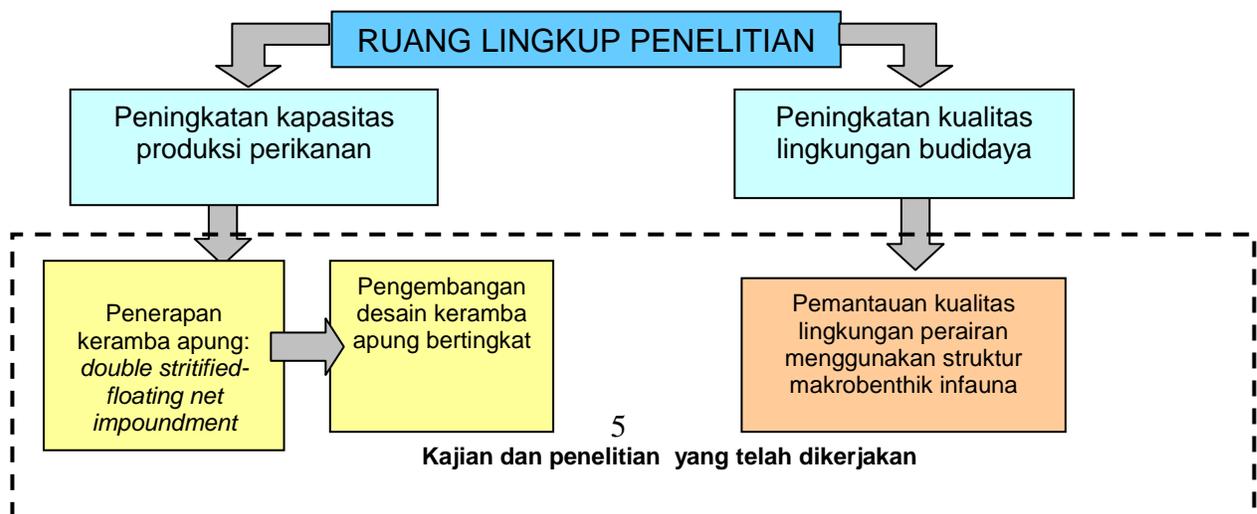
2.3. Tujuan Kegiatan

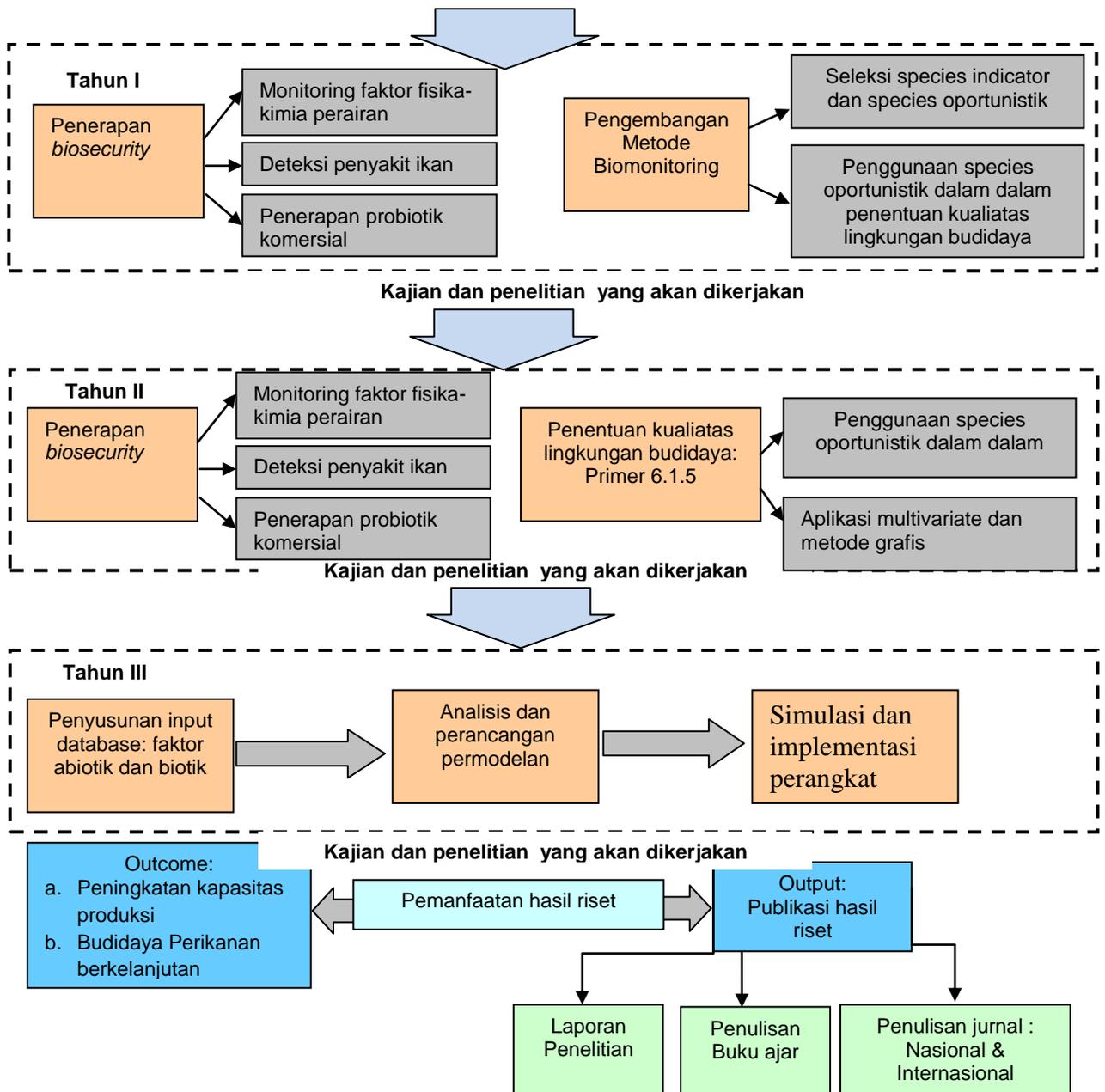
Tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan ini antara lain:

- (a) Penerapan metode baru *biomonitoring* yang efisien, efektif dan akurat menggunakan multivariat dan metode grafis terhadap *opportunistic species*,
- (b) Penerapan *biosecurity* untuk meningkatkan daya dukung lingkungan perairan.

2.4. Roadmap Peelitian dalam 3 tahun

Keterkaitan antara kegiatan yang telah dilaksanakan dan kegiatan yang akan dikerjakan melalui hibah kompetensi ditampilkan pada Gambar 1 berikut ini:





Gambar 1. Peta jalannya kegiatan (*road map*) yang telah dan akan dikerjakan dalam 3 tahun

3. Pelaksanaan Penelitian

3.1. Penyajian Data Secara Deskriptif

3.1.1. Struktur Komunitas Makrobenthos di kawasan budidaya ikan sistem Keramba Jaring Apung (KJA) Rawapening → Bab 6.4.

Hasil dari pengamatan sampling pertama baik itu di lokasi budidaya maupun di lokasi kontrol dapat ditemukan 25 spesies makrobenthos yang berasal dari lima kelas yaitu Gastropoda, Insecta, Polychaeta, Oligochaeta, dan Crustacea. Untuk Lokasi I yaitu lokasi budidaya keramba rukun santosa yang telah beroperasi selama setahun hanya ditemukan 8 spesies makrobenthos yaitu *Littorina saxatilis* dari kelas Gastropoda; *Chaoborus* sp. dan *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Lumbrineris* sp., *Baccardia* sp., *Capitella* sp., *Eunice* sp. dari kelas Polychaeta; dan *Tubifex* sp dari kelas Oligochaeta. Berbeda dengan Lokasi II yaitu lokasi keramba Ngudi Makmur yang baru beroperasi, ditemukan jumlah spesies yang lebih beragam dari jumlah spesies lokasi Rukun santosa yaitu 17 spesies makrobenthos, antara lain *Melanoides tuberculata*, *Brotia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides* sp., *Melanoides maculata*, *Turritella bicingulata*, *Turritella* sp., *Littorina saxatilis* dari kelas Gastropoda; *Chaoborus* sp., *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Baccardia* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp, *Nematoneris* sp., *Branchiomma* sp., *Aphelochaeta* sp. dari kelas Polychaeta; dan *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta. Jika dibandingkan antara kedua lokasi budidaya dengan lokasi kontrol, jumlah spesies yang paling banyak terdapat pada lokasi III yaitu lokasi kontrol. Hal ini kemungkinan dikarenakan lokasi kontrol merupakan lokasi yang belum terganggu oleh aktivitas manusia, khususnya aktivitas budidaya keramba ikan. Spesies yang ditemukan berjumlah 19 spesies makrobenthos antara lain, *Melanoides tuberculata*, *Melanoides granifera*, *Melanoides denisoniensis*, *Brotia costulata*, *Brotia costula*, *melanoides torulosa*, *Melanoides* sp., *Melanoides maculata*, *Melanoides costellaris*, *Littorina saxatilis*, *Anentome* sp dari kelas Gastropoda; *Chaoborus* sp., *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Lumbrineris* sp. *Capitella* sp., *Notomastus* sp, *Aphelochaeta* sp. dari kelas Polychaeta; *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta; dan *Paratya* sp. dari kelas Crustacea. Hasil analisa kelimpahan spesies makrobenthos waktu sampling pertama secara lebih rinci terdapat pada Tabel 9 di bawah ini:

