

**KAJIAN KUALITAS AIR DI MUARA SUNGAI PEKALONGAN
DITINJAU DARI INDEKS KEANEKARAGAMAN
MAKROBENTHOS DAN INDEKS SAPROBITAS
PLANKTON**

TESIS

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Mencapai Derajat Magister (S-2)

Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai



Oleh :

M. Zahidin
NIM. K4A002018

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2008**

**KAJIAN KUALITAS AIR DI MUARA SUNGAI DAN
PELABUHAN PEKALONGAN DITINJAU DARI
INDEKS KEANEKARAGAMAN MAKRO-
BENTHOS DAN INDEKS SAPROBITAS
PLANKTON**

PROPOSAL

Untuk Kolokium Proposal
Dalam Penulisan Tesis

Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai



Oleh :

M. Zahidin
NIM. K4A002018

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2008**

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN KUALITAS AIR DI MUARA SUNGAI PEKALONGAN DITINJAU
DARI INDEKS KEANEKARAGAMAN MAKROBENTHOS DAN INDEKS
SAPROBITAS PLANKTON

Nama Penulis : M. Zahidin

Proposal Tesis telah disetujui

Tanggal : 28 Pebruari 2008

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

Ir. Asriyanto, DFG, MS

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN KUALITAS AIR DI MUARA SUNGAI PEKALONGAN DITINJAU
DARI INDEKS KEANEKARAGAMAN MAKROBENTHOS DAN INDEKS
SAPROBITAS PLANKTON**

Nama Penulis : M. Zahidin

NIM : K4A002018

Tesis telah disetujui

Tanggal :

Pembimbing I

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

Pembimbing II

(Ir. Asriyanto, DFG, MS)

Ketua Program Studi

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

KAJIAN KUALITAS AIR DI MUARA SUNGAI PEKALONGAN DITINJAU
DARI INDEKS KEANEKARAGAMAN MAKROBENTHOS DAN INDEKS
SAPROBITAS PLANKTON

Dipersiapkan dan disusun oleh :

M. Zahidin

NIM. K4A002018

Tesis telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal : 30 Januari 2009

Ketua Tim Penguji

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

Anggota Tim Penguji

(Dr. Ir. Suminto, MSc.)

Sekretaris Tim Penguji

(Ir. Asriyanto, DFG, MS)

Anggota Tim Penguji

(Ir. Pinandoyo, MSi.)

Ketua Program Studi

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

KAJIAN KUALITAS AIR DI MUARA SUNGAI PEKALONGAN DITINJAU
DARI INDEKS KEANEKARAGAMAN MAKROBENTHOS DAN INDEKS
SAPROBITAS PLANKTON

Nama Penulis : M. Zahidin

NIM : K4A002018

Seminar tesis telah disetujui :

Tanggal :

Pembimbing I

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

Pembimbing II

(Ir. Asriyanto, DFG, MS.)

Ketua Program Studi

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

KAJIAN KUALITAS AIR DI MUARA SUNGAI PEKALONGAN DITINJAU
DARI INDEKS KEANEKARAGAMAN MAKROBENTHOS DAN INDEKS
SAPROBITAS PLANKTON

Dipersiapkan dan disusun oleh :

M. Zahidin

NIM. K4A002018

Telah diseminarkan di depan Tim Penguji

Pada tanggal : 30 Desember 2008

Ketua Tim Penguji

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

Sekretaris Tim Penguji

(Ir. Asriyanto, DFG, MS)

Anggota Tim Penguji

(Dr. Ir. Suminto, MSc.)

Anggota Tim Penguji

(Ir. Pinandoyo, M.Si.)

Ketua Program Studi

(Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS)

Persembahan buat :

- ✓ Istri, anak, dan kedua orang tuaku
- ✓ Segenap dosen dan rekan seperguruan
- ✓ Serta segenap pihak yang telah berjasa
di kehidupanku

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya, M Zahidin menyatakan bahwa karya ilmiah / tesis ini adalah asli karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar derajat Magister (S2) dari Universitas Diponegoro maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam karya ilmiah ini yang berasal dari penulis lain , baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi karya ilmiah ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Semarang, Oktober 2008

Penulis

M. Zahidin
NIM. K4A002018

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini tanpa adanya halangan yang berarti. Penyusunan tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana Strata-2 pada Magister Sumberdaya Pantai Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro ini dapat diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan. Tesis dengan judul *Kajian Kualitas Air Di Muara Sungai Pekalongan Ditinjau dari Indeks Keanekaragaman Makrobenthos dan Indeks Saprobitas Plankton* dilatarbelakangi kondisi Muara Sungai Pekalongan yang terindikasi mengalami pencemaran yang berat.

Dalam menyelesaikan penyusunan tesis ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak yang berkompeten. Oleh karena itu penulis pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ketua dan Sekretaris Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Pantai Universitas Diponegoro Semarang.
2. Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS selaku Dosen Pembimbing I.
3. Ir. Asriyanto, DFG, MS selaku Dosen Pembimbing II.
4. Segenap staf pengajar dan karyawan Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai Universitas Diponegoro Semarang yang telah membantu kelancaran prosedur dan administrasi penyusunan tesis.
5. Semua pihak yang telah membantu penyusunan dan pencarian data penelitian dalam penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran, kritik dan masukan dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Semarang, Juli 2008

Penulis

ABSTRACT

M Zahidin. 2008. Study of Water Quality in Pekalongan's River Estuary observed by Diversity Indexes of Benthic Organisms and Saprobic Indexes of Plankton. (Advisors : Sutrisno Anggoro and Asriyanto).

Water quality based on plankton and benthic organism as bio-indicators in estuary river at Pekalongan city were investigated on March – April 2008. The case study of survey method was employed in this research with purposive random sampling. There was carried out at four sampling point. Various parameters such as saprobic indexes, tropic saprobic indexes, and diversity indexes benthic organisms were observed. The research results had shown that saprobic indexes and tropic saprobic indexes of plankton between 1.20 until 1.25 and 1.33 until 1.47 respectively. Based on this criterion expressed that the quality of aquatic biology in Pekalongan's River Estuary was β -Mesosaprobic or lightly until middly polluted. While diversity indexes of benthic organism between 0.626 – 1.574. Based on this criterion expressed that the quality of aquatic biology in Pekalongan's River Estuary had middly until heavily polluted.

Key words : Water Quality, Saprobic Index, Diversity Index, Plankton and Benthic Organisms

ABSTRAK

M Zahidin. 2008. Kajian Kualitas Air di Muara Sungai Pekalongan Ditinjau dari Indeks Keanekaragaman Makrobenthos dan Indeks Saprobitas Plankton. (Pembimbing : Sutrisno Anggoro and Asriyanto)

Kualitas perairan berdasarkan plankton dan makrobenthos sebagai bio-indikator di Muara Sungai Pekalongan dikaji pada bulan Maret – April 2008. Metode penelitian dengan menggunakan metode studi kasus dan metode purposif random sampling terhadap 4 lokasi pengambilan sampel. Beberapa parameter yang diteliti antara lain saprobik indeks dan tropik saprobik indeks plankton, serta indeks keanekaragaman makrobenthos. Hasil penelitian menunjukkan saprobik indeks dan tropik saprobik indeks plankton berkisar pada 1,20 – 1,25 dan 1,33 – 1,47. Berdasarkan kriteria ini, maka kualitas perairan secara biologis di Muara Sungai Pekalongan termasuk β -Mesosaprobik atau termasuk dalam kategori tercemar ringan sampai sedang. Sementara indeks keanekaragaman makrobenthos diantara 0,626 – 1,574. Apabila berdasarkan kriteria ini, maka kualitas biologis perairan di Muara Sungai Pekalongan termasuk tercemar ringan hingga berat.

Kata kunci : Kualitas Perairan, Indeks Saprobitas, Indeks Keanekaragaman, Plankton dan Makrobenthos

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR ILUSTRASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pendekatan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Kerangka Pemikiran	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Ekosistem Muara Sungai	9
2.2. Kolam Pelabuhan	10
2.3. Plankton	12
2.4. Hewan Makrobenthos	13
2.5. Saprobitas	14
2.6. Kelimpahan Individu, Indeks Keanekaragaman, dan Indeks Keseragaman	20
2.7. Faktor Pembatas	21
2.7.1. Kedalaman dan Kecerahan	22
2.7.2. Temperatur	23
2.7.3. Derajat Keasaman (pH)	24
2.7.4. Salinitas	24
2.7.5. Substrat Perairan	25
2.7.6. Oksigen Terlarut	26
2.7.7. Bahan Organik	27
2.7.8. BOD (Biological Oxygen Demand)	27
2.7.9. COD (Chemical Oxygen Demand (COD))	28
BAB III. MATERI DAN METODE	30
3.1. Materi Penelitian	30
3.2. Metode Penelitian	32
3.3. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel	32
3.4. Metode Pengambilan dan Pengukuran Sampel	34
3.4.1. Pengambilan dan Penghitungan Sampel Plankton	34
3.4.2. Pengambilan dan Penghitungan Sampel Makrobenthos	34
3.4.3. Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Perairan	35
3.5. Analisis Data	36
3.5.1. Kelimpahan, Indeks Keanekaragaman dan Indeks Kesera- gaman Biota	36
3.5.2. Saprobik Indeks (SI) dan Tingkat Saprobik Indeks (TSI)	38
3.6. Waktu dan Tempat Penelitian	39
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	41

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	41
4.2. Hasil Penelitian	44
4.2.1. Plankton	44
4.2.2. Hewan Makrobenthos	49
4.2.3. Saprobik Indeks dan Tingkat Saprobik Indeks	50
4.2.4. Indeks Keanekaragaman dan Indeks Keseragaman Makro- benthos	52
4.2.5. Parameter Lingkungan	54
4.3. Pengaruh Parameter Lingkungan terhadap Kelimpahan Orga- nisme	56
4.4. Interaksi Parameter Lingkungan dengan Indeks Keseragaman dan Indeks Keanekaragaman	59
4.5. Interaksi Parameter Lingkungan dengan Indeks Saprobitas Plankton	62
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	70
RIWAYAT HIDUP	98

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Tingkat Saprobik Berdasarkan pada Ciri Struktur Komunitas	16
2. Kriteria Tingkat Saprobitas Perairan	17
3. Hubungan Kelompok Organisme Perairan dengan Tingkat Pencemaran Perairan	17
4. Hubungan Antara Indeks Saprobitas dengan Tingkat Pencemaran Perairan.	18
5. Organisme Penyusun Kelompok Saprobitas	19
6. Hubungan Keanekaragaman Makrobenthos dengan Tingkat Pencemaran Perairan	20
7. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	31
8. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun I	44
9. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun II	45
10. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun III	46
11. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun IV	47
12. Data Kelimpahan Hewan Makrobenthos (Individu/0,8 m ³) di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan	49
13. Hasil Perhitungan Rata-Rata SI dan TSI di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan	51
14. Hasil Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) Hewan Makrobenthos di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan	54
15. Hasil Perbandingan Beberapa Parameter Kualitas Air di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan	55
16. Hasil Analisa Butir Sedimen di Lokasi Penelitian	59

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Kerangka Pemikiran dalam Penelitian	6
2. Grafik Kelimpahan Plankton di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Peka- longan	48
3. Grafik Kelimpahan Rata-Rata Hewan Makrobenthos di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan	50
4. Grafik Hasil Penghitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Kese- ragaman (e) di Lokasi Penelitian	53

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian	70
2. Peta Lokasi Stasiun Penelitian	71
3. Data Kelimpahan Individu Plankton yang Ditemukan di Stasiun I	72
4. Data Kelimpahan Individu Plankton yang Ditemukan di Stasiun II	73
5. Data Kelimpahan Individu Plankton yang Ditemukan di Stasiun III	74
6. Data Kelimpahan Individu Plankton yang Ditemukan di Stasiun IV	75
7. Contoh Perhitungan Saprobik Indeks dan Tingkat Saprobik Indeks di Stasiun I	76
8. Contoh Perhitungan Saprobik Indeks dan Tingkat Saprobik Indeks di Stasiun II	77
9. Contoh Perhitungan Saprobik Indeks dan Tingkat Saprobik Indeks di Stasiun III	78
10. Contoh Perhitungan Saprobik Indeks dan Tingkat Saprobik Indeks di Stasiun IV	79
11. Metode Pengukuran <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	80
12. Metode Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	81
13. Metode Pengukuran Substrat Perairan	82
14. Metode Pengukuran Bahan Organik	84
15. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut	85
16. Hasil Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) Hewan Makrobenthos di Stasiun I.....	88
17. Hasil Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) Hewan Makrobenthos di Stasiun II.....	89
18. Hasil Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) Hewan Makrobenthos di Stasiun III	90
19. Hasil Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) Hewan Makrobenthos di Stasiun IV.....	91
20. Contoh Gambar Plankton yang Ditemukan dalam Penelitian	92
21. Contoh Gambar Makrobenthos yang Ditemukan dalam Penelitian	93
22. Foto-Foto Alat dan Kegiatan Pengambilan Sampel dalam Penelitian	94
23. Data Pasang Surut Perairan Pekalongan	96

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Muara sungai merupakan salah satu habitat yang penting di wilayah pesisir. Menurut Nybakken (1988) muara sungai digunakan untuk tempat mencari makan dan daerah asuhan bagi organisme di pantai. Di daerah ini makanan melimpah bagi organisme air dan predator relatif sedikit. Hal ini dikarenakan muara sungai mempunyai produktifitas yang tinggi dan adanya penambahan zat – zat organik atau aliran nutrien yang berasal dari aliran sungai dan air laut untuk mendukung kehidupan fitoplankton. Sementara adanya fluktuasi salinitas merupakan faktor pembatas bagi organisme perairan tersebut (Hutabarat dan Evans, 1985).