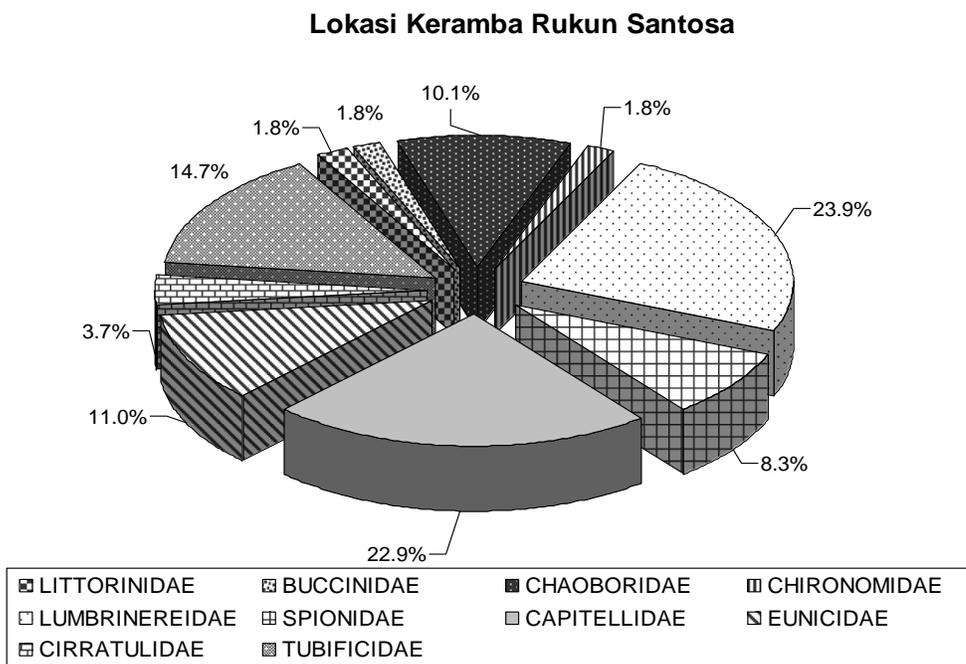
Pada hasil pengamatan sampling kedua baik itu di lokasi budidaya maupun di lokasi kontrol dapat ditemukan 25 spesies makrobenthos yang berasal dari lima kelas yaitu Gastropoda, Bivalvia, Insecta, Polychaeta, dan Oligochaeta. Pada lokasi I hanya ditemukan 5 spesies makrobenthos, antara lain *Chaoborus* sp., *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Baccardia* sp., *Capitella* sp., *Aphelochaeta* sp. dari kelas Polychaeta. Sedangkan pada lokasi II ditemukan 15 spesies makrobenthos yaitu *Melanoides tuberculata*, *Brotia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides maculata*, *Littorina saxatilis*, *Anentome* sp. dari kelas Gastropoda; dari kelas Insecta ditemukan spesies *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp; sedangkan dari kelas Polychaeta yang ditemukan terdiri dari *Lumbrineris* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp, *Oenone* sp., *Branchiomma* sp., dan *Aphelochaeta* sp; serta *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta.

Jumlah spesies yang paling banyak ditemukan pada lokasi III yaitu 21 spesies makrobenthos yang terdiri dari, *Melanoides tuberculata*, *Brothia wykoffi*, *Melanoides granifera*, *Thiara balonnensis*, *Melanoides denisoniensis*, *Brotia costulata*, *Brotia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides* sp., *Melanoides maculata*, *Melanoides costellaris*, *Littorina saxatilis*, *Aeneator fontainei*, *Anentome* sp. dari kelas Gastropoda; *Spisula subtruncata* dari kelas Bivalvia; *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp dari kelas Insecta; *Lumbrineris* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp dari kelas Polychaeta.; dan *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta. Hasil analisa kelimpahan spesies makrobenthos waktu sampling kedua secara lebih rinci terdapat pada tabel 10 di bawah ini:

Hasil dari pengamatan sampling ketiga baik itu di lokasi budidaya maupun di lokasi kontrol dapat ditemukan 25 spesies makrobenthos yang berasal dari lima kelas yaitu Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Oligochaeta, dan Crustacea. Spesies yang ditemukan pada lokasi I hanya berjumlah 8 spesies yang terdiri dari *Anentome* sp. dari kelas Gastropoda; *Lumbrineris* sp., *Baccardia* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp., *Eunice* sp., *Aphelochaeta* sp. dari kelas Polychaeta; dan *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta. Pada lokasi II terdapat 14 spesies yang ditemukan antara lain, *Melanoides tuberculata*, *Brotia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides* sp., *Melanoides maculata*, *Turritella bicingulata*, *Turritella* sp., dan *Littorina saxatilis* dari kelas Gastropoda; sedangkan dari kelas Polychaeta ditemukan spesies *Lumbrineris* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp., *Nematoneris* sp., *Branchiomma* sp., dan *Aphelochaeta* sp. spesies yang paling banyak ditemukan pada lokasi III yaitu 22 spesies yang terdiri dari, *Melanoides tuberculata*, *Brothia wykoffi*, *Melanoides granifera*, *Melanoides denisoniensis*, *Brotia costulata*, *Brotia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides* sp.,

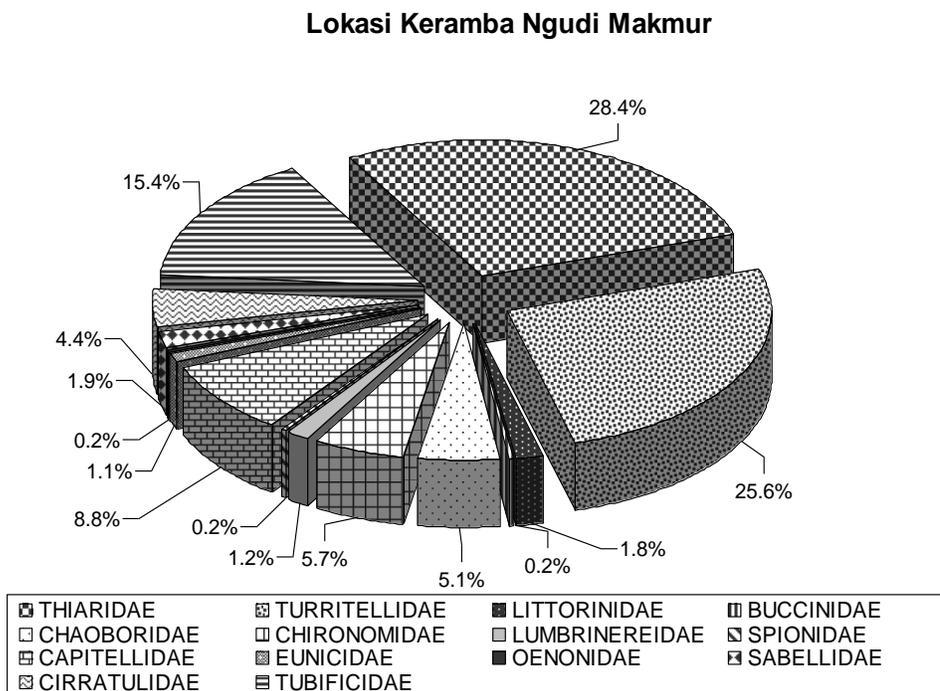
Melanoides maculata, *Melanoides costellaris*, *Turritella bicingulata*, *Turritella* sp., *Littorina saxatilis*, *Anentome* sp. dari kelas Gastropoda; pada kelas Bivalvia ditemukan spesies *Spisula subtruncata*; *Lumbrineris* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp., *Branchiomma* sp., dan *Aphelochaeta* sp dari kelas Polychaeta; *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta; dan spesies *Paratya* sp. dari kelas Crustacea.

Pada sampling ketiga tidak ditemukan spesies *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp dari kelas Insecta seperti yang ditemukan sebelumnya pada waktu sampling pertama dan kedua. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kedua species tersebut hanya ditemukan di perairan saat fase larva dan pupa dan telah menjadi serangga dewasa saat pengambilan sampel ketiga. Kedua species tersebut merupakan anggota dari Klas Insecta (Ordo: Diptera) yang mempunyai waktu hidup yang pendek (*short life span organisms*). Seperti serangga lainnya, Chironomidae dan Chaoboridae memiliki 4 fase hidup: telur, larva, pupa, dan dewasa. Species yang ditemukan *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp di sampel sedimen Rawapening merupakan fase larva yang hanya berlangsung selama beberapa minggu (Hutchinson, 1993). Larvae kedua species tersebut bertubuh transparan, telah memiliki sistem syaraf dan otak, dan sistem sirkulasi darah, serta direkomendasikan sebagai indikator biologis dalam penentuan kualitas suatu perairan (Egmond, 1995; Hutchinson, 1993). Hasil analisa kelimpahan spesies makrobenthos waktu sampling ketiga secara lebih mendetail terdapat pada tabel 11 dibawah ini:



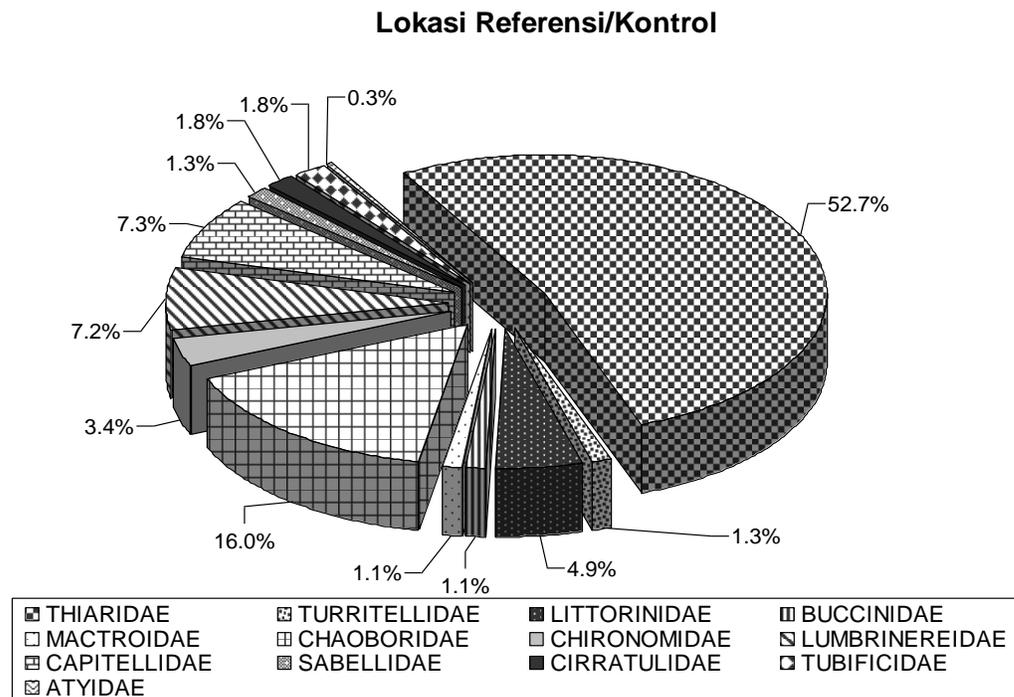
Gambar 2. Proporsi Kelimpahan Spesies Makrobenthos di Lokasi Keramba Rukun Santosa

Hasil data kelimpahan makrobenthos selama waktu pengambilan sampel untuk masing-masing lokasi ditampilkan sebagai proporsi kelimpahan dalam diagram pie, seperti disajikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Pada Lokasi I (keramba rukun santosa) persentase komposisi kelimpahan spesies makrobenthos didominasi oleh 3 famili, yaitu Famili Lumbrineridae (23,9%), Famili Capitellidae (22,9%), dan Famili Tubificidae (14,7%). Ketiga taksa dominan tersebut dikenal sebagai taksa oportunistik yang dapat mendominasi struktur mekrobenthos pada lingkungan perairan yang mengalami gangguan, khususnya oleh pengkayaan organik substrat (Putro, 2006; Fauchald, 1977, Pearson and Rosenberg, 1978). Sedangkan proporsi terkecil dari struktur makrobenthos adalah Famili Littorinidae, Buccinidae, dan Chironomidae, masing-masing sebesar 1,8%. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan keramba apung selama setahun dapat merubah kualitas lingkungan perairan setempat. Sampling pada lokasi tersebut dilakukan selama 1 – 6 bulan periode *following*, yaitu periode ditinggalkannya lokasi tersebut untuk sementara sebagai tempat pengoperasian keramba dan dipindahkan ke ordinat lain selama waktu tertentu untuk memberikan kesempatan lingkungan untuk pulih kembali (recovery).



Gambar 3. Proporsi Kelimpahan Spesies Makrobenthos di Lokasi Keramba Ngudi Makmur

Persentase komposisi kelimpahan spesies makrobenthos di Lokasi II (keramba Ngudi Makmur) didominasi oleh Famili Thiaridae (28,4%), Turitellidae (25,6%) dan Tubificidae (15,4%). Sedangkan proporsi kelimpahan yang paling sedikit adalah Famili Buccinidae, Spionidae, dan Oeonidae, masing-masing sebesar 0,2%. Sampling pada lokasi tersebut dilakukan sejak sebulan pengoperasian keramba. Berdasarkan studi literatur, Famili Thiaridae dan Turitellidae yang mendominasi di lokasi tersebut tidak direkomendasikan sebagai taksa oportunistik, sehingga dominansinya tidak mengindikasikan adanya gangguan/perubahan lingkungan, kecuali Tubificidae (Oligochaeta). Adanya kelimpahan famili Tubificidae di lokasi dapat diartikan sebagai indikasi awal adanya perubahan lingkungan sebagai dampak aktivitas budidaya.



Gambar 4. Proporsi Kelimpahan Spesies Makrobenthos di Lokasi Referensi/kontrol

Komposisi kelimpahan spesies makrobenthos yang paling mendominasi di lokasi kontrol dengan jumlah persentase terbesar (52,7%) yaitu Famili Thiaridae, disusul Famili Chaoboridae (16%). Sedangkan, jumlah persentase komposisi kelimpahan spesies makrobenthos yang paling sedikit yaitu pada Famili Atyidae (0,3%). Berdasarkan studi literatur, Famili Chaoboridae (16%) direkomendasikan sebagai taksa oportunistik, sehingga kelimpahannya berhubungan

dengan adanya perubahan lingkungan, khususnya pengkayaan organik. Keberadaan larvae chaoboridae dapat digunakan sebagai indikator biologis dalam penentuan kualitas suatu perairan (Egmond, 1995; Hutchinson, 1993).

Uji ANOVA dua-arah digunakan untuk menguji perbedaan kelimpahan makrobenthos antara lokasi dan waktu sampling. Hasil analisis variansi (ANOVA) dua-arah menunjukkan adanya perbedaan kelimpahan makrobenthos yang nyata secara statistik antara lokasi I, II, dan III [$F(2, 183) = 7.461, p = .001$], dengan kategori efek ukuran (size effect) yang sedang (*partial eta squared* = .075) menurut Pallant (2005). Hasil uji lanjut menggunakan Post Hoc (HSD Tukey) mengindikasikan adanya perbedaan nyata antara Lokasi I keramba Rukun Santosa ($M = 0.56, SD = 0.26$) dengan Lokasi II keramba Ngudi Makmur ($M = 0.75, SD = 0.39$), dan antara Lokasi I dengan Lokasi III lokasi kontrol/Rawa Lepas ($M = 0.85, SD = 0.40$). Perbedaan antar waktu [$F(2, 183) = 7.461, p = .095$] dan efek interaksi antara waktu dan lokasi tidak menunjukkan perbedaan nyata [$F(4, 183) = 7.461, p = .405$].

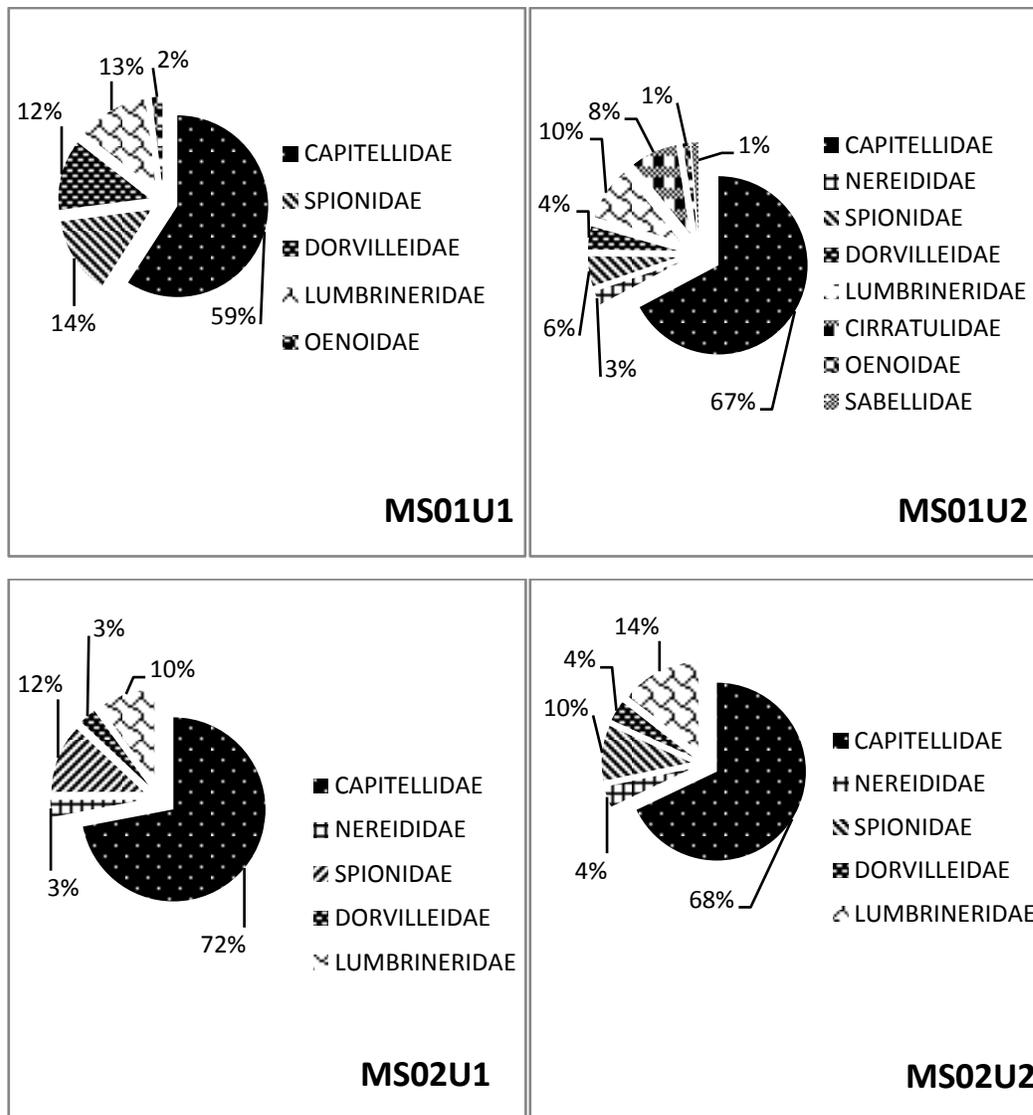
3.1.2. Struktur Komunitas Makrobenthos di kawasan budidaya ikan sistem tambak, pesisir Sayung Demak

Tabel 1. Komposisi rerata kelimpahan jenis makrobenthos yang ditemukan di lokasi tambak bandeng, tambak udang dan tambak campuran di kawasan pertambakan, pesisir Sayung Demak (Jawa Tengah).