Perkembangan aktifitas manusia yang terjadi di sekitar muara sungai akan memberikan dampak adanya pencemaran perairan. Ekosistem perairan merupakan bagian integral dari lingkungan hidup manusia yang relatif banyak dipengaruhi oleh berbagai macam kegiatan manusia serta dapat dijadikan sebagai pedoman untuk kerusakan lingkungan. Segala aktifitas manusia akan menyebabkan perubahan pada ekosistem muara (Triatmodjo, 1999).

Muara Sungai Pekalongan digunakan sebagai pelabuhan perikanan yang dikenal dengan Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan (PPNP) sehingga pembuangan limbah yang berasal dari kegiatan pelabuhan maupun yang berasal dari rumah tangga ke perairan pelabuhan secara kontinyu, berkualitas

rendah dan berkuantitas besar mengakibatkan penurunan kualitas perairan. Kondisi tersebut secara jelas dapat dilihat dari perubahan kondisi air di Muara Sungai Pekalongan tersebut. Perubahan kualitas perairan dapat diketahui dari berubahnya kondisi fisik, kimia dan biologi air laut.

Pengukuran parameter fisika dan kimia hanya dapat menggambarkan kualitas lingkungan pada waktu tertentu. Untuk indikator biologi dapat memantau secara kontinyu dan merupakan petunjuk yang mudah untuk memantau terjadinya pencemaran. Keberadaan organisme perairan dapat digunakan sebagai indikator terhadap pencemaran air selain indikator kimia dan fisika. Menurut Nybakken (1992) dan Nontji (1993) organisme perairan dapat digunakan sebagai indikator pencemaran karena habitat, mobilitas dan umurnya yang relatif lama mendiami suatu wilayah perairan tertentu (www.journals.tubitak.gov.tr, 2004; www.sccwrp.org, 2004; www.elsevier.com, 2004). Dampak adanya pencemaran akan mengakibatkan keanekaragaman spesies menurun (Sastrawijaya, 2000). Menurut Syafrudin (2004) akibat adanya pencemaran terhadap organisme perairan adalah menurunnya keanekaragaman dan kelimpahan hayati pada lokasi yang terkena dampak pembuangan limbah.

Hewan makrobenthos adalah organisme yang hidupnya menetap di dasar perairan dan mempunyai pergerakan yang sangat lamban. Kelompok hewan makrobentos dapat digunakan sebagai indikator pencemaran perairan. Apabila terjadi perubahan lingkungan yang diakibatkan oleh pencemaran, maka hewan makrobenthos tidak berpindah menuju daerah yang sesuai untuk kelangsungan

hidupnya. Hewan makrobenthos relatif mudah diidentifikasi dan adanya akumulasi bahan pencemar di dalam hewan makrobenthos. Apabila pencemaran meningkat, maka akan mempengaruhi jumlah dari spesies yang ada, sebab hanya beberapa spesies atau spesies tertentu yang dapat bertahan dan adanya spesies yang mendominasi (Hart dan Fuller, 1979 *dalam* Ruswahyuni, 1988).

Plankton yang mempunyai sifat selalu bergerak dapat juga dijadikan indikator pencemaran perairan. Plankton akan bergerak mencari tempat yang sesuai dengan hidupnya apabila terjadi pencemaran yang mengubah kondisi tempat hidupnya. Dengan demikian terjadi perubahan susunan komunitas organisme di suatu perairan di mana hal ini dapat dijadikan petunjuk terjadinya pencemaran di perairan. Dalam hal ini terdapat jenis-jenis plankton yang dapat digunakan sebagai petunjuk untuk mengetahui hal tersebut sesuai dengan kondisi biologi perairan tersebut (Mulyono, 1992).

Nilai pendekatan terhadap besarnya penurunan kualitas perairan pada titik dan sepanjang lokasi pembuangan limbah dinyatakan dalam suatu indeks kualitas perairan. Indeks kualitas perairan (*water quality*) disusun berdasarkan perubahan parameter fisika dan kimia yang diduga merupakan parameter penentu terhadap perubahan kondisi perairan. Parameter fisika kimia menggambarkan perubahan lingkungan pada saat tertentu (*temporer*) sehingga untuk perairan dinamis kurang memberikan gambaran sesungguhnya. Penurunan kualitas lingkungan dapat juga diketahui dari indeks keanekaragaman dan keseragaman hayati yang menggambarkan banyaknya

dan komposisi organisme yang mampu bertahan hidup dengan kondisi lingkungan yang berubah sehingga dapat memberikan gambaran perubahan faktor lingkungan dari waktu ke waktu (www.ut.ac.id, 2004; www.elsevier.com, 2001; Ott, 1987)

Pemantauan dan pengelolaan kualitas perairan pada muara sungai memerlukan metode pengambilan keputusan yang cepat dan teliti mengenai kondisi perairan saat ini. Kemudian dapat segera dilakukan tindakan yang tepat sasaran yang dapat mereduksi besarnya polutan dan menyelamatkan kehidupan biota laut.

1.2. Pendekatan Masalah

Pembuangan limbah dari kegiatan pelabuhan secara kontinyu ke perairan Muara Sungai Pekalongan menyebabkan perubahan kualitas perairan berdasarkan peruntukannya. Perubahan tersebut dapat dijadikan suatu model indeks kualitas perairan untuk mengetahui keadaan perairan saat ini sehingga menjadi dasar untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan lingkungan khususnya perairan pelabuhan.

Kondisi perairan yang terkena buangan limbah tersebut menyebabkan kawasan pelabuhan menjadi lingkungan yang tidak nyaman untuk kegiatan niaga, industri, wisata bahari dan perkantoran. Sementara muara sungai tersebut menjadi tempat berbagai jenis organisme untuk mencari makan dan bereproduksi (Hutabarat, 2000). Untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu perairan termasuk Muara Sungai Pekalongan dapat menggunakan tropik

saprobik yang digambarkan dengan banyaknya organisme indikator pencemaran. Menurut Anggoro (1988) bahwa analisis TROSAP didasarkan pada hewan makrobenthos dan plankton pada berbagai tingkatan saprobitas. Di samping itu juga dilakukan analisa yang didasarkan pada keanekaragaman hewan makrobenthos.

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan antara lain :

- a. Mengkaji keanekaragaman dan keseragaman makrobentos yang berada di sepanjang Muara Sungai Pekalongan.
- b. Menganalisis tingkat saprobitas Muara Sungai Pekalongan sebagai indikator tingkat pencemaran perairan.
- c. Mengkaji kualitas perairan Muara Sungai Pekalongan berdasar indeks keanekaragaman makrobenthos dan saprobitas plankton perairan.

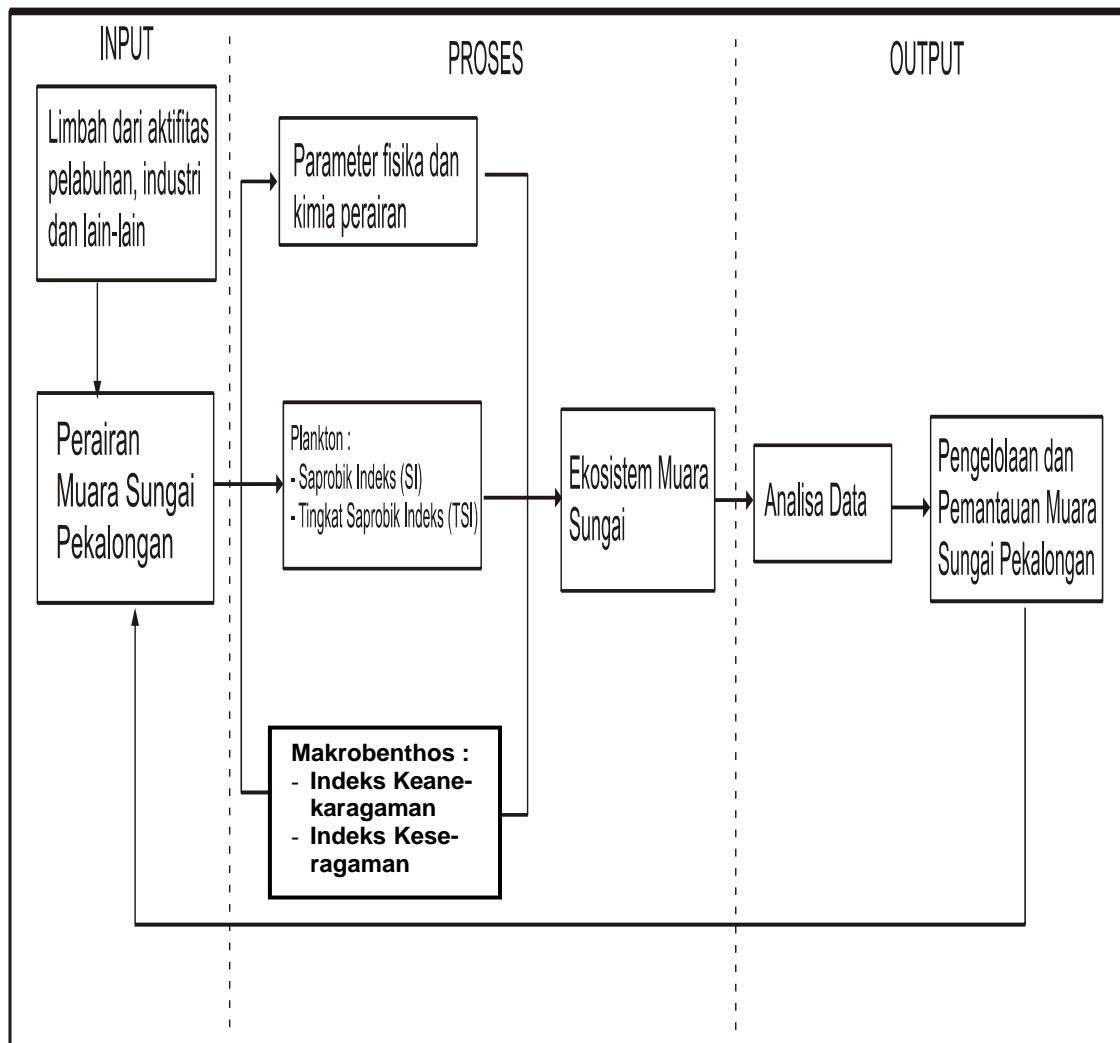
1.4. Manfaat

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai data atau bahan informasi tentang tingkat pencemaran di Muara Sungai Pekalongan.
- b. Sebagai dasar pengambilan keputusan untuk pemantauan dan pengelolaan kawasan muara sungai terutama yang berkaitan dengan kawasan pelabuhan yang berada di muara sungai.

1.5. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian ini dapat dijelaskan seperti yang tergambar dalam Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. Kerangka Pemikiran dalam Penelitian

Pembuangan limbah yang berasal dari aktifitas perkotaan (domestik), pelabuhan, industri, dan aktifitas lainnya dengan kondisi yang masih di atas

baku mutu menimbulkan perubahan kondisi perairan Muara Sungai Pekalongan dari kondisi idealnya. Bahan pencemar tersebut terbawa bersama aliran permukaan (*run off*) yang langsung ataupun tidak langsung akan menyebabkan terjadinya gangguan dan perubahan kualitas fisik, kimia, dan biologi pada perairan muara sungai tersebut yang pada akhirnya menimbulkan pencemaran. Komposisi dan struktur komunitas yang ada didalamnya juga dapat berubah.

Kualitas perairan Muara Sungai Pekalongan dapat diketahui dengan mengambil dan menganalisa sampel di lokasi tersebut yang dapat diwakili dari sampel di mulut muara dan kolam pelabuhan. Kedua area tersebut merupakan contoh wilayah yang terkena dampak pembuangan limbah baik dari aktifitas pelabuhan, industri, maupun rumah tangga yang cukup padat.

Pengamatan kualitas perairan Muara Sungai Pekalongan dilakukan dengan penentuan indeks kualitas perairan berdasar populasi plankton dan makrobenthos yang diambil pada lokasi penelitian. Dari populasi plankton diperoleh Indeks Saprobitas terdiri Saprobik Indeks (SI) dan Tingkat Saprobik Indeks (TSI). Kemudian dari populasi makrobenthos diperoleh Indeks Keanekaragaman (Indeks Diversitas) dan Indeks Keseragaman. Sebagai tambahan data untuk analisa di lokasi penelitian, perlu dilakukan pengambilan sampel dan data parameter fisika dan kimia, di samping pengambilan sampel plankton dan hewan makrobenthos. Parameter ini dapat pula digunakan sebagai faktor timbal balik terjadinya pencemaran di perairan tersebut.

Dari analisa indeks saprobitas, keanekaragaman, keseragaman, serta kondisi parameter lingkungannya akan dijadikan dasar dalam analisa data pada penelitian ini. Kesimpulan dari analisa ini dapat digunakan dalam pemantauan dan pengelolaan kawasan muara sungai yang terkena limbah bahan pencemar yang dapat berupa bahan organik dan anorganik. Dari hasil penelitian ini juga dapat menjadi pertimbangan pencegahan terjadinya pencemaran yang lebih berat lagi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ekosistem Muara Sungai

Muara sungai menurut Nybakken (1988) adalah tempat pertemuan air tawar dan air asin. Wibisono (2005) menerangkan bahwa muara sungai merupakan daerah hilir dari aliran sungai yang berdekatan dengan pantai dan atau laut. Sementara menurut Triatmodjo (1999) bahwa muara sungai adalah bagian hilir yang berhubungan dengan laut.

Muara sungai cenderung lebih produktif bila dibandingkan dengan ekosistem pembentuknya, yaitu perairan tawar dan laut (Soeyasa *et.al.*, 2001) yang disebabkan oleh :

- a. Adanya penambahan bahan-bahan organik secara terus menerus yang berasal dari air sungai dan laut.
- b. Termasuk perairan dangkal dan cukup menerima sinar matahari untuk menyokong kehidupan tumbuh-tumbuhan dan fitoplankton sebagai produsen.
- c. Dapat membersihkan daerahnya dari endapan-endapan yang kurang menguntungkan karena terjadinya pasang surut.
- d. Banyaknya detritus yang menumpuk di dalamnya karena daerah ini merupakan tempat yang relatif kecil menerima gelombang.

Kondisi fisika dan kimia muara pada umumnya mempunyai variasi yang sangat besar. Hal ini mengakibatkan organisme yang berada di perairan

tersebut menjadi tertekan. Sehingga jumlah spesies yang dapat hidup menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan perairan lainnya, seperti perairan tawar dan laut. Salah satu penyebab sedikitnya organisme di muara adalah ketidakmampuan organisme air tawar mentolerir kenaikan salinitas atau organisme laut untuk mentolerir penurunan salinitas (Soeyasa, *et.al.*, 2001).

2.2. Kolam Pelabuhan

Pelabuhan adalah suatu wilayah perairan yang tertutup sebagian dan terlindungi dari badai juga memberikan keamanan dan akomodasi untuk kapal-kapal untuk mencari persediaan bekal, pengisian bahan bakar, perbaikan dan pemindahan atau bongkar muat barang (Triatmodjo, 2003). Salah satu jenis pelabuhan adalah pelabuhan perikanan. Menurut Dirjen Perikanan (1996) bahwa pelabuhan perikanan merupakan suatu kawasan kerja meliputi areal daratan dan perairan yang dilengkapi dengan fasilitas yang dipergunakan untuk memberikan pelayanan umum dan jasa guna memperlancar aktifitas kapal perikanan, usaha perikanan dan kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan usaha perikanan.

Pada awalnya Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan (PPNP) merupakan pelabuhan umum yang pengelolaannya di bawah Departemen Perhubungan. Namun karena pemanfaatannya pada saat itu banyak dilakukan oleh kapal-kapal perikanan, maka sejak Desember 1974 pengelolaan dan assetnya diserahkan kepada Dinas Pertanian diubah statusnya menjadi Pelabuhan Khusus Perikanan dengan nama Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan (PPNP).

PPN Pekalongan adalah pelabuhan jenis muara sungai dimana lebar sungainya digunakan sebagai kolam pelabuhan dan tempat berputarnya kapal. Jarak antara kolam pelabuhan dengan muara sungai sekitar 500 m dan mempunyai tingkat sedimentasi yang tinggi sehingga mengalami pendangkalan pada muara sungai atau tertutupnya mulut muara sungai.

Menurut Abbas (1995) bahwa kolam pelabuhan dapat juga dikatakan sebagai tempat parkir kapal-kapal yang masuk ke pelabuhan. Kolam pelabuhan harus tenang, mempunyai luas dan kedalaman yang cukup. Sehingga memungkinkan kapal berlabuh dengan aman dan memudahkan bongkar muat barang. Menurut Triatmodjo (2003) dengan memperhitungkan gerak osilasi kapal karena pengaruh alam seperti gelombang, angin dan arus pasang surut, kedalaman kolam pelabuhan adalah 1,1 kali draft kapal pada muatan penuh di bawah elevasi muka air rencana.

Kolam pelabuhan menurut fungsinya terbagi menjadi dua yaitu sebagai alur pelayaran yang merupakan pintu masuk kolam sampai dengan dermaga dan berfungsi sebagai kolam putar yaitu daerah perairan untuk berputarnya kapal (Direktorat Jendral Perikanan, 1991).

Kolam pelabuhan yang baik harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Cukup luas sehingga mampu menampung semua kapal yang datang berlabuh dan masih dapat bergerak dengan bebas.
- Cukup lebar sehingga kapal dapat berputar dengan bebas, jika bisa merupakan gerak melingkar tanpa putus.

- Cukup dalam sehingga kapal terbesar masih bisa masuk di dalam kolam pelabuhan pada saat air surut.
- Terlindung dari pengaruh gelombang dan arus yang berbahaya.

Luas kolam pelabuhan yang digunakan untuk mengubah arah kapal minimum adalah luas lingkaran dengan jari-jarinya dua kali panjang kapal maksimum yang akan menggunakan (Direktorat Jenderal Perikanan, 1981).

2.3. Plankton

Plankton adalah suatu komunitas meliputi tumbuhan dan hewan yang terdiri dari organisme yang melayang baik yang mampu melawan arus maupun yang tidak. Plankton berdasarkan ukurannya dapat dibagi menjadi 4 (empat) kelompok yaitu: *ultra nanoplankton* (<2mikron); *nannoplankton* (2-20 mikron); *mikroplankton* (20-200 mikron); *makroplankton* (200-2000 mikron).

Ada dua golongan besar plankton yaitu fitoplankton dan zooplankton (Mulyanto, 1992). Fitoplankton adalah golongan plankton yang mempunyai klorofil di dalam tubuhnya. Daerah hidup fitoplankton adalah di lapisan yang masih terdapat sinar matahari. Fitoplankton dapat membuat makanannya sendiri dengan mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis dengan menggunakan bantuan sinar matahari. Zooplankton adalah golongan plankton yang tidak mempunyai klorofil di dalam tubuhnya dan pada umumnya menjauhi sinar matahari. Zooplankton terdiri dari *holozooplankton*, yang selama siklus hidupnya sebagai plankton dan

merozooplankton, yang sebagian siklusnya sebagai plankton, setelah dewasa tidak bersifat sebagai plankton (Mulyanto, 1992).

Plankton di muara sangat sedikit dalam jumlah jenis dan pada umumnya didominasi oleh jenis Diatom. Genera Diatom yang mendominasi adalah *Skeletonema* sp., *Asterionella* sp., *Chaetoceros* sp., *Nitzchia* sp. Zooplankton di muara merupakan gambaran fitoplankton dalam keterbatasan dengan komposisi spesies. Komposisi spesies juga bervariasi, baik secara musiman mengikuti gradien salinitas ke arah hulu. Zooplankton laut yang khas yang terbawa ke luar dan masuk bersama pasang surut meliputi spesies dari genera Copepoda *Eurytemora* sp., *Acartia* sp., *Pseudodiaptomus* sp., dan *Centropages* sp. sementara dari Amfipoda, yaitu *Gammarus* sp. (Nybakken, 1988). Sedangkan menurut Barnes (1976), fitoplankton yang sering dijumpai di daerah muara adalah genera dari Diatom yaitu *Asterionella* sp., *Skeletonema* sp., *Nitzchia* sp., *Thalassionema* sp., *Chaetoceros* sp., dan *Milosira* sp. Sedangkan genera dari Dinoflagelata adalah *Gymnodinium* sp. dan *Gonyaulax* sp. Genera zooplankton yang ditemukan di muara adalah *Acartia* sp., *Eurytemora* sp., *Pseudodiaptomus* sp., *Podon* sp., *Centropagus* sp., dan *Pseudocalanus* sp.

2.4. Hewan Makrobenthos

Benthos adalah organisme yang hidupnya di dasar perairan (Hutabarat dan Evans, 1985) yang dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu fitobenthos dan hewan benthos. Berdasarkan ukuran hewan Benthos dapat

dibagi menjadi 4 jenis, yaitu : *megalobenthos* (>4,7 mm); *makrobenthos* (1,4 – 4,7 mm); *meiobenthos* (0,5 – 1,3 mm) dan *mikrobenthos* (0,15 – 0,5 mm). Sedangkan berdasarkan tempat hidupnya hewan makrobenthos dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu epifauna, yang hidupnya di lapisan atas dasar perairan dan infauna, yang hidupnya di dalam dasar perairan (Mulyanto, 1992).

Pada umumnya benthos yang mampu bertahan hidup di muara berasal dari organisme laut bukan dari air tawar. Hal ini dikarenakan organisme laut lebih mampu mentolerir perubahan salinitas yang besar dari pada spesies tawar menghadapi kenaikan salinitas. Organisme yang mampu bertahan hidup di daerah muara yaitu dari kelompok Polychaeta yaitu *Nereis* sp., berbagai tiram (*Crassorea* sp., *Ostrea* sp.), kerang (*Scrobicularia* sp., *Macoma* sp., *Rangia* sp.), berbagai siput kecil (*Hydrobia* sp.) dan *Palaemonetes* sp. yang termasuk dalam udang atau Crustacea (Nybakken, 1988). Sementara menurut Barnes (1976), organisme yang hidup di muara sungai adalah *Macoma* sp., *Cardium* sp., *Scrobicularia* sp., *Mya* sp., *Hydrobia* sp., *Nereis* sp., *Nephtys* sp., *Pygospio* sp., *Sphaeroma* sp., *Nemysis* sp. Beberapa spesies yang hidup di muara sungai berasal dari Polychaeta, Crustacea, Mollusca, kerang, anemon laut, kepiting, teritip, dan bintang laut (Supriharyono, 2000).

2.5. Saprobitas

Saprobitas perairan adalah keadaan kualitas air yang diakibatkan adanya penambahan bahan organik dalam suatu perairan yang biasanya indikatornya

adalah jumlah dan susunan spesies dari organisme di dalam perairan tersebut. Lebih jelasnya saprobitas perairan diidentifikasi melalui analisa TROSAP. Analisa ini menitikberatkan kepada evaluasi parameter penyubur (*Tropic Indikator*) dan parameter pencemar (*Saprobic Indeks*). Analisa trosap yang menggunakan dasar evaluasi parameter penyubur (*Tropic Indikator*) menunjukkan besarnya produktifitas primer sebagai hasil bioaktivitas organisme perairan. Sedangkan untuk parameter pencemar (*Tropic Indikator*) menunjukkan aktivitas dekomposisi dari “*dead organic matter*” bersama bio akumulasi jasad renik terhadap bahan pencemar. Menurut Anggoro (1988) bahwa tingkat saprobik akan menunjukkan derajat pencemaran yang terjadi di dalam perairan dan akan diwujudkan oleh banyaknya jasad renik indikator pencemaran. Parsoone dan De Pauw (1979) dalam Anggoro (1988) menerangkan tingkat saprobitas didasarkan kepada ciri struktur komunitas yang terbagi menjadi empat tingkat seperti pada Tabel 1.

Sementara Pantle dan Buck (1955) dalam Basmi (2000), menggolongkan tingkat saprobitas sebagai berikut :

1. Polisaprobik, yaitu saprobitas perairan yang tingkat pencemarannya berat, sedikit atau tidak adanya oksigen terlarut (DO) di dalam perairan, populasi bakteri padat, dan H₂S tinggi.
2. α - Mesosaprobik, yaitu saprobitas perairan yang tingkat pencemarannya sedang sampai dengan berat, kandungan oksigen terlarut (DO) di dalam perairan meningkat, tidak ada H₂S, dan bakteri cukup tinggi.

3. β - Mesosaprobik, yaitu saprobitas perairan yang tingkat pencemarannya ringan sampai sedang, kandungan oksigen terlarut (DO) dalam perairan tinggi, bakteri sangat menurun, menghasilkan produk akhir nitrat.
4. Oligosaprobik, yaitu saprobitas perairan yang belum tercemar atau mempunyai tingkat pencemaran ringan, penguraian bahan organik sempurna, kandungan oksigen terlarut (DO) di dalam perairan tinggi, jumlah bakteri sangat rendah.

Tabel 1. Tingkat Saprobik Berdasarkan pada Ciri Struktur Komunitas

No	Tingkat Sprobitas	Ciri Struktur Komunitas
1.	Polisaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Organisme produsen sangat rendah - DO rendah dan BOD tinggi - Organisme kemolitropik dan produsen primer rendah
2.	α - Mesosaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Jumlah produsen mulai menurun - DO rendah dan BOD tinggi - Muncul fitoplankton yang terdiri dari Diatom, Cyanopiceae dan Blue Green Algae
3.	β - Mesosaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Jumlah organisme produsen, konsumen, dan dekomposer seimbang. - Struktur komunitas organisme melimpah dalam jenis dan jumlah spesies. - Oksidasi dengan reduksi imbang.
4.	Oligosaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Jumlah organisme produsen, konsumen, dan dekomposer seimbang. - Struktur komunitas organisme sangat melimpah dalam jenis dan jumlah spesies. - Variasi jenis rendah dan didominasi jenis kecil. - Organisme sensitif tipe trophik dan kemolitrophik (Produsen primer lebih besar dari konsumen dan decomposer).

Tingkat saprobitas perairan ditentukan berdasarkan nilai Saprobik Indeks (SI), Tropik Saprobik Indeks (TSI) (Lee *et al* (1987) dan Knobs (1978) dalam Anggoro (1988). Kriteria selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Tingkat Saprobitas Perairan

Nilai SI dan TSI	Tingkat Saprobitas	Indikasi
≤ -3 s/d -2	Polisaprobik	Pencemaran berat
≤ -2 s/d $0,5$	α - Mesosaprobik	Pencemaran sedang sampai berat
$0,5$ s/d $1,5$	β - Mesosaprobik	Pencemaran ringan sampai sedang
$1,5$ s/d $2,0$	Oligosaprobik	Pencemaran ringan atau belum tercemar

Menurut Anggoro (1988) bahwa berdasarkan organisme saprobik yang mendominasi di suatu perairan, maka tingkat pencemaran dapat dibagi menjadi empat tingkat yaitu pencemaran berat, pencemaran sedang sampai berat, pencemaran ringan sampai sedang, dan pencemaran ringan atau belum tercemar seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan Kelompok Organisme Perairan dengan Tingkat Pencemaran Perairan

Kelompok Organisme	Tingkat pencemaran lingkungan
Polisaprobik	Pencemaran berat
α - Mesosaprobik	Pencemaran sedang sampai berat
β - Mesosaprobik	Pencemaran ringan sampai sedang
Oligosaprobik	Pencemaran ringan atau belum tercemar

Antara bahan pencemar dengan indeks saprobitas dapat dihubungkan pada tingkat pencemaran perairan (Suwondo *et al*, 2004). Interpretasi indeks saprobitas terhadap pada masing-masing tingkat pencemaran tersebut dapat dijelaskan melalui Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan Antara Indeks Saprobitas Perairan dengan Tingkat Pencemaran Perairan

Bahan Pencemar	Tingkat Pencemar	Tingkat Saprobitas	Indeks Saprobitas
Bahan Organik	Sangat berat	Poli saprobik	-3,0 s/d -2,0
	Cukup berat	Poli / α – meso saprobik	-2,0 s/d -1,5
		α – meso / poli saprobik	-1,5 s/d -1,0
		α - mesosaprobik	-1,0 s/d -0,5
Bahan Organik dan Anorganik	Sedang	α/β – meso saprobik	-0,5 s/d 0,0
		β/α – meso saprobik	0,0 s/d +0,5
	Ringan	β – meso saprobik	+0,5 s/d +1,0
		β – meso/oligo saprobik	+1,0 s/d +1,5
Bahan Organik dan Anorganik	Sangat Ringan	Oligo/ β – meso saprobik	+1,5 s/d +2,0
		Oligo saprobik	+2,0 s/d +3,0

Organisme renik di perairan terdiri dari berbagai jenis plankton atau algae yang memiliki sifat yang khas sehingga memungkinkan hidup pada lingkungan tertentu. Jenis-jenis organisme saprobitas yang berada pada lingkungan tercemar akan berbeda satu dengan yang lainnya. Keadaan ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di perairan tersebut (Basmi, 2000). Menurut Liebmann (1962) dalam Basmi (2000) bahwa berdasarkan organisme penyusunnya, maka tingkat saprobitas dapat dibagi menjadi empat kelompok seperti dalam Tabel 5.