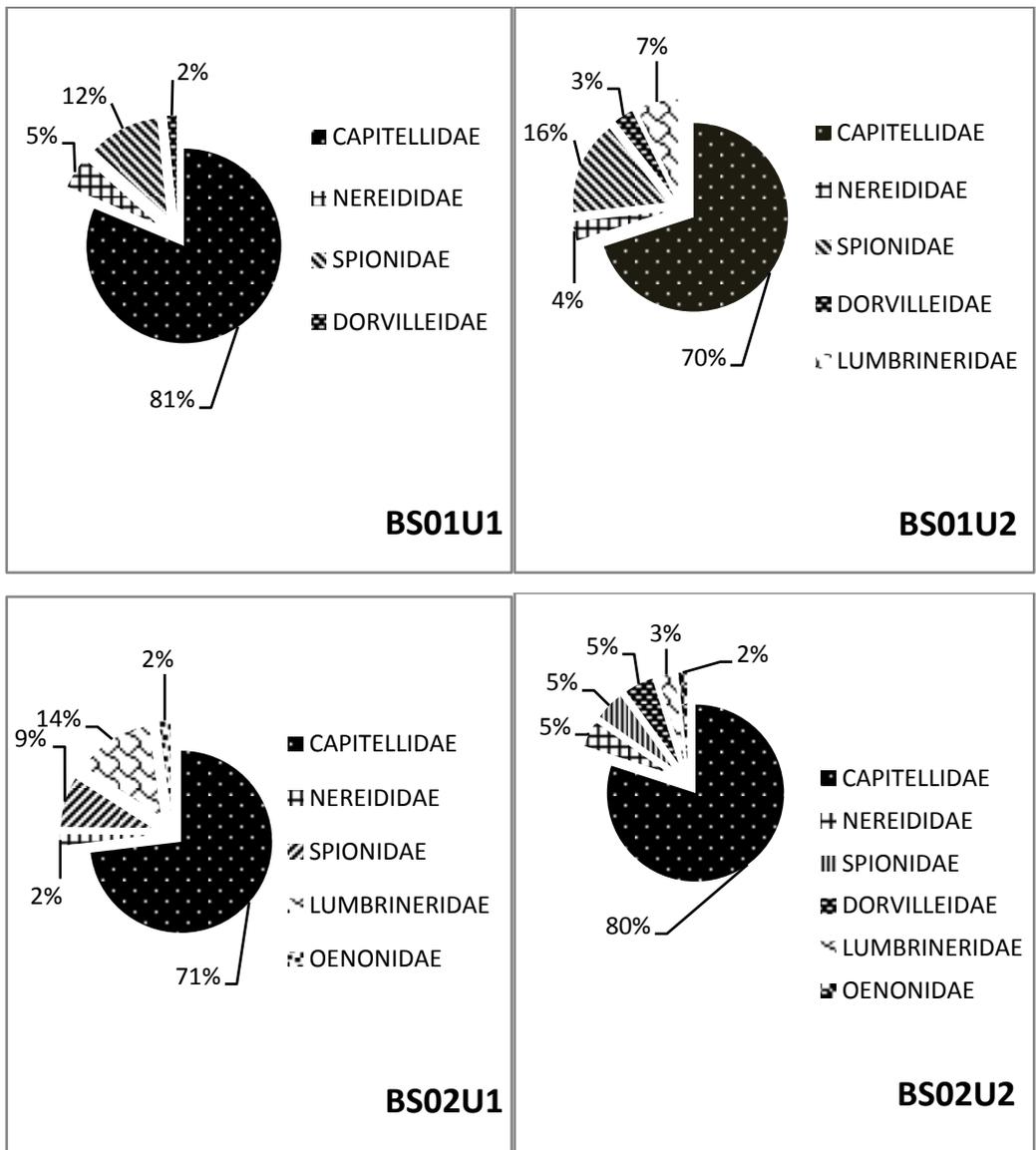
NO.	CLASS	FAMILY	SPECIES	Rerata Kelimpahan /grab (8300 mm ³)		
				Tambak Bandeng	Tambak Udang	Tambak Campuran
1	GASTROPODA	POTAMIDIDAE	<i>Cerithidea cingulata</i>	4.5	0	0.5
			<i>Cerithidea weyersi</i>	0	0	2
			<i>Pirenella cinerascens</i>	0	4.5	0
			<i>Cerithidea alata</i>	7	0	0
			<i>Cerithidea obtusa</i>	9	1	0
			<i>Cerithidea quadrata</i>	13	6.25	10.5
		THIARIDAE	<i>Melanoides riqueti</i>	0	0	1.5
			<i>Melanoides tuberculata</i>	1	0	4
			<i>Syrmylasma venustula</i>	67.5	110.5	17.5
			<i>Thiara sermilla</i>	14.5	1.5	3
			<i>Thiara rufis</i>	1.5	4.5	0
		STENOTHYRIDAE	<i>Stenothyra ventricosa</i>	2	1.7	0.5
			<i>Stenothyra glabrata</i>	3.5	1.5	1.0
		RISSOIDAE	<i>Alvania cancellata</i>	1	0.0	1.3
			<i>Alvania discors</i>	10	0	0
			<i>Alvania rykelii</i>	2	0	0
			<i>Rissoa ventricosa</i>	16	0	0
			<i>Rissoa stricta</i>	2	0	0
			<i>Rissoa violacea</i>	0	0	1.5
		PYRAMIDELLIDAE	<i>Odostomia acuta</i>	0	0	0.5
<i>Odostomia scalaris</i>	0		0	1		
BATTILLARIIDAE	<i>Battillaria zonalis</i>	0	11	0		
VERMETIDAE	<i>Serpulorbis (cladopoma) xenophorus</i>	0	0	0.5		
AMPULLARIIDAE	<i>Pila ampullacea</i>	0	1	2		
EPITONIIDAE	<i>Gyroscala lamellosa</i>	0	0	2		
OMALOGYRIDAE	<i>Ammonicera rota</i>	0	0	1		
2	BIVALVIA	CARDIIDAE	<i>Cerastoderma edule</i>	0	0.5	0.5
			<i>Acanthocardia echinata</i>	0	0.5	0
		PTERIIDAE	<i>Pinctada fucuta</i>	0	0	1
		ISOGNOMONIDAE	<i>Isognomon perna</i>	1	0	1
		MESODESMATIDAE	<i>Atactodea striata</i>	0	0	1
		SEMELIDAE	<i>Abra prismatica</i>	0	3	0
			<i>Abra nitida</i>	0	0.5	0
		CUSPIDARIIDAE	<i>Cuspidaria cuspidata</i>	0	0.5	0
VENERIDAE	<i>Timoclea ovata</i>	0	1.5	0		
3	POLYCHAETA	SPIONIDAE	<i>Spionida sp</i>	0	0	1
		PARALACYDONIIDAE	<i>Paralacydonia sp</i>	0	0.5	2
		APHELOCHAETAE	<i>Aphelochaeta monilaris</i>	0	0	4
		CAPITELLIDAE	<i>Capithella sp</i>	0	0.5	0
		SABELLIDAE	<i>Potamilla sp</i>	0	0.5	0

3.1.3. Struktur Komunitas Makrobenthos di kawasan budidaya ikan sistem tambak, Tugu Rejo Semarang

Dari 8 famili yang ditemukan pada keseluruhan lokasi penelitian, Capitellidae memiliki komposisi tertinggi dalam kemunculannya yaitu lebih dari 50% disemua stasiun pengambilan sampel (Gambar 4.3.).Hal ini sesuai dengan sifat hidup Capitellidae yang merupakan cacing penggali yang lebih menyukai substrat berlumpur daripada lumpur berpasir.Lumpur menyediakan partikulat-partikular organik yang merupakan makanan dari Capitellidae (Devaney & Eldredge, 1987).



Gambar 5. Diagram komposisi famili tiap stasiun pengambilan sampel



Gambar 4.3. Lanjutan

Keterangan :

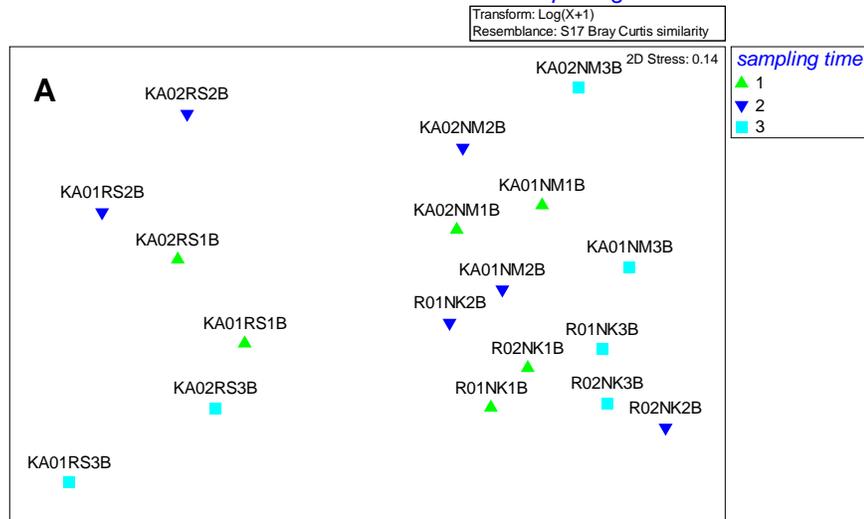
- MS01U1 = Lokasi mangrove stasiun 1 pengambilan sampel pertama
- MS01U2 = Lokasi mangrove stasiun 1 pengambilan sampel kedua
- MS02U1 = Lokasi mangrove stasiun 2 pengambilan sampel pertama
- MS02U2 = Lokasi mangrove stasiun 2 pengambilan sampel kedua
- BS01U1 = Lokasi budidaya tambak stasiun 1 pengambilan sampel pertama
- BS01U2 = Lokasi budidaya tambak stasiun 1 pengambilan sampel kedua
- BS02U1 = Lokasi budidaya tambak stasiun 2 pengambilan sampel pertama
- BS02U2 = Lokasi budidaya tambak stasiun 2 pengambilan sampel kedua

3.2. Pengembangan Biomonitoring: Penyajian Data menggunakan Analisis Multivariat dan Metode Grafis → Bab 6.4.

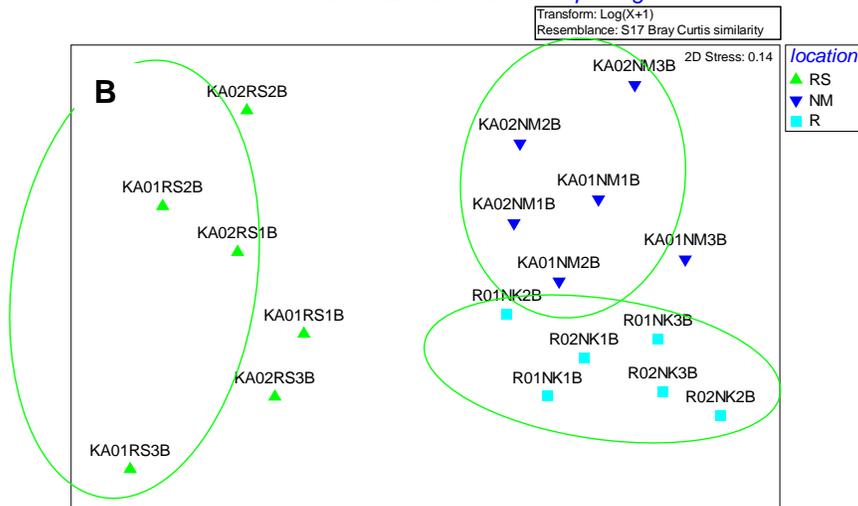
3.2.1. Struktur Komunitas Makrobenthos di kawasan budidaya ikan sistem Keramba Jaring Apung (KJA) Rawapening

Multivariat analisis dilakukan untuk menentukan tingkat gangguan lingkungan budidaya. Pendekatan multivariat diyakini merupakan pendekatan yang tepat dan akurat untuk

Rerata Makrobenthos Rawapening



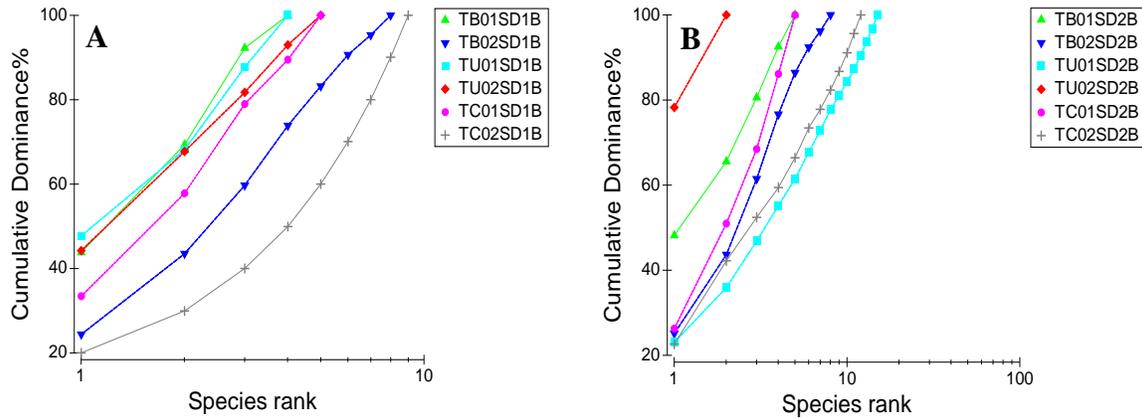
Rerata Makrobenthos Rawapening



Gambar 6. Grafik ordinas Non-Metric Multi Dimensional Scaling (NMDS) yang diproyeksikan berdasarkan data transformasi Log (X+1) dari kelimpahan jenis makrobenthos untuk masing-masing waktu sampling (A) dan lokasi sampling (B).

menentukan tingkat perubahan lingkungan, karena banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan lingkungan tersebut (Warwick, 1986; Putro, 2006).

Berdasarkan posisi stasiun sampel dalam ordinat grafik NMDS (Gambar 7), maka dapat dilihat bahwa posisi stasiun sampel tidak mengelompok jika diproyeksikan berdasarkan waktu pengambilan sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur makrobenthos tidak atau tidak terdeteksi dipengaruhi oleh waktu atau musim (Gambar 7A). Namun jika makrobenthos diproyeksikan berdasarkan lokasi sampling (Lokasi I, Lokasi II, dan Lokasi III), maka nampak bahwa metode NMDS mampu mengelompokkan stasiun berdasarkan lokasi sampling. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur makrobenthos lebih dipengaruhi oleh adanya perbedaan fisika-kimia lingkungan di ketiga lokasi sampling.

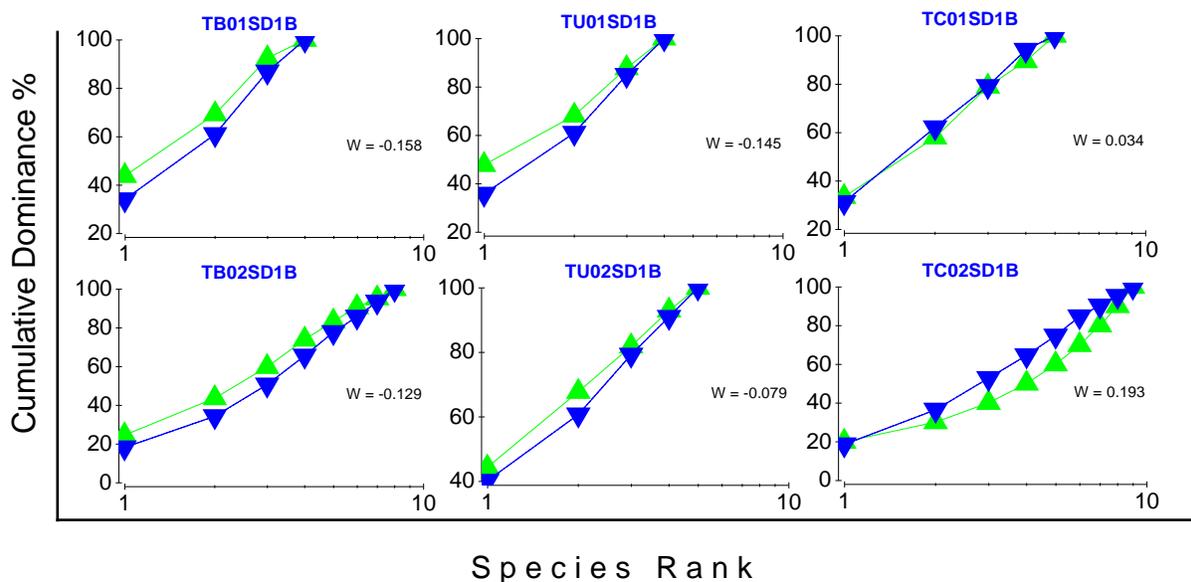


Gambar 7. Kurva *cumulative k-dominance* yang diproyeksikan untuk masing-masing stasiun berdasarkan waktu sampling: (A). Sampling I; dan (B). Sampling II.

3.2.2. Struktur Komunitas Makrobenthos di kawasan budidaya ikan sistem tambak, pesisir Sayung Demak

Tingkat gangguan lingkungan dapat ditentukan dengan cara membandingkan kelimpahan dan biomasa komunitas makrobenthos. Metode ini dikenal sebagai metode Abundance-Biomass Curve (ABC) (Warwick & Clarke, 1993). Dalam kondisi lingkungan yang stabil atau tingkat gangguan yang masih rendah, komunitas makrobenthos akan didominasi oleh species konservatif, yaitu species yang memiliki strategi hidup "seleksi-K", berukuran tubuh besar, masa hidup relatif lama, biomasa dominan tapi jumlah jenis sedikit

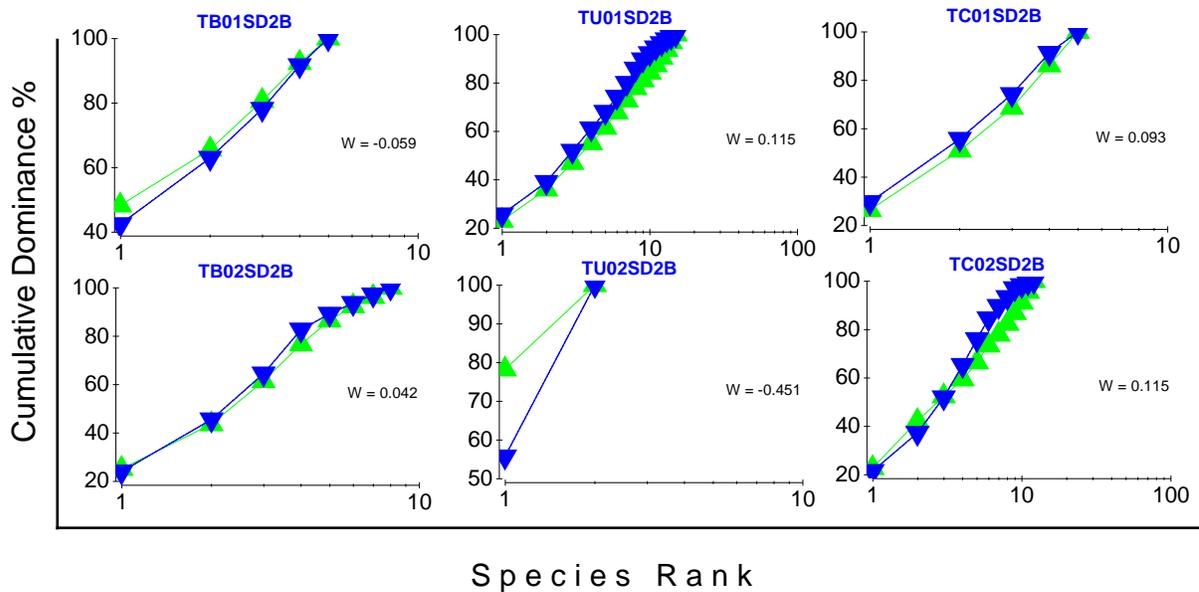
Dalam kondisi area terganggu, komunitas makrobenthos didominasi oleh organisme yang memiliki strategi “seleksi-*k*” dalam hidupnya, atau disebut species oportunistik, dengan ciri-ciri ukuran tubuhnya relatif kecil, masa hidup pendek, dominan dalam jumlah jenisnya namun rendah/sedikit biomasanya, memiliki tingkat reproduksi potensial yang tinggi dan maturasi dini (Diaz & Rosenberg, 1995). Bergantung pada tingkat gangguan, kurva biomas dapat berada pada posisi di atas kurva kelimpahan atau di bawah kurva kelimpahan, atau dua kurva tersebut dapat berbentuk sama dan sejajar saling berdekatan atau bersinggungan satu sama lain satu atau beberapa kali sepanjang kurva terbentuk (Clarke & Warwick, 2001).



Gambar 8. Kurva Abundance Biomass Curve (ABC) yang diproyeksikan berdasarkan data transformasi Log (X+1) dari kelimpahan (\blacktriangle) dan biomassa (\blacktriangledown) makrobenthos pada sampling I (Juli 2009).

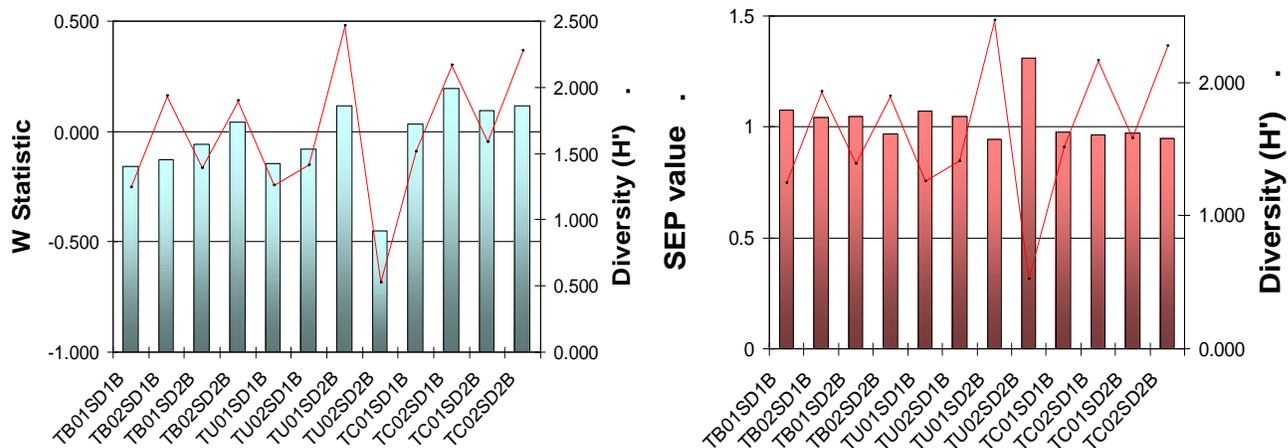
Hasil analisa kelimpahan dan biomasa makrobenthos yang diproyeksikan sebagai Abundance Biomass Curve (ABC) menunjukkan variabilitas antar stasiun (**Gambar 8** dan **Gambar 9**). Berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh Clarke & Warwick (2001), maka semua stasiun sampling pada pengambilan sampel I (Juli 2009) dikategorikan sebagai area yang terganggu/terpolusi, kecuali TC01SD1B (tambak campuran; inlet) dan TC02SD1B (tambak campuran; outlet). Area yang digunakan sebagai tambakcampuran memperoleh aliran air langsung dari Sungai Ronggolawe. Sungai tersebut masih dipengaruhi secara langsung oleh pasangsurut air laut, sehingga kualitas air yang digunakan masih relatif baik. Sedangkan

masuk air untuk tambak udang dan tambak bandeng berasal dari air tambak campuran, sehingga kualitas air telah dipengaruhi oleh aktivitas budidaya di tambak campuran.