Tabel 5. Organisme Penyusun Kelompok Saprobitas

Kelompok Saprobitas	Organisme Penyusun	
Kelompok Polisaprobik (A)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Zoogla ramigera</i> 2. <i>Sarcina paludosa</i> 3. <i>Beggiota alba</i> 4. <i>Streptococcus margariticus</i> 5. <i>Sphaerotilus oxaliferum</i> 6. <i>Chlorobacterium agregatum</i> 7. <i>Ascilatoria putrida</i> 8. <i>Spirullina jenneri</i> 9. <i>Chromatum okenii</i> 10. <i>Trigonomonas compressa</i> 11. <i>Bodoputrisnus sp.</i> 12. <i>Tubifex rivulorum</i> 13. <i>Hexotrica caudate</i> 14. <i>Acrhomatium oxaliferum</i> 15. <i>Tetramitus pyriformis</i> 16. <i>Euglena viridis</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 17. <i>Enchelys caudate</i> 18. <i>Glaucoma scintilans</i> 19. <i>Trimyema compressa</i> 20. <i>Metopus sp.</i> 21. <i>Saprodenium dentatum</i> 22. <i>Vorticella microstoma</i> 23. <i>Rotary neptunia</i> 24. <i>Larva of eriscalis</i> 25. <i>Colpidium colpoda</i> 26. <i>Lamprocystis rose p.</i> 27. <i>Bidullphia sp.</i> 28. <i>Clamydomnas sp.</i> 29. <i>Pelomixa palustris</i> 30. <i>Chiromonas thummi</i> 31. <i>Caenomopha medusula</i>
Kelompok α -Mesosaprobik (B)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Lenamitus lacteus</i> 2. <i>Oscillatoria Formosa</i> 3. <i>Nitzschia palaea</i> 4. <i>Chilomonas paramecium</i> 5. <i>Hantzchia amphioxys</i> 6. <i>Stephanodiscus sp.</i> 7. <i>Stentor coerolus</i> 8. <i>Spirostomum ambigum</i> 9. <i>Spharium cornium</i> 10. <i>Uronema marinum</i> 11. <i>Chilodenella uncinata</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 12. <i>Closterium uncinata</i> 13. <i>Closterium acresum</i> 14. <i>Anthophsa vegetans</i> 15. <i>Vorticella convalararis</i> 16. <i>Stratomis chamaelon</i> 17. <i>Herpobdella atomaria</i> 18. <i>Coelastrum sp.</i> 19. <i>Chaetoceros sp.</i> 20. <i>Rhizosolenia sp.</i> 21. <i>Navicula sp.</i> 22. <i>Eudorina sp.</i>
Kelompok β -Mesosaprobik (C)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Asterionella Formosa</i> 2. <i>Oscillatoria rubescens</i> 3. <i>Oscillatoria redeksii</i> 4. <i>Melosira varians</i> 5. <i>Colleps hirtus</i> 6. <i>Scenedesmus caudricaudata</i> 7. <i>Aspedisca lynceus</i> 8. <i>Synura uwellia</i> 9. <i>Tabellaria fenestrata</i> 10. <i>Paramecium bursaria</i> 11. <i>Cladophora erispate</i> 12. <i>Spyrogira crassa</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 13. <i>Polycelis cornuta</i> 14. <i>Uroglena volvox</i> 15. <i>Stylaria lacustris</i> 16. <i>Hydropsyche lepida</i> 17. <i>Cloendipterum larva</i> 18. <i>Branchionus ureus</i> 19. <i>Actyosphaerium eichhornii</i> 20. <i>Nauplius sp.</i> 21. <i>Anabaena sp.</i> 22. <i>Hidrocillus sp.</i> 23. <i>Ceratium sp.</i>
Kelompok Oligosaprobik (D)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Cyclotella bodanica</i> 2. <i>Synedra acus var.</i> 3. <i>Holteria cirrivera</i> 4. <i>Holopedium gebberum</i> 5. <i>Tabellaria flocculosa</i> 6. <i>Bibochaesta mirabilis</i> 7. <i>Strombidinopsis sp.</i> 8. <i>Staurastrum puntulatum</i> 9. <i>Ulotrix zonata</i> 10. <i>Vorticella nebulivera</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 11. <i>Clodophora glomera</i> 12. <i>Eastrum oblongum</i> 13. <i>Fontilus antipyrotica</i> 14. <i>Planaria gonochepala</i> 15. <i>Larva of oligoneura</i> 16. <i>Larva of perla bipunctata</i> 17. <i>Notholca longispina</i> 18. <i>Skeletonema sp.</i> 19. <i>Pinnularia sp.</i>

Nilai indeks keanekaragaman dan TSI dapat dihubungkan dengan tingkat saprobitas dan kondisi pencemaran suatu perairan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (1995) hubungan tersebut dapat diuraikan seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Hubungan Keanekaragaman Makrobenthos dengan Tingkat Pencemaran Perairan

Nilai TSI	H'	Tingkat Saprobitas	Indikasi
≤ -3 s/d -2	< 1	Polisaprobik	Pencemaran berat
-2 s/d $0,5$	$1 - 1,5$	α - Mesosaprobik	Pencemaran sedang sampai berat
$0,5$ s/d $1,5$	$1,5 - 2$	β - Mesosaprobik	Pencemaran ringan sampai sedang
$1,5$ s/d $2,0$	>2	Oligosaprobik	Pencemaran ringan / belum tercemar

2.6. Kelimpahan Individu, Indeks Keanekaragaman dan Indeks Keseragaman

Kelimpahan organisme dalam perairan dapat dinyatakan sebagai jumlah individu per liter. Murdjani dan Darmawan (2005) menggolongkan perairan berdasarkan kelimpahan individu yaitu suatu perairan dengan kelimpahan <10.000 Ind/L adalah termasuk dalam perairan dengan tingkat kelimpahan rendah (Oligotrooph), kelimpahan antara $10.000 - 12.000$ Ind/L termasuk dalam tingkat sedang (Mesotrooph), dan perairan dengan kelimpahan >12.000 Ind/L adalah tingkat tinggi (Eutrooph).

Indeks keanekaragaman yaitu suatu pernyataan sistematis yang melukiskan struktur komunitas untuk mempermudah menganalisis informasi tentang jumlah dan macam organisme (Odum, 1971). Kisaran total indeks

keanekaragaman dapat diklasifikasikan sebagai berikut (modifikasi Wilhm dan Dorris (1968) dalam Dianthani (2003) :

- $H' < 2,3026$: keanekaragaman kecil dan kestabilan komunitas rendah
- $2,3026 < H' < 6,9078$: keanekaragaman sedang dan kestabilan komunitas sedang
- $H' > 6,9078$: keanekaragaman tinggi dan kestabilan komunitas tinggi

Berdasarkan indeks keanekaragaman juga dapat ditentukan kriteria mutu kualitas perairan (modifikasi Wilhm dan Dorris (1968) dalam Dahuri (1995). Apabila indeks keanekaragaman >3 berarti perairan tidak tercemar. Perairan termasuk tercemar sedang bila H' dalam kisaran 1 - 3. Yang terakhir perairan termasuk tercemar berat bila $H' < 1$.

Indeks keseragaman adalah perbandingan keanekaragaman maksimal dalam suatu komunitas. Nilai indeks keseragaman antara 0 – 1, makin besar nilainya berarti penyebaran individu tiap jenis atau genera semakin merata dan tidak ada spesies yang mendominasi, begitu pula sebaliknya.

2.7. Faktor Pembatas

Keberadaan organisme saprobik sebagai indikator perairan juga ditentukan oleh sifat fisika perairan terdiri dari kecepatan arus, suhu, kecerahan dan kedalaman serta sifat kimia perairan terdiri dari derajat keasaman (pH), Oksigen Terlarut (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical*

Oxygen Demand (COD). Faktor lingkungan yang memegang peranan penting untuk penyebaran Polychaeta sangat banyak yang pada umumnya adalah faktor abiotik yaitu : kecerahan dan kedalaman, substrat perairan, suhu, salinitas, derajat keasaman, kandungan oksigen terlarut (DO), bahan organik, BOD, COD serta sebagian faktor biotik terdiri persediaan makanan dan komposisi jenis dari suatu komunitas (Reish 1979).

2.7.1. Kedalaman dan Kecerahan

Kedalaman perairan mempengaruhi jumlah dan jenis hewan makrobenthos. Kedalaman air juga mempengaruhi kelimpahan dan distribusi hewan makrobenthos. Perairan dengan kedalaman air yang berbeda akan dihuni oleh makrobenthos yang berbeda pula dan terjadi stratifikasi komunitas yang berbeda. Perairan yang lebih dalam mengakibatkan makrobenthos mendapat tekanan fisiologis dan hidrostatis yang lebih besar (Reish, 1979).

Kedalaman perairan juga mempengaruhi penetrasi sinar matahari ke dalam perairan sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi kebutuhan oksigen dan pertumbuhan organisme benthik (Sukarno, 1981).

Tang dan Kasmawati (1992), mengatakan bahwa produktivitas perairan berkurang dan mengakibatkan rendahnya kepadatan hewan makrobenthos pada perairan yang lebih dalam dikarenakan kandungan bahan-bahan organik yang lebih sedikit atau kurang melimpah.

Interaksi antara kekeruhan dan kedalaman perairan akan mempengaruhi penetrasi cahaya matahari sehingga mempengaruhi

kecerahan suatu perairan. Kecerahan perairan juga banyak dipengaruhi oleh bahan-bahan halus yang melayang dalam perairan, baik berupa bahan organik (plankton, jasad renik, detritus) maupun bahan anorganik (partikel lumpur dan pasir).

Kecerahan dipengaruhi zat-zat yang terlarut dalam perairan sehingga berhubungan dengan penetrasi sinar matahari. Menurut Nybakken (1988) makin tinggi kecerahan, maka intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan akan semakin besar.

Kecerahan perairan berlawanan dengan kekeruhan yang juga disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut, maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lainnya. Akibat kekeruhan yang tinggi dapat mengganggu sistem pernafasan dan daya lihat organisme akuatik, serta dapat menghambat penerasi cahaya ke dalam air (Effendi, 2003).

2.7.2. Temperatur

Salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme adalah temperatur (Nybakken, 1988). Termasuk hewan makrobenthos juga dipengaruhi oleh temperatur perairan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Menurut Effendi (2003) bahwa kisaran temperatur yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton secara umum di perairan adalah 20 °C–30 °C. Pertumbuhan yang optimal Filum Chlorophyta akan terjadi pada

kisaran temperatur 30 °C – 35 °C dan untuk Diatom pada temperatur 20 °C – 30 °C.

Phylum Cyanophyta dapat bertoleransi terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan Chlorophyta dan Diatom.

2.7.3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan suatu ukuran dari konsentrasi ion hidrogen. Kondisi tersebut akan menunjukkan suasana air itu bereaksi asam atau basa. Nilai pH berkisar mulai dari angka 0 hingga 14, nilai 7 menunjukkan kondisi bersifat netral. Nilai pH di bawah 7 menunjukkan kondisi bersifat asam dan nilai di atas 7 bersifat basa (Boyd, 1991).

Menurut Effendi (2003) sebagian besar organisme air peka terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7 – 7,5. Apabila nilai pH 6,0 – 6,5 akan menyebabkan keanekaragaman plankton dan hewan makrobenthos akan menurun.

2.7.4. Salinitas

Salinitas akan mempengaruhi penyebaran organisme baik secara horisontal maupun secara vertikal (Odum, 1971). Salinitas juga akan mempengaruhi penyebaran plankton, hewan makrobenthos dan organisme perairan lainnya. Penurunan salinitas dapat menentukan

distribusi dari invertebrata perairan, khususnya kelas Polychaeta di muara sungai.

Muara sungai merupakan ekosistem yang mempunyai fluktuasi salinitas yang tinggi dan gradien salinitas akan tampak pada saat tertentu. Menurut Nybakken (1988) bahwa salinitas di muara sungai berkisar antara 5‰ – 30‰ Pola gradien salinitas bervariasi bergantung pada musim, topografi muara, pasang surut dan jumlah dan air tawar. Distribusi Polychaeta dapat dipengaruhi oleh perubahan salinitas terutama di daerah muara sungai. Perubahan salinitas yang sangat besar akan mengakibatkan jumlah makrobenthos sedikit (Reish, 1979).