Gambar 9. Kurva Abundance Biomass Curve (ABC) yang diproyeksikan berdasarkan data transformasi Log (X+1) dari kelimpahan (\blacktriangle) dan biomassa (\blacktriangledown) makrobenthos pada sampling II (Oktober 2009).

Berbeda dengan sampling I, kurva yang ditunjukkan untuk tiap-tiap stasiun pada sampling II (Oktober 2009) lebih banyak dikategorikan sebagai area yang tidak terganggu (unpolluted), kecuali TB01SD2B (Tambak bandeng; outlet) dan TU02SD2B (Tambak udang; outlet) (**Gambar 9**). Hal ini mengindikasikan bahwa stasiun tersebut mengalami gangguan pada sampling II. Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik/pengelola tambak udang (personal komunikasi), kondisi tambak udang seminggu sebelum sampling II (awal Oktober 2009) dilakukan mengalami penurunan kualitas lingkungan yang mengakibatkan sebagian besar benih udang yang ditebar mati (lebih dari 70% total populasi). Belum diketahui secara pasti penyebab gangguan tersebut, namun diperkirakan berkaitan dengan mutu pakan tambahan yang diberikan dan aerasi tambak yang kurang. Mutu pakan yang buruk akan mengurangi selera/kesukaan hewan yang dibudidayakan untuk mengonsumsi pakan tersebut. Hal ini dapat menyebabkan terakumulasinya pakan ke badan perairan dan sebagian terdekomposisi ke dasar perairan/susbrat sedimen. Keberadaan materi organik yang tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroalga toksik dan bakteri patogen di perairan tersebut, sehingga dapat berakibat menurunkan ketahanan hewan budidaya terhadap serangan penyakit.



Hasil analisa indeks multimetrik Wstatistic dan SEP yang diproyeksikan terhadap indeks keanekaragaman menunjukkan variabilitas nilai yang cukup besar untuk masing-masing stasiun sampling. Hasil penghitungan indeks H' menunjukkan variabilitas yang lebih besar jika dibandingkan dengan kedua indeks multimetrik tersebut. Stasiun TU02SD2B yang sebelumnya telah dikategorikan sebagai area yang terganggu/terpolusi menggunakan kurva ABC dan grafik k-dominance, secara konsisten ditunjukkan dengan nilai yang rendah baik oleh indeks H' maupun Wstatistic.

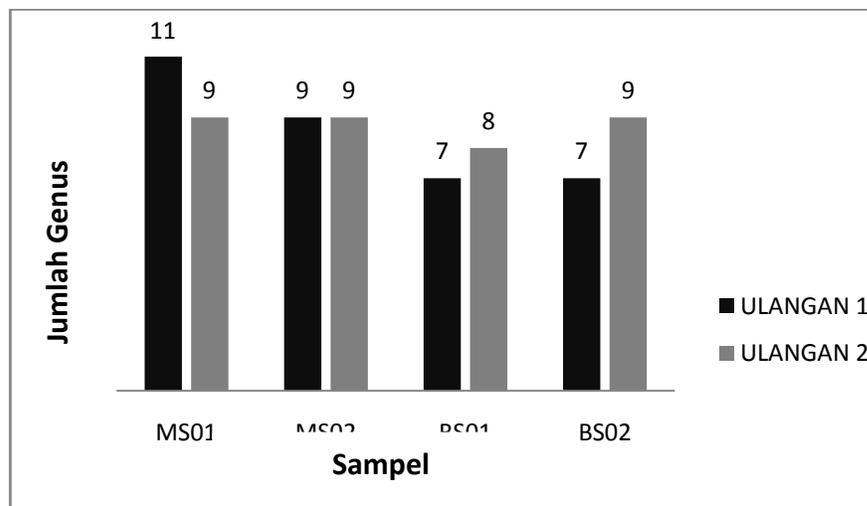
3.2.3. Struktur Komunitas Makrobenthos di kawasan budidaya ikan sistem tambak, Tugu Rejo Semarang → Bab 6.4.

3.3. Interpretasi Data berdasarkan Species Oportunistik

Pengembangan metode biomonitoring dilakukan melalui dua tahap, yaitu penggunaan *opportunistic species* sebagai data biotik dan aplikasi software Primer 6.1.5 untuk menggambarkan kualitas lingkungan menggunakan metode multivariate dan grafis. *Opportunistic species* merupakan species-species yang secara umum memanfaatkan situasi yang tidak menguntungkan dari lingkungannya karena adanya gangguan dengan cara meningkatkan daya reproduksinya sehingga populasinya meningkat saat organisme lainnya tidak mampu bertahan atau mengalami gangguan.

Jumlah genus pada semua stasiun pengamatan disajikan pada Gambar 4.1. Jumlah genus yang ditemukan pada vegetasi mangrove dan kawasan budidaya tambak bervariasi. Genus yang ditemukan di vegetasi mangrove stasiun 1 pengambilan pertama (MS01U1) berjumlah 11, pada

pengambilan kedua 9 genus. Di stasiun 2 baik pada pengambilan pertama (MS02U1) maupun pengambilan kedua (MS02U2) berjumlah 9. Sedangkan genus yang ditemukan di kawasan budidaya tambak stasiun 1 pengambilan pertama (BS01U1) berjumlah 7 dan pengambilan kedua (BS01U2) sebanyak 8. Untuk stasiun 2 pada pengambilan pertama (BS02U1) berjumlah 7 dan pengambilan kedua (BS02U2) diperoleh 9 genus. Dari polychaeta hasil sampling tersebut secara keseluruhan genus yang didapatkan berjumlah 15. Komposisi genus yang ditemukan tersebut baik pada vegetasi mangrove maupun kawasan budidaya tambak adalah *Heteromastus*, *Notomastus*, *Mediomastus*, *Scyphoproctus*, *Namalycastis*, *Nereis*, *Namanereis*, *Parasprionospio*, *Prionospio*, *Dorvillea*, *Lumbrinereis*, dan *Oenone*. Sedangkan genus yang hanya ditemukan pada kawasan vegetasi mangrove adalah *Microspio*, *Cirratulus* dan *Myxiola*.



Gambar 11. Diagram jumlah genus polychaeta

Keterangan :

MS01 = Lokasi mangrove stasiun 1

MS02 = Lokasi mangrove stasiun 2

BS01 = Lokasi budidaya tambak stasiun 1

BS02 = Lokasi budidaya tambak stasiun 2

Kemunculan genus yang lebih banyak pada kawasan vegetasi mangrove disebabkan oleh adanya serasah dari pohon-pohon mangrove sehingga menyebabkan daerah tersebut kaya akan akumulasi materi organik yang menjadi sumber makanan melimpah bagi berkembangnya polychaeta. Selain itu aliran sungai irigasi yang tenang bermuara melewati tepi kawasan vegetasi mangrove menjadikan sirkulasi perairan mangrove menjadi lebih baik sehingga

menekan terjadinya fluktuasi salinitas sedimen, akumulasi detritus dari serasah, mengurangi terjadinya pengkayaan nutrient (C, N, P) selama dekomposisi serasah.

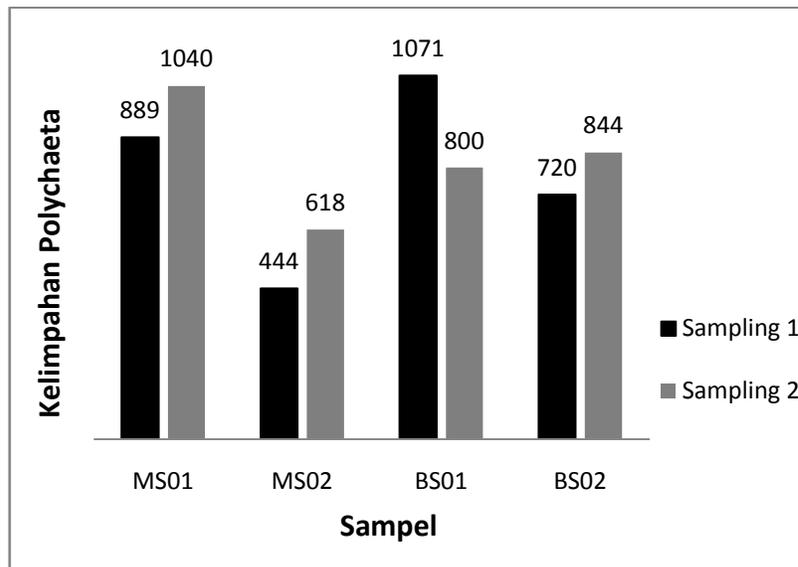
Genus dari famili Capitellidae yang meliputi *Heteromastus*, *Notomastus*, dan *Mediomastus* secara keseluruhan paling sering ditemukan pada tiap stasiun baik kawasan vegetasi mangrove maupun kawasan budidaya sistem tambak. Tingginya kehadiran genus-genus dari famili Capitellidae ini berkaitan dengan sifatnya yang sub-surface *deposit feeder* dan pola hidupnya yaitu Capitellidae merupakan penggali yang tinggal di pasir atau lumpur pada kedalaman 5 cm (Brito *et al.*, 2005) sehingga lokasi semacam vegetasi mangrove dan area tambak yang relatif tenang oleh hempasan arus menjadi tempat yang ideal untuk tumbuh dan berkembang biak. Selain itu Capitellidae merupakan salah satu polychaeta yang sangat adaptif terhadap lingkungan misalnya terhadap lingkungan mangrove yang ekstrim yaitu adanya fluktuasi salinitas sedimen, akumulasi detritus dari serasah, pengkayaan nutrient (C, N, P) selama dekomposisi serasah, kondisi anoksik pada sedimen, dan paparan pasang surut merupakan ciri khas dari substrat mangrove (Kumar, 2003).