2.7.5. Substrat Perairan

Substrat perairan muara sungai pada umumnya didominasi lumpur yang sering kali sangat lunak. Sedimen yang masuk ke dalam muara sungai baik yang dibawa oleh air tawar (sungai) maupun air laut akan membawa substrat dari jenis ini. Sungai membawa partikel lumpur dalam bentuk suspensi.

Demikian pula air laut juga mengangkut materi tersuspensi. Ketika partikel tersuspensi ini mencapai muara sungai akan bercampur dengan air laut. Percampuran antara partikel yang dibawa air laut dan sungai akan menyebabkan partikel lumpur menggumpal membentuk partikel yang lebih besar dan lebih berat serta mengendap membentuk dasar lumpur yang khas (Nybakken, 1988). Polychaeta paling banyak

dijumpai pada substrat berlumpur kemudian pasir sangat halus dan terakhir pasir halus (Reish, 1979).

2.7.6. Oksigen terlarut (DO)

Berkurangnya oksigen terlarut mengakibatkan masalah yang cukup serius pada kehidupan hewan makrobenthos. Demikian pula berkurangnya oksigen terlarut biasanya dikaitkan dengan tingginya bahan organik yang masuk ke dalam perairan. Besarnya kandungan oksigen terlarut sangat dipengaruhi oleh laju fotosintesis, respirasi, temperatur, salinitas, dan dekomposisi (Odum, 1971). Sementara menurut Davis (1955) bahwa kandungan oksigen di perairan disebabkan karena adanya aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan proses difusi.

Menurut Reish (1979) bahwa *Nereis grubei* yang merupakan spesies bioindikator perairan yang tidak tercemar dapat dijumpai pada kandungan oksigen terlarutnya (DO) 2,95 mg/L. Sementara spesies yang menjadi bioindikator perairan yang tercemar yaitu *Neanthes arenaecodentata* dan *Dorvillea articulata* dijumpai pada kisaran oksigen terlarut antara 0,65 – 0,9 mg/L. Sedangkan spesies *Capitella capitata* digunakan sebagai indikator perairan yang tercemar berat.

Reish dan Bernard (1960) telah mempelajari pengaruh kandungan oksigen terlarut di perairan terhadap *Capitella capitata* yang mengindikasikan bahwa pada saat kandungan oksigen terlarut sangat

sedikit atau tidak ada, maka *Capitella capitata* tidak akan makan dan beberapa hari kemudian akan mati. *Capitella capitata* akan makan tetapi proses reproduksi akan terhambat ketika oksigen terlarut sedikit yaitu 2,9 mg/L. Menurut Reish (1979) ketika oksigen terlarut di atas 3,5 mg/L, maka proses reproduksi akan berjalan.

2.7.7. Bahan Organik

Menurut Sutedjo dan Kartasapoetra (2002) bahwa bahan organik pada tanah adalah hasil perombakan dan penyusunan yang dilakukan jasad renik tanah. Ada beberapa hal yang mempengaruhi kadar bahan organik adalah kedalaman tanah, iklim, substrat perairan.

Bahan organik tersebut dapat dijadikan cadangan makanan bagi organisme perairan, terutama bagi organisme yang hidup di dasar perairan. Menurut Nybakken (1988) bahwa muara sungai sangat kaya akan bahan organik yang disebabkan partikel yang mengendap di air laut maupun air tawar pada umumnya mengandung bahan organik.

2.7.8. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Menurut Wardhana (2004) bahwa *Biological Oxygen Demand* (BOD) merupakan kebutuhan oksigen biologis untuk memecah bahan buangan di dalam air oleh mikroorganisme yang ada dalam perairan tersebut. BOD dapat pula digambarkan sebagai jumlah oksigen yang

dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air oleh mikroba aerob.

Menurut Effendi (2003) BOD dapat menggambarkan jumlah bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologi dan bahan organik tersebut berasal dari pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati atau merupakan hasil buangan limbah domestik dan industri.

Perairan yang belum tercemar mempunyai kadar BOD 0,5-7,0 mg/L (Jeffries dan Mills, 1996 *dalam* Effendi, 2003). Sementara perairan yang telah mengalami pencemaran mempunyai kadar BOD lebih dari 10 mg/L (Rao, 1991 *dalam* Effendi, 2003).

2.3.9. COD (Chemical Oxygen Demand)

Menurut Wardhana (2004) bahwa *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi buangan dalam air melalui reaksi kimia. Menurut Effendi (2003) bahwa *Chemical Oxygen Demand* (COD) diartikan untuk menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasikan secara biologis menjadi karbondioksida dan air. Bahan organik tersebut dapat berasal dari alam maupun aktivitas rumah tangga dan industri. Menurut Rao (1991) *dalam* Effendi (2003) perairan yang memiliki nilai COD kurang dari 20 mg/L termasuk perairan tidak tercemar. Sedangkan untuk perairan yang

tercemar mempunyai nilai COD lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L.

BAB III

MATERI DAN METODE

3.1. Materi Penelitian

Untuk pengambilan data dalam penelitian ini digunakan beberapa materi. Adapun materi utama yang diperlukan adalah plankton dan hewan makrobenthos yang diambil di lokasi penelitian yaitu di sekitar Muara Sungai Pekalongan dan kolam pelabuhan yang lebih dikenal dengan Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan (PPNP). Kedua lokasi itu saling berhubungan langsung. Kolam pelabuhan yang dimaksud letaknya memang masih di sekitar Muara Sungai Pekalongan.

Di samping pengambilan sampel plankton dan makrobenthos, juga diperlukan parameter pendukung baik fisika dan kimia. Data ini dapat diperoleh langsung dari tempat sampling atau harus melalui analisa di laboratorium. Untuk itu diperlukan materi dan peralatan sampling di lapangan maupun di laboratorium.

Daftar materi yang meliputi alat dan bahan yang digunakan selama penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Alat dan Bahan	Ketelitian/Ukuran	Kegunaan
I	Peralatan sampling		
	Van Veen Grab	0,16 m ³	Mengambil sampel benthos
	Plankton net	60 x 60 mikron	Mengambil dan menyaring sampel plankton
	Saringan benthos	1 mm	Menyortir sampel benthos
	Botol sampel	-	Tempat sampel benthos dan plankton
	Formalin	4%	Mengawetkan sampel
	Kantong plastik	-	Tempat sampel substrat
	Pipet tetes	-	Memudahkan mengawetkan sampel
	Ember plastik	10 lt	Mengambil sampel air
	Kertas label	-	Memberi tanda pada sampel
Alat tulis	-	Mencatat data	
II	Pengukuran Kualitas Air		
	Termometer	1 ⁰ C	Mengukur suhu
	Tongkat kedalaman	1 cm	Mengukur kedalaman
	Secchii disc	1 cm	Mengukur kecerahan
	Refraktometer	1 ‰	Mengukur salinitas
	pH paper	-	Mengukur pH
	Bola arus	-	Mengukur kecepatan arus
	Stop watch	1 dt	Menghitung waktu
DO meter	-	Mengukur DO	
III	Analisa Laboratorium		
	Mikroskop binokuler	10 x	Alat bantu identifikasi
	Sedgwich rafter	-	Alat bantu identifikasi
	Rose bengale	-	Membantu dalam menyortir sampel
	Lup	-	Melihat dan mengidentifikasi sampel
	Pinset	-	Mengambil sampel benthos
	Tissue	-	Membersihkan alat identifikasi

3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif yang bersifat studi kasus. Yang dimaksud studi kasus adalah studi yang mempelajari objek secara mendalam pada waktu, tempat, dan populasi yang terbatas, sehingga memberikan tentang situasi dan kondisi secara lokal dan hasilnya tidak berlaku untuk tempat dan waktu yang berbeda.

Penelitian bersifat deskriptif yaitu usaha mengungkapkan suatu penelitian dan keadaan sebagaimana adanya sehingga hanya merupakan penyingkapan fakta (Hermawan, 1997). Untuk teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian sampel (*Sample Survey Method*). Menurut Hadi (1982) bahwa pengambilan sampel dimaksud dengan mengambil data hanya sebagian dari populasi yang nantinya diharapkan dapat menggambarkan sifat populasi dari obyek penelitian.

3.3. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel dilakukan secara purposif sehingga didapat gambaran lokasi penelitian secara keseluruhan. Dengan demikian lokasi yang dimaksud harus mewakili ekosistem sekitar muara sungai dan pelabuhan di Pekalongan. Stasiun pengambilan sampel dibagi menjadi empat mulai dari muara sungai hingga ke kolam pelabuhan dengan jarak masing-masing stasiun sekitar 250 m. Pembagian lokasi pengambilan sampel terdiri dari :

- Stasiun I berada tepat di mulut muara sungai, di sekitarnya terdapat *break water* dan bagian daratannya berupa lahan kosong.

- Stasiun II berada di dekat muara sungai menuju ke hulu, di bagian tepian kirinya ada dinding tanggul dan bagian daratannya sebagian ditempati bangunan kantor.
- Stasiun III berada di dekat kolam pelabuhan menuju ke arah muara sungai, di bagian salah satu tepinya menjadi tempat tambatan kapal yang berlabuh, tepi yang lainnya terdapat timbunan tanah akibat pendangkalan, serta bagian daratannya merupakan kompleks perkantoran.
- Stasiun IV berada tepat di kolam pelabuhan, di kedua tepinya menjadi tempat tambatan kapal yang berlabuh berupa dinding beton, serta bagian daratannya merupakan tempat pelelangan ikan yang ramai.

Pengulangan dalam pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 (empat) kali yang dilakukan secara acak untuk tiap-tiap stasiun penelitian. Jeda atau interval waktu pengambilan sampel selama 2 (dua) minggu. Berdasarkan penelitian pendahuluan, jarak pengambilan sampel 2 (dua) minggu akan memperoleh sampel yang berbeda secara signifikan untuk tiap-tiap pengambilan sampel. Sampel yang didapat akan lebih mudah dianalisa. Pengambilan sampel dilakukan pada sekitar pukul 07.00 - 09.00 WIB dengan kondisi perairan sedang pasang. Pada jam tersebut lalu lintas kapal di muara sungai yang akan masuk ke pelabuhan telah sepi sehingga tidak mengganggu pelaksanaan sampling. Pengambilan sampel air maupun sedimen dilakukan dari atas kapal kecil yang disewa dari nelayan.

3.4. Metode Pengambilan dan Pengukuran Sampel

3.4.1. Pengambilan dan Penghitungan Sampel Plankton

Penelitian ini menggunakan plankton dan makrobenthos sebagai materi utama. Untuk pengambilan sampel plankton dilaksanakan dengan menggunakan metode filtrasi (Suwondo *et al*, 2004). Sampel plankton diambil dari lokasi penelitian dengan cara mengambil contoh air sebanyak 100 liter. Contoh air disaring sebanyak 100 ml dengan menggunakan planktonnet. Sampel air hasil penyaringan dimasukkan dalam botol sampel dan kemudian diberikan larutan formalin 4% (Sachlan, 1982). Kelimpahan plankton dihitung menggunakan Sedgwich Rafter, sedangkan identifikasinya menggunakan buku identifikasi : Davis (1955), Sachlan (1982), dan Swirota (1966).

3.4.2. Pengambilan dan Penghitungan Sampel Hewan Makrobenthos

Materi penelitian berupa hewan makrobenthos digunakan untuk mengetahui nilai indeks keanekaragaman dan indeks keseragaman di lokasi penelitian. Sampel hewan makrobenthos tersebut diambil dengan menggunakan grab van Veen yang mempunyai volume 0,16 m³. Alat tersebut diletakkan di dasar perairan sebanyak 5 (lima) kali di setiap stasiun pengambilan sampel.

Hewan-hewan makrobenthos yang terambil dalam grab tersebut disaring dengan menggunakan saringan benthos yang mempunyai mata

saringan berukuran 1 mm. Kemudian hasil penyaringan tersebut dimasukkan ke dalam botol sampel dan ditambahkan larutan formalin 4%. Setelah beberapa saat hasil penyaringan tersebut diberi kurang lebih 10 tetes rose bengale dan didiamkan selama kurang lebih 5 jam (Ruswahyuni, 1988).

Untuk melakukan identifikasi sampel makrobenthos tersebut, digunakan beberapa buku identifikasi. Kegiatan identifikasi dilakukan di laboratorium kampus Tembalang milik Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan, Universitas Diponegoro, dengan menggunakan mikroskop binokuler dan buku identifikasi yang digunakan adalah buku identifikasi dari Day (1967^b), Dharma (1988), dan Kinne (1977).

3.4.3. Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Pada masing-masing stasiun penelitian juga dilakukan pengamatan parameter fisika dan kimia. Pengukuran parameter perairan tersebut dilakukan secara *insitu* yang meliputi suhu menggunakan thermometer, kecerahan menggunakan secchi disk, kedalaman menggunakan tongkat kedalaman, arus menggunakan bola arus, salinitas menggunakan refraktometer, pH menggunakan pH paper, kandungan oksigen terlarut di perairan (DO) menggunakan DO meter. Untuk mengetahui nilai BOD, COD, jenis substrat perairan, dan

kandungan bahan organik harus dilakukan dengan analisa tertentu di laboratorium seperti dalam Lampiran 11, 12, 13, dan 14.

3.5. Analisis Data

Semua data yang terkumpul akan dianalisis. Adapun analisis data dilakukan secara deksriptif. Analisis jenis ini hanya dapat digunakan untuk mendapatkan gambaran umum mengenai sebaran data tapi tidak dapat digunakan untuk mengambil keputusan. Menurut Hadi (1982) analisis deskriptif digunakan untuk dapat menggambarkan mengenai situasi dan kondisi pada waktu dan tempat yang terbatas untuk mengetahui situasi dan kondisi lokal suatu lokasi yang dapat digeneralisasikan pada waktu dan lokasi yang berbeda. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafis serta dilakukan interpretasi.