Spionidae merupakan famili kedua yang memiliki genus-genus paling sering ditemukan di masing-masing stasiun baik kawasan vegetasi mangrove maupun kawasan budidaya sistem tambak. Genus-genus Spionidae yang sering muncul adalah *Paraprionospio* dan *Prionospio*. Keduanya merupakan golongan polychaeta pemakan deposit yang hidup di dasar perairan bersubstrat lumpur atau lumpur berpasir (Tamai, 1985). Sama halnya dengan genus-genus dari famili Capitellidae, genus-genus Spionidae juga tergolong adaptif terhadap perubahan lingkungan. *Paraprionospio pinnata* merupakan salah satu jenis yang keberadaannya biasa digunakan sebagai indikator perairan tercemar yang dicirikan dengan poliformisme sebagai hasil adaptasi lingkungan yang tercemar (Yokoyama, 1981).

4.3. Kelimpahan, Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominasi

4.3.1. Kelimpahan

Kelimpahan polychaeta pada semua stasiun pengamatan disajikan pada Gambar 4.2. Pada umumnya, kelimpahan pada setiap stasiun kurang dari 1000 ind./m². Kelimpahan polychaeta yang relatif tinggi hanya ditemukan pada lokasi budidaya tambak stasiun 1 pada pengambilan sampel yang pertama (BS01U1) yaitu 1.071 ind./m². Hasil analisis kelimpahan polychaeta pada semua lokasi penelitian secara rinci disajikan pada diagram dibawah ini :



Gambar 12. Kelimpahan (ind/m²) polychaeta di lokasi budidaya tambak dan kawasan vegetasi mangrove

Keterangan :

MS01 = Lokasi mangrove stasiun 1

MS02 = Lokasi mangrove stasiun 2

BS01 = Lokasi budidaya tambak stasiun 1

BS02 = Lokasi budidaya tambak stasiun 2

Luas bukaan *Ekman grab* = 225 cm²

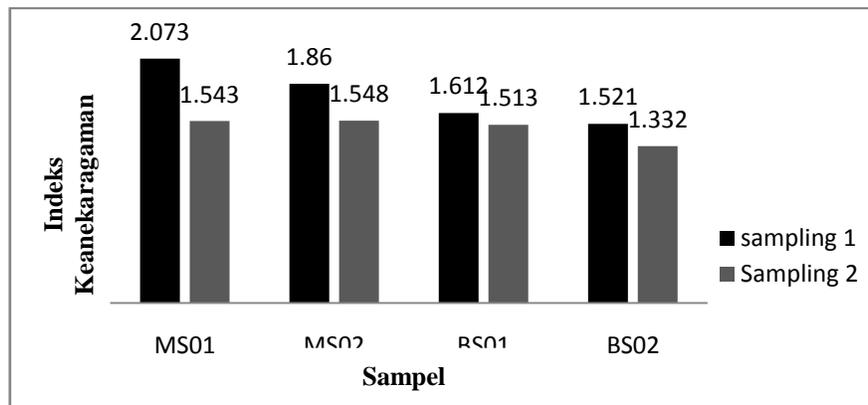
Secara umum polychaeta ditemukan melimpah baik pada area tambak maupun vegetasi mangrove kecuali pada vegetasi mangrove stasiun kedua yang hanya memiliki nilai kelimpahan 444/ m² pada pengambilan sampel pertama. Keberadaan polychaeta yang melimpah baik pada area tambak maupun vegetasi mangrove mengindikasikan bahwa kedua lokasi perairan tersebut dalam kondisi yang baik.

Ciri khas dari substrat mangrove yang cenderung ekstrim karena adanya fluktuasi salinitas sedimen, akumulasi dari serasah, pengkayaan nutrient (C, N, P) selama dekomposisi serasah, kondisi anoksik dan paparan pasang surut seharusnya menekan keberadaan organisme termasuk polychaeta. Namun dengan adanya sungai irigasi yang arusnya relatif tenang yang melintasi tepian kawasan vegetasi mangrove dan dialirkan

ke area mangrove melewati parit-parit buatan membuat sirkulasi air menjadi baik sehingga kondisi ekstrim yang biasa terjadi di kawasan vegetasi mangrove tidak terjadi disini.

4.3.2. Keanekaragaman

Nilai indeks keanekaragaman menggambarkan kondisi yang berkaitan dengan fungsi masing-masing spesies atau genus terhadap kelestarian dan daya dukung ekosistem. Tingginya nilai indeks keanekaragaman disebabkan hampir meratanya jumlah individu dalam suatu lokasi. Sebaliknya, kehadiran genus yang dominan akan menyebabkan rendahnya nilai indeks keanekaragaman. Hasil pengamatan terhadap indeks keanekaragaman genus polychaeta disajikan dalam gambar 4.4. Pada umumnya, nilai indeks keanekaragaman relatif sedang (1,332-2,073) pada semua stasiun. Hal ini menunjukkan tidak adanya dominasi salah satu genus dari semua stasiun pengambilan sampel pada vegetasi mangrove dan kawasan budidaya tambak.



Gambar 13. Diagram nilai indeks keanekaragaman (H') polychaeta

Keterangan :

MS01 = Lokasi mangrove stasiun 1

MS02 = Lokasi mangrove stasiun 2

BS01 = Lokasi budidaya tambak stasiun 1

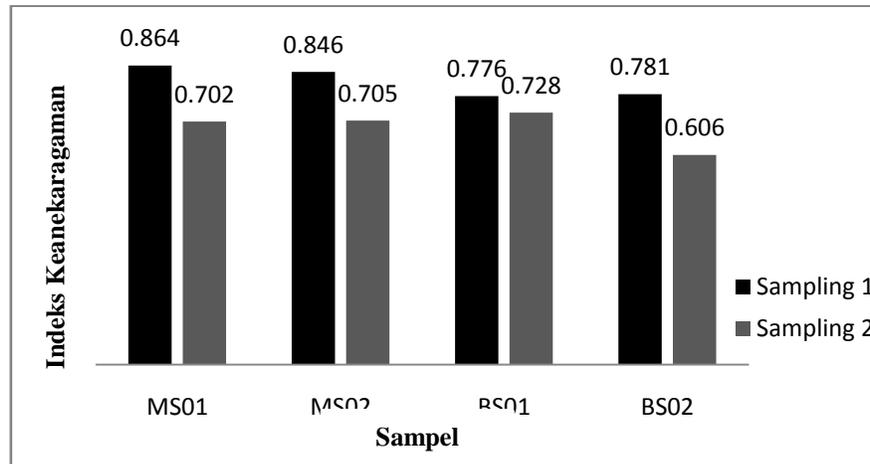
BS02 = Lokasi budidaya tambak stasiun 2

Secara umum berdasarkan kriteria Odum (1971), nilai indeks keanekaragaman yang didapat dalam penelitian ini baik antar lokasi dan waktu pengambilan sampel masih menunjukkan tingkat penyebaran dan kestabilan polychaeta sedang. Selain itu indeks keanekaragaman yang didapat dalam penelitian ini berdasarkan Wilhm (1967) dalam Suradi

(1993) menunjukkan perairan tempat pengambilan sampel dalam kriteria tercemar sedang ($H' < 2$).

4.3.3. Keseragaman

Nilai indeks keseragaman menunjukkan besarnya komposisi dan jumlah individu yang dimiliki oleh setiap genus atau spesies. Nilai indeks keseragaman pada semua stasiun disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 14. Diagram nilai indeks keseragaman (E) polychaeta

Keterangan :

MS01 = Lokasi mangrove stasiun 1

MS02 = Lokasi mangrove stasiun 2

BS01 = Lokasi budidaya tambak stasiun 1

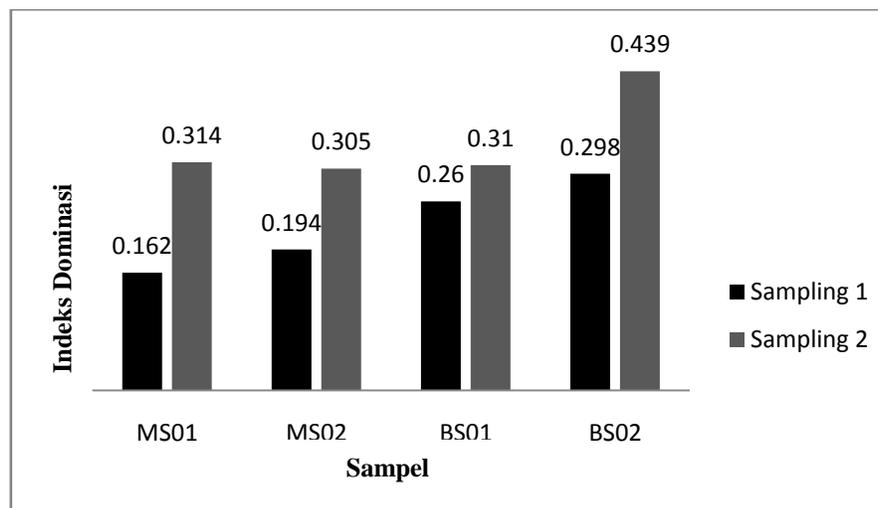
BS02 = Lokasi budidaya tambak stasiun 2

Sesuai dengan pernyataan Odum (1993) indeks keseragaman (E) berkisar 0 – 1. Bila nilai mendekati 0 berarti keseragaman rendah karena adanya jenis yang mendominasi, dan bila mendekati 1 keseragaman tinggi yang menunjukkan tidak ada jenis yang mendominasi. Dari gambar 4.5 terlihat bahwa secara umum, nilai indeks keseragaman semua stasiun $> 0,6$. Hal ini menunjukkan bahwa nilai indeks keseragaman tinggi pada semua stasiun pengamatan baik pengambilan sampel pertama dan kedua sama-sama mendekati 1.

4.3.4. Dominansi

Ada tidaknya genus yang dominan dalam setiap stasiun dapat dilihat dengan perhitungan indeks dominansi. Nilai ini akan menerangkan besarnya tingkat dominansi suatu genus terhadap genus lainnya dalam stasiun. Dominansi dinyatakan tinggi jika nilai $D = 1$,

sedangkan pada (Gambar 4.6.) terlihat nilai indeks dominansi pada semua stasiun relatif rendah yaitu kurang dari $<0,5$. Gambar 4.6. menunjukkan semua stasiun baik kawasan vegetasi mangrove maupun kawasan budidaya tambak mempunyai kecenderungan mendekati 0 artinya tidak ada jenis yang mendominasi perairan yang berarti setiap individu pada stasiun pengamatan mempunyai kesempatan yang sama dan secara maksimal dalam memanfaatkan sumberdaya yang ada didalam perairan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Odum (1993) yang menyatakan bahwa nilai indeks dominansi yang tinggi menyatakan konsentrasi dominansi yang tinggi (ada individu yang mendominasi), sebaliknya nilai indeks dominansi yang rendah menyatakan konsentrasi yang rendah (tidak ada yang dominan).