3.5.1. Kelimpahan, Indeks Keanekaragaman dan Indeks Keseragaman Makrobenthos

Untuk penghitungan jumlah plankton per liter, digunakan rumus APHA, AWWA, WPOF (1976), yaitu :

$$N = \frac{T}{L} \times \frac{P}{p} \times \frac{V}{v} \times \frac{1}{w}$$

Keterangan :

N = Jumlah fitoplankton per liter

T = Luas gelas penutup (mm²)

L = Luas lapang pandang (mm²)

- P = Jumlah fitoplankton yang tercacah
- p = Jumlah lapang pandang yang diamati
- V = Volume sampel fitoplankton yang tersaring
- v = Volume sampel fitoplankton di bawah gelas penutup
- w = Volume sampel fitoplankton yang disaring (liter)

Sebagian faktor dari rumus tersebut telah diketahui pada sedgwich-rafter, seperti : $T = 1000 \text{ mm}^2$, $v = 1 \text{ ml}$, dan $L = 0,25 \mu \text{ mm}^2$ (dimisalkan satu lingkaran sama dengan luas lapang pandang pada mikroskop dengan $r = 0,5 \text{ mm}$), maka rumus tersebut menjadi :

$$N = \frac{1000 \text{ mm}^2}{0,25\pi} \times \frac{P}{10} \times \frac{V}{1 \text{ ml}} \times \frac{1}{w} \text{ atau } N = \frac{100(P \times V)}{0,25\pi w}$$

Kelimpahan individu hewan makrobenthos merupakan jumlah sampel yang didapatkan di lapangan. Kemudian satuannya merupakan hasil pengalihan antara volume van Veen Grab dengan banyaknya pengulangan yaitu : $0,16 \text{ m}^3 \times 5 = 0,8 \text{ m}^3$.

Jadi satuan kelimpahan hewan makrobenthos adalah $\text{Ind}/0,8 \text{ m}^3$.

Untuk mengetahui keanekaragaman jenis biota di lokasi penelitian dilakukan penghitungan dengan menggunakan Indeks Keanekaragaman Shanon – Weaver (Odum, 1971) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i, \text{ dimana } P_i = N_i/N$$

Keterangan :

H' = Indeks Keanekaragaman

N_i = Jumlah individu jenis ke-1

N = Jumlah individu total

Kemudian untuk mengetahui dominasi atau keseragaman jenis, dihitung indeks keseragaman hewan makrobenthos. Menurut Odum (1971) indeks keseragaman dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$e = \frac{H'}{H_{maks}} ; H_{maks} = \ln S$$

Keterangan :

e = Indeks Keseragaman

S = Jumlah jenis

3.5.2. Saprobik Indeks (SI) dan Tingkat Saprobik Indeks (TSI)

Untuk menghitung saprobitas perairan digunakan analisis trosap yang nilainya ditentukan dari Saprobik Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI). Formula yang digunakan adalah hasil formulasi Persone dan De Pauw (1983) *dalam* Anggoro (1988) :

$$SI = \frac{1C + 3D + 1B - 3A}{1A + 1B + 1C + 1D}$$

Keterangan :

SI = Saprobik Indeks

A = Jumlah Spesies Organisme Polysaprobik

B = Jumlah Spesies Organisme α -Mesosaprobik

C = Jumlah Spesies Organisme β -Mesosaprobik

D = Jumlah Spesies Organisme Oligosaprobik

$$TSI = \frac{1(nC) + 3(nD) + (nB) - 3(nA) \times nA + nB + nC + nD + nE}{1(nA) + 3(nB) + 1(nC) + 1(nD) \quad nA + nB + nC + nD}$$

Keterangan :

N = Jumlah individu organisme pada setiap kelompok saprobitas

nA = Jumlah individu penyusun kelompok Polysaprobik

nB = Jumlah individu penyusun kelompok α -Mesosaprobik

nC = Jumlah individu penyusun kelompok β -Mesosaprobik

nD = Jumlah individu penyusun kelompok Oligosaprobik

nE = Jumlah individu penyusun selain A, B, C dan D

3.6. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret – April 2008 di Muara Sungai Pekalongan yang meliputi dari kolam pelabuhan hingga mulut muara sungai. Sedangkan identifikasi biota dilakukan di Kampus Tembalang, Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Stasiun pengambilan sampel terdiri dari empat lokasi yang terdiri dari dua lokasi di kolam pelabuhan dan dua lokasi di daerah mulut muara sungai. Stasiun I dan II berada di daerah mulut muara, sementara stasiun III dan IV berada di kolam pelabuhan. Masing-masing stasiun terdiri dari empat sampel. Dengan kata lain dilakukan pengambilan sampel sebanyak empat kali untuk masing-masing stasiun. Jarak atau interval waktu pengambilan sampel satu ke

lainnya selama 2 minggu (14 hari). Sampel yang didapat ada yang harus dianalisa di laboratorium, dan ada pula yang dapat langsung dicatat sehingga dapat digunakan sebagai data penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Muara Sungai Pekalongan termasuk dalam wilayah Kelurahan Krapyak Lor dan Panjang Wetan, Kecamatan Pekalongan Utara, Kota Pekalongan. Kelurahan Krapyak Lor terletak di sebelah barat Sungai Pekalongan dan sebelah timur sungai Pekalongan adalah Kelurahan Panjang Wetan.

Secara geografis wilayah Kota Pekalongan terletak di dataran rendah pantai utara Jawa dengan ketinggian 1 m di atas permukaan laut dengan posisi geografis 109°37'55"-109°42'19" BT dan 06°50'42"-06°55'44" LS.

Secara administratif, Kota Pekalongan terdiri dari 4 (empat) kecamatan dan 46 kelurahan. Wilayah ini beriklim tropis dengan rata-rata curah hujan tahunan mencapai 2.400 mm dimana 50% hujan terjadi pada bulan – bulan basah yakni antara Desember sampai Maret dan hanya 15% terjadi pada bulan – bulan kering yaitu antara Juni sampai September. Adapun batas-batas wilayah administratif Kota Pekalongan terdiri dari :

- Sebelah utara : Laut Jawa
- Sebelah selatan : Kabupaten Pekalongan dan Kabupaten Batang
- Sebelah barat : Kabupaten Pekalongan
- Sebelah timur : Kabupaten Batang

Di daerah muara sungai Pekalongan inilah letak Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan (PPNP) yang termasuk dalam wilayah Kelurahan Panjang Wetan. PPN Pekalongan termasuk pelabuhan perikanan kelas B yang

berada pada wilayah pengelolaan perikanan (WPP-03) Laut Jawa. Menurut letak geografisnya PPN Pekalongan termasuk pelabuhan semi alam karena pelabuhan ini terletak di muara sungai yang kedua sisinya dilindungi oleh *break water*. Breakwater tersebut berfungsi untuk menahan gelombang serta melindungi daerah pedalaman perairan yang digunakan sebagai pelabuhan. Luas PPN Pekalongan sekitar 35.383,00 m² dengan fasilitas dermaga pemeriksaan untuk tambat, dermaga bongkar, dermaga muat serta kolam pelabuhan yang fungsinya juga untuk menambatkan kapal. Fasilitas fungsional yang terletak di PPNP adalah dua buah tempat pelelangan ikan yang luasnya masing-masing 1.930 m² dan 3704 m².

Muara Sungai Pekalongan merupakan akhir dari sungai Pekalongan yang melalui Daerah Aliran Sungai (DAS) meliputi Kabupaten Pekalongan, Kabupaten Batang, Sungai Sebulanan, Sungai Sikenteng, dan Sungai Sipucung. DAS Pekalongan mempunyai luas 200 km² dan mencakup dua sungai besar yakni Sungai Banger dan Sungai Pekalongan. Sungai Pekalongan yang mempunyai lebar 50 m oleh penduduk sekitar sering dikenal dengan Sungai Kupang atau Sungai Loji.

Sungai Pekalongan dan Sungai Banger sebelum tahun 2001 merupakan dua aliran sungai yang pada titik tertentu bergabung sehingga menuju satu muara yaitu Muara Sungai Pekalongan. Dengan bergabungnya dua sungai tersebut, hanya ada satu aliran dominan yang menuju Laut Jawa. Akibat adanya satu aliran tersebut, wilayah Kota Pekalongan sering terjadi banjir waktu musim penghujan. Untuk mengatasi hal yang demikian, maka dibuatlah

dua aliran yang langsung menuju ke Laut Jawa yang dikenal dengan sudetan Sungai Banger pada tahun 2002.

Pada bagian percabangan yang pertama Sungai Pekalongan menuju Sungai Banger, dibuat blok yang akan membelokkan aliran sungai lebih banyak menuju ke Sungai Banger. Aliran sungai yang masuk ke sungai Pekalongan dibatasi 200 m³/det. Kemudian pada percabangan kedua, aliran yang menuju ke Sungai Pekalongan dibendung dan dibuat saluran di daerah Krapyak Lor yang lurus menuju ke Laut Jawa. Dengan bendungan tersebut aliran sungai Pekalongan tidak ada yang menimbulkan daerah genangan atau banjir. Untuk menghindari terjadinya erosi tanah pada waktu musim penghujan, tebing atau dinding sungai diberi tanggul dan bronjong. Hal ini juga untuk mengurangi tingkat sedimentasi di sungai yang disebabkan erosi dinding tanah di sekitar aliran Sungai Pekalongan.

Adanya proses sedimentasi di muara sungai ini juga yang menjadi kendala bagi pengembangan pelabuhan perikanan yang terletak di muara sungai tersebut. Proses sedimentasi ini disebabkan oleh terbawanya bermacam-macam bahan sedimen yang cukup tinggi seperti pasir, lumpur, serta sampah dikarenakan letak PPNP (Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan) berada di muara sungai Pekalongan yang aliran sungai sebelumnya melewati daerah hutan, perkebunan, pertanian, dan pemukiman. Menurut data dari PT Barunadri Engineering Consultan, pada tahun 1999 tingkat sedimentasi di PPNP mencapai 61.781,64 ton per tahun. Pihak pengelola pelabuhan harus mengeluarkan biaya tersendiri yang jumlahnya sangat besar untuk mengeruk

endapan hasil sedimentasi di muara sungai yang menjadi jalur keluar masuk pelabuhan tersebut.

4.2. Hasil Penelitian

4.2.1. Plankton

Dalam penelitian jumlah plankton di Stasiun I didapatkan sejumlah 12 genera dengan kelimpahan rata-rata sebesar 15.350 individu/L seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun I (Individu/L)

No.	Kelompok Saprobitas	Spesies	Kelimpahan Individu (Ind/L)				
			1	2	3	4	Rata2
1	α Mesosa-probik	<i>Chaetoceros</i> sp.	2.930	3.567	3.822	4.841	3.790
2		<i>Rhizosolenia</i> sp.	764	510	1.146	1.783	1.051
3		<i>Coelastrum</i> sp.	255	127	127	0	127
4		<i>Nitzschia</i> sp.	510	382	1.146	764	701
5	β Mesosa-probik	<i>Ceratium</i> sp.	382	510	637	637	541
6		<i>Hydrodictyon</i> sp.	0	0	0	0	0
7		<i>Asterionella</i> sp.	3.694	3.694	3.949	3.822	3.790
8		<i>Actinosphaerium</i> sp.	255	382	382	892	478
9		<i>Nauplius</i> sp.	764	1.019	1.401	1.529	1.178
10	Oligosa-probik	<i>Skeletonema</i> sp.	127	127	127	255	159
11	Non saprobik	<i>Bacteriastrum</i> sp.	1.656	1.401	2.166	2.548	1.943
12		<i>Coscinusdiscus</i> sp.	510	637	1.146	892	796
13		<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0	0
14		<i>Pleurosigma</i> sp.	510	764	764	1.146	796
		Jumlah	12.357	13.121	16.815	19.108	15.350

Kelimpahan tertinggi pada pengambilan sampel yang keempat yang dengan jumlah plankton 19.108 individu/L. Dalam hal jenis kelimpahan plankton yang tertinggi yaitu *Chaetoceros* sp. dan

Asterionella sp. dengan kelimpahan rata-rata 3.790 individu/L. Sementara jenis plankton yang mempunyai kelimpahan terendah yaitu *Coelastrum* sp. dengan kelimpahan 127 individu/L.

Tabel 9. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun II (Individu/L)

No.	Kelompok Saprobitas	Spesies	Kelimpahan Individu (Ind/L)				
			1	2	3	4	Rata2
1	α Mesosa-probik	<i>Chaetoceros</i> sp.	3.057	3.185	4.076	5.860	4.045
2		<i>Rhizosolenia</i> sp.	1.146	1.019	1.529	1.911	1.401
3		<i>Coelastrum</i> sp.	127	255	127	510	255
4		<i>Nitzschia</i> sp.	510	510	510	637	541
5	β Mesosa-probik	<i>Ceratium</i> sp.	764	637	1.656	1.146	1.051
6		<i>Hidrodiction</i> sp.	892	637	1.019	1.529	1.019
7		<i>Asterionella</i> sp.	3.567	3.694	4.204	4.331	3.949
8		<i>Actinosphaerium</i> sp.	1.146	1.274	1.146	1.656	1.306
9		<i>Nauplius</i> sp.	1.019	1.146	1.146	1.146	1.115
10	Oligosa-probik	<i>Skeletonema</i> sp.	127	255	255	510	287
11	Non saprobik	<i>Bacteriastrum</i> sp.	1.911	2.293	2.675	2.548	2.357
12		<i>Coscinusdiscus</i> sp.	764	1.146	1.529	1.401	1.210
13		<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0	0
14		<i>Pleurosigma</i> sp.	637	892	1.274	1.401	1.051
		Jumlah	15.669	16.943	21.146	24.586	19.586

Jumlah plankton di lokasi penelitian pada Stasiun II didapatkan sejumlah 13 genera dengan kelimpahan rata-rata sebesar 19.586 individu/L. Kelimpahan tertinggi pada pengambilan sampel yang keempat yang dengan jumlah plankton 24.586 individu/L. Dalam hal jenis kelimpahan plankton yang tertinggi yaitu *Chaetoceros* sp. dengan kelimpahan rata-rata 4.045 individu/L. Sementara jenis plankton yang mempunyai kelimpahan terendah yaitu *Coelastrum* sp. dengan

kelimpahan 255 individu/L. Adapun data kelimpahan plankton di Stasiun II selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9 di atas.

Plankton di Stasiun III mempunyai kelimpahan rata-rata sebesar 23.822 individu/L yang terdiri dari 13 genera. Jenis plankton yang mempunyai kelimpahan tertinggi yaitu *Chaetoceros sp.* dengan kelimpahan rata-rata 5.955 individu/L. Sementara jenis plankton yang mempunyai kelimpahan terendah yaitu *Hidrodictyon sp.* dengan kelimpahan 287 individu/L. Pengambilan sampel yang keempat menunjukkan kelimpahan yang tertinggi dibanding pengambilan sampel sebelumnya. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun III (Individu/L)

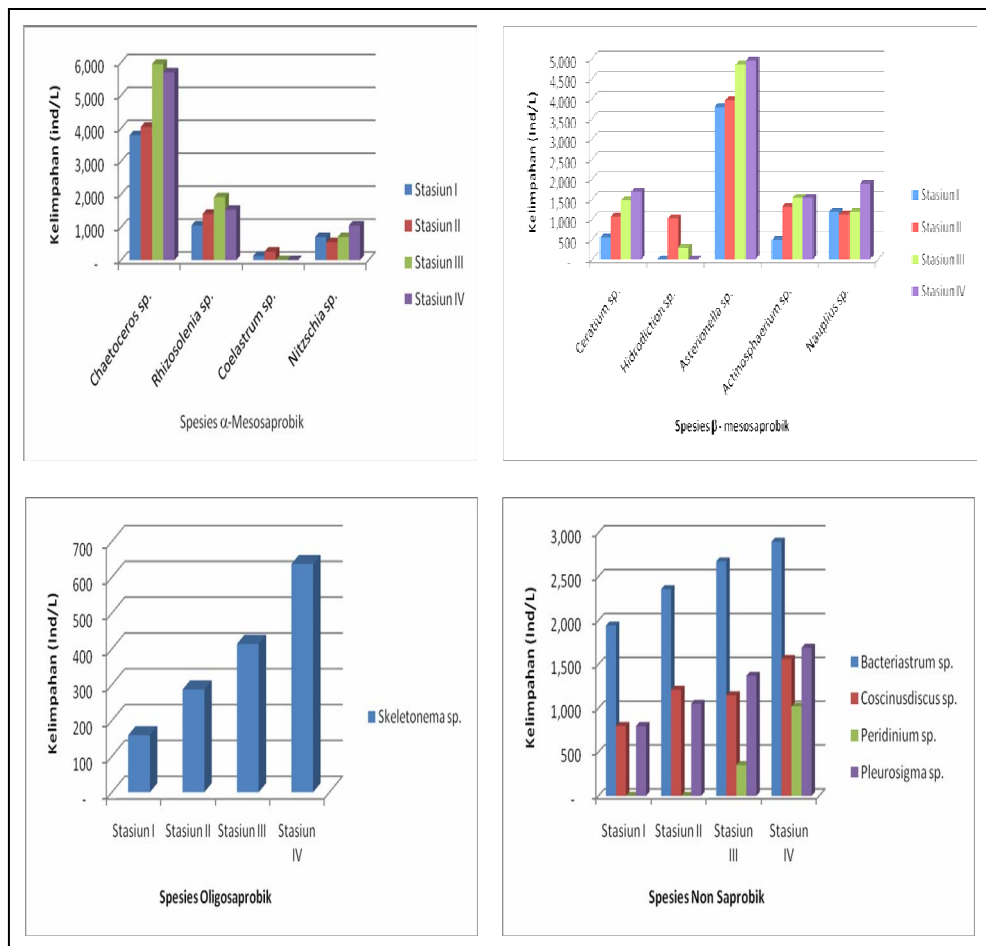
No.	Kelompok Saprobitas	Spesies	Kelimpahan Individu (Ind/L)				
			1	2	3	4	Rata2
1	α Mesosa-probik	<i>Chaetoceros sp.</i>	4.586	4.713	6.624	7.898	5.955
2		<i>Rhizosolenia sp.</i>	2.548	1.019	2.166	1.911	1.911
3		<i>Coelastrum sp.</i>	0	0	0	0	0
4		<i>Nitzschia sp.</i>	510	510	510	1.274	701
5	β Mesosa-probik	<i>Ceratium sp.</i>	1.401	1.529	1.401	1.529	1.465
6		<i>Hidrodictyon sp.</i>	0	510	255	382	287
7		<i>Asterionella sp.</i>	3.822	4.076	5.605	5.860	4.841
8		<i>Actinosphaerium sp.</i>	637	1.146	2.038	2.293	1.529
9		<i>Nauplius sp.</i>	764	1.783	892	1.274	1.178
10	Oligosa-probik	<i>Skeletonema sp.</i>	0	510	382	764	414
11	Non saprobik	<i>Bacteriastrum sp.</i>	2.420	2.803	2.803	2.675	2.675
12		<i>Coscinusdiscus sp.</i>	892	637	1.274	1.783	1.146
13		<i>Peridinium sp.</i>	127	127	255	892	350
14		<i>Pleurosigma sp.</i>	1.146	1.146	1.529	1.656	1.369
		Jumlah	18.854	20.510	25.732	30.191	23.822

Jenis plankton di Stasiun IV yang mempunyai kelimpahan yang tertinggi yaitu *Chaetoceros* sp. dengan kelimpahan rata-rata 5.701 individu/L. Jumlah plankton di Stasiun IV terdiri dari 13 genera dengan kelimpahan rata-rata sebesar 26.115 individu/L. Sementara jenis plankton yang mempunyai kelimpahan terendah yaitu *Skeletonema* sp. dengan kelimpahan 637 individu/L. Pada saat pengambilan sampel yang keempat ditemukan jumlah kelimpahan plankton yang tertinggi sebanyak 31.338 individu/L. Adapun data kelimpahan plankton di Stasiun IV selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Kelimpahan Plankton di Stasiun IV (Individu/L)

No.	Kelompok Saprobitas	Spesies	Kelimpahan Individu (Ind/L)				
			1	2	3	4	Rata2
1	α Mesosa-probik	<i>Chaetoceros</i> sp.	5.223	5.605	5.860	6.115	5.701
2		<i>Rhizosolenia</i> sp.	892	1.529	1.911	1.783	1.529
3		<i>Coelastrum</i> sp.	0	0	0	0	0
4		<i>Nitzschia</i> sp.	892	764	1.019	1.529	1.051
5	β Mesosa-probik	<i>Ceratium</i> sp.	1.274	1.656	1.783	2.038	1.688
6		<i>Hydrodictyon</i> sp.	0	0	0	0	0
7		<i>Asterionella</i> sp.	3.694	3.567	4.968	7.516	4.936
8		<i>Actinosphaerium</i> sp.	2.038	1.783	1.529	764	1.529
9		<i>Nauplius</i> sp.	2.038	1.656	1.911	1.911	1.879
10	Oligosa-probik	<i>Skeletonema</i> sp.	0	0	1.529	1.019	637
11	Non saprobik	<i>Bacteriastrum</i> sp.	2.675	2.803	2.930	3.185	2.898
12		<i>Coscinusdiscus</i> sp.	1.656	1.019	1.911	1.656	1.561
13		<i>Peridinium</i> sp.	255	764	1.401	1.656	1.019
14		<i>Pleurosigma</i> sp.	1.401	1.656	1.529	2.166	1.688
		Jumlah	22.038	22.803	28.280	31.338	26.115

Dari hasil pengamatan, kelimpahan plankton yang paling banyak ditemukan di muara sungai dan kolam pelabuhan Pekalongan adalah *Chaetoceros* sp. di Stasiun III yang lokasinya di dekat mulut muara sungai dengan kelimpahan rata-rata 5.955 individu/L. Sedangkan untuk jenis yang paling jarang ditemukan adalah *Coelastrum* sp. di Stasiun I yang lokasinya berada di area kolam pelabuhan dengan kelimpahan sebesar 127 individu/L. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Ilustrasi 2 yang memuat grafik kelimpahan plankton dari semua stasiun penelitian.



Ilustrasi 2. Grafik Kelimpahan Plankton di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan

4.2.2. Hewan Makrobenthos

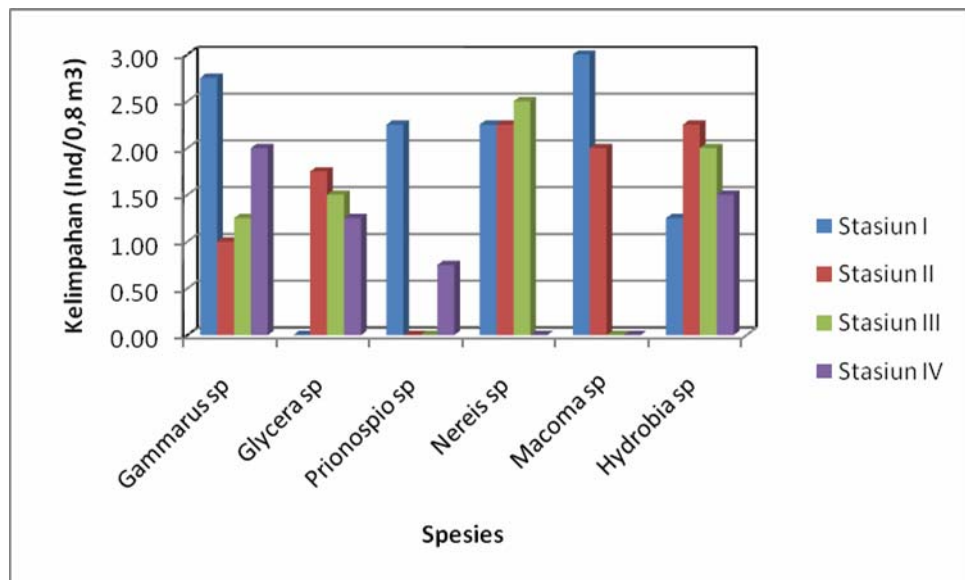
Berdasarkan hasil pengamatan selama penelitian diketahui hewan makrobenthos yang ditemukan berjumlah 6 genera. Keseluruhan jumlah genera tersebut dapat dirinci untuk Bivalve, Gastropoda, dan Crustacea masing-masing berjumlah 1 genera serta untuk 3 genera termasuk dalam Polychaeta.

Lokasi penelitian yang mempunyai kelimpahan tertinggi adalah di Stasiun I sebesar 11,50 individu/0,8 m³. Kemudian untuk lokasi yang mempunyai kelimpahan terendah adalah stasiun IV sejumlah 5,50 individu/0,8m³. Untuk data kelimpahan makrobenthos pada masing-masing stasiun penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Data Kelimpahan Hewan Makrobenthos (Individu/0,8 m³) di Lokasi Penelitian

No.	Biota	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV
1	<i>Gammarus</i> sp (Crustacea)	2,75	1,00	1,25	2,00
2	<i>Glycera</i> sp (Polychaeta)	0	1,75	1,50	1,25
3	<i>Prionospio</i> sp (Polychaeta)	2,25	0	0,00	0,75
4	<i>Nereis</i> sp (Polychaeta)	2,25	2,25	2,50	0,00
5	<i>Macoma</i> sp (Bivalve)	3,00	2,00	0,00	0,00
6	<i>Hydrobia</i> sp (Gastropoda)	1,25	2,25	2,00	1,50
	JUMLAH	11,50	9,25	7,25	5,50

Sedangkan berdasarkan jenis makrobenthos, ternyata hewan makrobenthos yang mempunyai kelimpahan paling banyak adalah *Gammarus* sp, *Nereis* sp., dan *Hydrobia* sp. dengan kelimpahan rata-rata sebesar 1,75 individu/0,8 m³. Hewan makrobenthos yang mempunyai kelimpahan terkecil adalah *Prionospio* sp. dengan kelimpahan rata-ratanya sebesar 0,75 individu/0,8 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Ilustrasi 3.



Ilustrasi 3. Grafik Kelimpahan Rata-rata Hewan Marobenthos di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan

4.2.3. Saprofik Indeks dan Tingkat Saprofik Indeks

Tingkat pencemaran suatu perairan dapat diketahui dari nilai Saprofik Indeks (SI) dan Tingkat Saprofik Indeks (TSI). Hasil perhitungan SI dan TSI di Stasiun IV sebesar 1,25 dan 1,47 yang menunjukkan nilainya lebih tinggi dibanding stasiun III sebesar 1,22 dan 1,36 yang lokasinya sama-sama di area kolam pelabuhan. Dalam

hal ini disebabkan dalam perhitungan pengaruh faktor kelimpahan plankton dari semua golongan saprobik lebih banyak dibanding yang non saprobik.

Pada stasiun I dan II yang lokasinya sama-sama berada di mulut muara menunjukkan hal yang berbeda dibanding dengan kedua stasiun yang disebutkan di atas. Nilai SI pada stasiun II sebesar 1,20 memang lebih rendah dibanding stasiun I sebesar 1,22, tapi nilai TSI stasiun II sebesar 1,36 lebih tinggi dibandingkan stasiun I sebesar 1,33. Hal ini disebabkan jenis organisme saprobiknya lebih banyak sehingga nilai SI-nya juga lebih tinggi.