Gambar 15. Diagram nilai indeks dominansi (D) polychaeta

Keterangan :

MS01 = Lokasi mangrove stasiun 1

MS02 = Lokasi mangrove stasiun 2

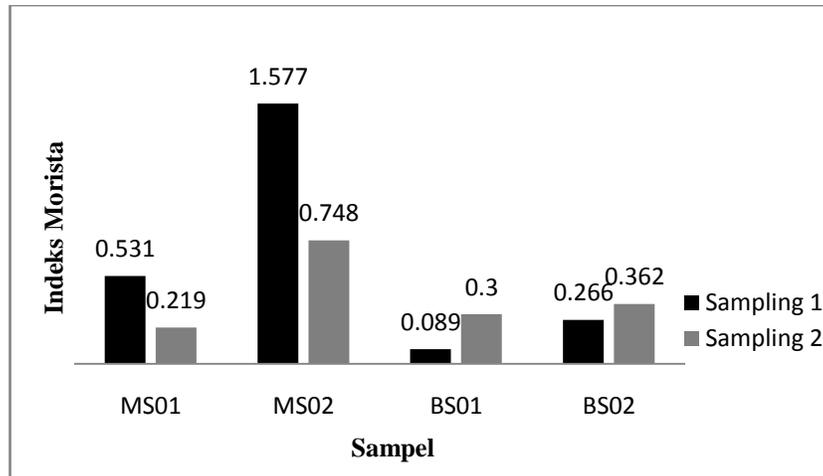
BS01 = Lokasi budidaya tambak stasiun 1

BS02 = Lokasi budidaya tambak stasiun 2

Berdasarkan indeks keanekaragaman, keseragaman dan tidak dominannya genus dapat dikemukakan bahwa aktivitas pantai di Perairan Mangkang Kulon Kecamatan Tugu, Semarang belum memperlihatkan tekanan ekologi. Budidaya sistem tambak dan aktivitas masyarakat yang mengalirkan limbah ke perairan pantai belum memberikan dampak yang berarti terhadap populasi polychaeta.

4.3.1. Pola Sebaran Polychaeta

Pola sebaran polychaeta dapat diketahui dengan melakukan analisis sebaran menggunakan indeks morista. Secara keseluruhan, pola sebaran genus polychaeta di Perairan Mangkang Kulon Kecamatan Tugu, Semarang disajikan pada gambar 4.6.



Gambar 16. Diagram indeks morista polychaeta

Pola sebaran polychaeta di lokasi penelitian baik kawasan vegetasi mangrove maupun kawasan budidaya tambak sesuai gambar 4.6. umumnya bersifat seragam ($Id > 1$). Penyebaran bersifat mengelompok hanya ditemukan pada kawasan budidaya mangrove stasiun dua sampling pertama (MS02U1). Pola sebaran polychaeta yang seragam ini berbanding lurus dengan indeks keseragaman yang tinggi dan juga sesuai dengan indeks dominansi yang rendah (tidak ada yang dominan).

10. Pustaka Acuan

- Anonim. (2004). Semarang dalam angka. WWW dokumen:
http://semarang.go.id/simpeda05/Simperek/Perikanan%20dan%20Kelautan/Perikanan%20Darat/Tambak/produksi_perikanan_darat.htm
- Brooks K. M., Stierns A. R. & Backman C. (2004) Seven year remediation study at the Carrie Bay Atlantic salmon (*Salmo salar*) farm in the Broughton Archipelago, British Columbia, Canada. *Aquaculture* 239: 81-123.
- Carroll M. L., Cochrane S., Fieler R., Velvin R. & White P. (2003) Organic enrichment of sediments from salmon farming in Norway: environmental factors, management practices, and monitoring techniques *Aquaculture* 226: 165-180.
- Cheshire A., Westphalen G., Kildea T., Smart A. & Clarke S. (2006) Investigating the environmental effects of sea cage tuna farming. I. Methodology for investigating sea floor souring. In: *A report to the FRDC and Tuna Boat Owners Association*. Department of Botany, University of Adelaide, South Australia.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. (1994) Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology*, 118: 167-176.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation PRIMER-E Ltd, Plymouth.
- Clarke, K. R., Somerfield, P. J., and Chapman, M. G. (2006) On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray-Curtis coefficient for denuded assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *In Press*.
- Crawford C. (2003) Environmental management of marine aquaculture in Tasmania, Australia *Aquaculture* 226: 129-138.
- De Roach, R. J., Rate, A. W., Knott, B., and Davies, P. M. (2002) Denitrification activity in sediment surrounding polychaete (*Ceratonereis aequisetis*) burrows. *Marine & Freshwater Research*, 53: 35-41.
- Diaz R. J. & Rosenberg R. (1995) Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 33: 245-303.
- Dougall, N. M. and Black, K. D. (1999) Determining sediment properties around a marine cage farm using acoustic ground discrimination: RoxAnn TM. *Aquaculture Research*, 30: 451-458.
- Gerino, M., Stora, G., Poydenot, F. and Bourcier, M. (1995) Benthic fauna and bioturbation on the Mediterranean continental slope: Toulon Canyon Continental Shelf Research 15: 1483-1496.
- Graf, G. and Rosenberg, R. (1997) Bioresuspension and biodeposition: a review. *Journal of Marine Systems*, 11: 269-278.
- Grall, J. and Chauvaud, L. (2002) Marine eutrophication and benthos: the need for new approaches and concepts. *Global Change Biology* 8: 813-830.
- Hansen, K. and Kristensen, E. (1998) The impact of the polychaete *Nereis diversicolor* and enrichment with macroalgal (*Chaetomorpha linum*) detritus on benthic metabolism and nutrient dynamics in organic-poor and organic-rich sediment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 231: 201-223.

- Heilskov, A. and Holmer, M (2001) Effects of benthic fauna on organic matter mineralization in fish-farm sediments: importance of size and abundance. *ICES Journal of Marine Science* 58: 123-139.
- Horrigan, L.; R. S. Lawrence, and P. Walker (2002). "How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture". *Environmental health perspectives* 110: 445-456.
- Keister, J. E., Houde, E. D., and Breitburg, D. L. (2000) Effects of bottom-layer hypoxia on abundances and depth distributions of organisms in Patuxent River, Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 205: 43-59.
- Kristensen, E. (2000) Organic matter diagenesis at the oxic/anoxic interface in coastal marine sediments, with emphasis on the role of burrowing animals. *Hydrobiologia*, 426: 1-24.
- Levin, L., Ziebis, W., Mendoza, G. F., Growney, V. A., Tryon, M. D., Brown, K. M., Mahn, C., Gieskes, J. M., and Rathburn, A. E. (2003) Spatial heterogeneity of macrofauna at northern California methane seeps: influence of sulfide concentration and fluid flow. *Marine Ecology Progress Series*, 265: 123-139.
- McGhie, T. K., Crawford, C. M., Mitchell, I. M., and O'Brien, D. (2000) The degradation of fish-cage waste in sediments during fallowing. *Aquaculture*, 187: 351-366.
- Pawar, V., Matsuda, O., and Fujisaki, N. (2002) Relationship between feed input and sediment quality of the fish cage farms. *Fisheries Science* 68: 894-903.
- Pearson, T. H. and Rosenberg, R. (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16: 229-311.
- Porrello, S., Tomassetti, P., Manzueto, L., Finoia, M. G., Persia, E., Mercatali, I., and Stipa, P. (2005) The influence of marine cages on the sediment chemistry in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture*, 249: 145-158.
- Putro, S.P. dan Suhartana, 2008. Rehabilitasi dan Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Alam Kawasan Rawapening Dengan Menerapkan Manajemen Lingkungan dan *Ecological Engineering* Dalam Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat. Laporan KKN PPM – DP2M DIKTI, Lemlit Undip. Semarang.
- Putro, S.P. & Svane, I. (2005). Effects of fallowed fish farms on macrobenthic assemblages – a full year assessment. In *Proceeding of Aquafin CRC 2005 Conference* (pp. 18-19). Hobart, Australia, July 5-7, 2005.
- Putro, S.P., Svane, I., and Tanner, J. 2006. Effects of fallowing on macrobenthic assemblages in sediments adjacent to southern bluefin tuna cages. In : *Final report of Aquafin CRC- Southern bluefin tuna aquaculture: evaluation of waste composition and waste mitigation*. FRDC Project No. 2001/103/2006. SARDI Aquatic Sciences, Adelaide. pp. 243-282.
- Read P. & Fernandes T. (2003) Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe *Aquaculture* 226: 139-163. 29
- Rhoads, D. C. (1974) Organism-sediment relations on the muddy sea floor. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 12: 263-300.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson C. H., Cederwall, H. & Dimming, A. (2004) Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 728-739.

- Schendel, E. K., Nordstrom, S. E. and Lavkulich, L. M. (2004) Flocculation and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. *Aquaculture Research*, 35: 483-493.
- Shumway, S.E. (1990). "A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture". *Journal of the World Aquaculture Society* 21: 65-104.
- Smith, V.H.; G.D. Tilman, and J.C. Nekola (1999). "Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems". *Environmental Pollution* 100: 179-196.
- Snelgrove, P. V. R. and Butman, C. A. (1994) Animal-sediment relationship revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 32: 111-177.
- Warwick, R. M. (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology* 92: 557-562.
- Warwick, R. M. and Clarke, K. R. (1993) Increased variability as a symptom of stress in marine communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 172: 215-226.
- Wijayanti, D.P dan Putro, S.P. 2009. Optimalisasi Pemberdayaan Masyarakat Desa Asinan, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang Melalui Pengembangan Teknik Budidaya Sistem Keramba Apung Dan Peningkatan Mutu Pakan Ikan. Laporan KKN PPM –DP2M DIKTI, Lemlit Undip. Semarang.
- Ye, L. X., Ritz, D. A., Fenton, G. E. and Lewis, M. E. (1991) Tracing the influence on sediments of organic waste from a salmonid farm using stable isotope analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 145: 161-174.
- Yokoyama, H. (2002) Effects of fish farming on macroinvertebrates: comparison of three localities suffering from hypoxia (UJNR Technical Report No.24). [WWW document]: <http://nsgl.gso.uri.edu/source/tamuw95003/ptamuw95003_part_95001.pdf>