Jika didasarkan pada SI dan TSI di semua stasiun pengambilan sampel termasuk dalam kelompok β -Mesosaprobik atau perairan yang tercemar ringan hingga sedang. Hal tersebut berdasarkan penelitian Lee *et. al.*, (1978) dan Knobs (1978) dalam Anggoro (1988), apabila SI dan TSI berkisar antara 0,5 – 1,5 maka termasuk dalam kelompok β - Mesosaprobik. Hasil rata-rata SI dan TSI selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Rata-Rata SI dan TSI di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan

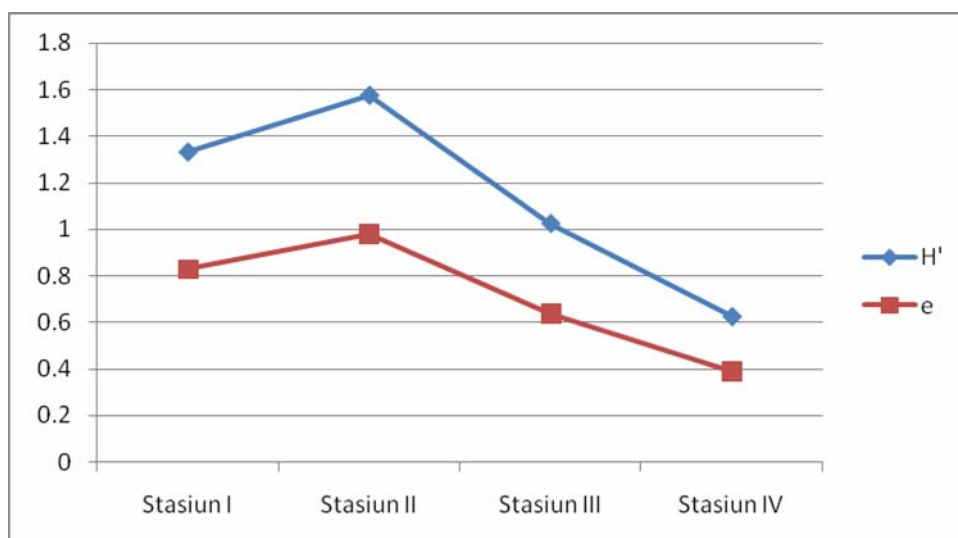
Nilai	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Kelompok
SI	1,22	1,20	1,22	1,25	β - Mesosaprobik
TSI	1,33	1,36	1,36	1,47	β – Mesosaprobik

4.2.4. Indeks Keseragaman dan Indeks Keanekaragaman Makrobenthos

Keberadaan hewan makrobenthos juga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi perairan selain menggunakan SI dan TSI seperti tersebut di atas. Dari data jumlah makrobenthos yang ditangkap dapat digunakan untuk menentukan nilai Indeks keanekaragaman (H') dan indeks keseragaman (e) di muara sungai dan kolam pelabuhan Pekalongan.

Pada stasiun I yang berada di muara sungai menunjukkan nilai indeks keanekaragaman sebesar 1,331 dan indeks keseragaman sebesar 0,827 yang nilainya lebih tinggi dari stasiun lainnya selain stasiun II yaitu sebesar 1,574 dan 0,978. Hasil perhitungan indeks keanekaragaman dan indeks keseragaman yang tertinggi memang berada di stasiun II yaitu 1,574 dan 0,978. Pada stasiun ini kelimpahan makrobenthos merupakan yang tertinggi. Demikian pula dalam jumlah jenis makrobenthos juga termasuk yang terbanyak di antara yang lainnya. Untuk grafik hasil perhitungan indeks keanekaragaman (H') dan indeks keseragaman (e) di lokasi penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Ilustrasi 4.

Keseluruhan stasiun menunjukkan indeks keanekaragaman berada dalam kisaran 0,626 – 1,574. Kemudian untuk indeks keseragaman menunjukkan nilai kisaran 0,389–0,978.



Ilustrasi 4. Grafik Hasil Penghitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) di Lokasi Penelitian

Apabila dilihat dari nilai indeks keanekaragamannya, maka stasiun I, II, dan III di Muara Sungai Pekalongan dikategorikan dalam pencemaran sedang. Hal tersebut didasarkan pada pertimbangan nilai indeks keanekaragaman berada pada kisaran 1 – 1,5 sehingga dapat dikatakan berada dalam indikator perairan yang tercemar sedang (Lee *at. al.*, 1978 dalam Tang dan Kasmawati, 1992). Hanya stasiun IV saja yang berada di daerah kolam pelabuhan termasuk dalam kategori pencemaran berat karena nilainya kurang dari 1,00. Hal ini didasarkan pada pertimbangan nilai indeks keanekaragaman $< 1,00$ termasuk dalam kondisi pencemaran berat (Kementrian Lingkungan Hidup, 1995).

Data hasil perhitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) hewan makrobenthos di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan sebagai lokasi penelitian selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 14 di bawah ini.

Tabel 14. Hasil Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H') dan Indeks Keseragaman (e) Hewan Makrobenthos di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan

Nilai	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV
Indeks Keanekaragaman (H')	1,331	1,574	1,025	0,626
Indeks Keseragaman (e)	0,827	0,978	0,637	0,389

4.2.5. Parameter Lingkungan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa perairan di Muara Sungai Pekalongan mempunyai kedalaman berkisar antara 220–360 cm. Kecerahan perairan yang berarti kemampuan cahaya melakukan penetrasi ke dalam perairan berkisar antara 10 – 60 cm. Menurut Brown (1987) cahaya merupakan faktor yang penting karena berdampak langsung terhadap distribusi dan jumlah organisme plankton.

Substrat dasar perairan berupa lumpur berpasir untuk daerah mulut muara dan lumpur liat berpasir untuk daerah kolam pelabuhan serta mempunyai kandungan bahan organik sebesar 17 - 19%.

Parameter yang lain seperti suhu perairan berdasarkan hasil penelitian diketahui berkisar antara 27,1 – 29,2 °C. Nilai derajat keasaman (pH) perairan sebesar 7 – 8 akan sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Kecepatan arus yang berperan dalam produksi primer berhasil diukur sebesar 0,06 – 0,17 meter/detik, salinitas 26 - 29 ‰, dan kandungan oksigen terlarutnya sebesar 5,32 – 5,60 mg/L.

Parameter di lokasi penelitian yang mempunyai nilai di atas baku mutu untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 dan No. 02 Tahun 1988 adalah BOD dan COD. Nilai BOD dan COD di lokasi penelitian adalah sebesar 48 – 66 mg/L dan 114 – 138 mg/L. Sementara nilai BOD yang ditetapkan maksimal 20 mg/L dan untuk COD yang diijinkan sebesar 40 mg/L. Hasil perbandingan parameter selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Perbandingan Beberapa Parameter Kualitas Air di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan

No	Variabel	Stasiun				Nilai Optimum	Dasar Pustaka
		I	II	III	IV		
1.	Suhu Air (⁰ C)	28,8	27,1	29,1	28,3	20-30	Effendi (2003)
2.	Salinitas (‰)	29	28	28	26	5-30	Nybakken (1988)
3.	Kec. Arus (m/s)	0,17	0,16	0,09	0,06	-	-
4.	pH	7	8	7	8	6,5-8,5	Kep.Men LH 51/2004
5.	Kedalaman (cm)	220	280	310	360	-	-
6.	Kecerahan (cm)	60	54	38	10	-	-
7.	DO (mg/L)	5,60	5,28	5,32	5,56	>5	Kep.Men LH 51/2004
8.	BO (%)	19	19	18	17	-	-
9.	BOD (mg/L)	66	52	49	48	10	Kep.Men LH 51/2004
10.	COD (mg/L)	138	131	127	114	40	Kep.Men LH 02/1988
11.	Substrat	Lumpur berpasir	Lumpur berpasir	Lumpur liat berpasir	Lumpur liat berpasir	Lumpur	Nybakken (1988)

4.3. Pengaruh Parameter Lingkungan terhadap Kelimpahan Organisme

Kelimpahan rata-rata organisme plankton di semua lokasi penelitian lebih dari 12.000 ind/L. Hasil penelitian di Muara Sungai dan kolam pelabuhan Pekalongan tersebut menandakan bahwa kelimpahan perairan dalam kategori tinggi (Eutrooph). Hal ini sesuai dengan pernyataan Murdjani dan Darmawan (2005) yang menyatakan bahwa perairan dengan kelimpahan >12.000 Ind/L masuk dalam kelimpahan tinggi.

Dua jenis plankton yang paling banyak ditemukan adalah *Chaetoceros* sp. dan *Asterionella* sp., dengan kelimpahan rata-rata yaitu 4.904 dan 4.395 ind/L seperti yang tampak pada Tabel 8, 9, 10, dan 11. Kedua jenis plankton tersebut mendominasi karena termasuk diatom. Menurut Nybakken (1988) bahwa fitoplankton yang mendominasi di daerah muara sungai adalah diatom. Kemudian Basmi (1999) menyatakan bahwa keberadaan diatom di perairan dipengaruhi oleh siklus musim sepanjang tahun.

Apabila melihat parameter lingkungan pada pengambilan sampel, dapat dikatakan lokasi penelitian mempunyai keadaan yang layak untuk kehidupan plankton seperti yang terlihat pada Tabel 15. Terutama diatom mengalami perkembangan yang meningkat dikarenakan temperatur air, sinar, nutrien dan intensitas pemangsaan pada pengambilan sampel layak untuk pertumbuhan diatom. Hal ini sesuai dengan penelitian Effendi (2003) bahwa suhu yang optimal untuk pertumbuhan diatom adalah 20 - 30 °C, sedangkan untuk suhu perairan pada saat penelitian berkisar 27,1 – 29,2°C.

Warna air pada suatu perairan yang berwarna coklat biasanya banyak didominasi oleh diatom (Edhi *et. al.*, 2003). Diatom yang melimpah dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya yang dimanfaatkan sebagai makanan alami untuk ikan. Menurut Edhi *et. al.* (2003) juga bahwa salah satu fitoplankton yang digunakan untuk kegiatan budidaya udang sebagai pakan alami adalah *Chaetoceros* sp yang termasuk dalam diatom.

Kelimpahan hewan makrobenthos pada lokasi penelitian termasuk rendah dengan kelimpahan berkisar 5,5-11,5 individu/0,8 m³ seperti yang dapat dilihat pada Tabel 12. Hal ini dikarenakan kandungan bahan organik (BO) yang tinggi yang menunjukkan sebesar 17 – 19%. Ditambah lagi nilai BOD dan COD di lokasi penelitian berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup RI untuk mendukung kehidupan biota laut. Nilai BOD sebesar 48 – 66 mg/L dan COD sebesar 114 – 138 mg/L melebihi baku mutu seperti yang ditetapkan pada Tabel 15.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa jenis hewan makrobenthos yang paling banyak dijumpai adalah *Gammarus* sp. dengan kelimpahan sebesar 1,75 individu/0,8 m³ seperti yang terlihat dalam Tabel 12. Menurut Hutabarat dan Evans (1985), *Gammarus* sp. dapat hidup pada salinitas yang tinggi maupun yang rendah bahkan di air tawar sehingga mempunyai daya adaptasi yang tinggi. Dalam Barnes (1976) dikatakan hewan makrobenthos yang dapat bertahan hidup di daerah muara sungai adalah *Macoma* sp., *Mya* sp., *Hydrobia* sp., *Gammarus* sp., *Corophium* sp., dan beberapa jenis dari Polychaeta.

Kelimpahan hewan makrobenthos yang paling rendah berada di stasiun IV sebesar 5,5 individu/0,8 m³. Hal ini disebabkan adanya sedimentasi yang tinggi di kolam pelabuhan Pekalongan. Berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa laju sedimentasi di Muara Sungai Pekalongan termasuk tinggi yang mencapai 20.000 ton/km² (Prasetyo, 2006). Menurut Saputra (2003) penurunan luasan kolom air sebagai akibat timbunan sedimentasi akan berpengaruh terhadap keberadaan biota di muara sungai. Pada kondisi demikian, akan terjadi kompetisi antar hewan makrobenthos baik dalam rangka persaingan ruang maupun makanan. Bagi biota yang tidak mampu bersaing akan tersingkir sehingga akan menghilang atau berkurang kelimpahannya. Hilang atau berkurangnya kelimpahan biota tersebut dapat karena mati atau bermigrasi untuk biota yang dapat bergerak aktif. Padahal salah satu sifat hidup hewan makrobenthos adalah mempunyai pergerakan yang lamban. Apabila kondisi perairan kurang mendukung atau adanya perubahan parameter lingkungan, maka hewan makrobenthos yang dapat bertahan hidup adalah hewan yang mempunyai daya adaptasi yang tinggi.

Substrat dasar mempengaruhi jenis organisme yang ada di dalamnya. Menurut Hawkes (1978) substrat dasar merupakan faktor yang berpengaruh terhadap komposisi dan distribusi organisme benthos. Dari hasil analisa butir sedimen diperoleh bahwa tanah dasar perairan di muara sungai bertekstur lumpur berpasir dan pada kolam pelabuhan bertekstur lumpur liat berpasir (lihat Tabel 16). Hewan makrobenthos mampu hidup pada substrat tersebut namun dibatasi oleh faktor polutan yang banyak mengandung di dasar perairan

sehingga kelimpahannya menjadi rendah. Menurut Odum (1971) hewan makrobenthos merupakan komunitas organisme yang dapat menempati pada beberapa tipe substrat dasar seperti sedimen pasir, lumpur, liat, dan substrat keras.

Tabel 16. Hasil Analisa Butir Sedimen di Stasiun Penelitian

Lokasi	Pasir	Debu	Liat	Jenis Tekstur
Stasiun I	40,42 %	48,73 %	10,85 %	Lumpur Berpasir
Stasiun II	45,60 %	44,15 %	10,25 %	Lumpur Berpasir
Stasiun III	63,92 %	3,20 %	32,88 %	Lumpur Berpasir Liat
Stasiun IV	64,20 %	5,12 %	30,68 %	Lumpur Berpasir Liat

4.4. Interaksi Parameter Lingkungan dengan Indeks Keseragaman dan Keanekaragaman Makrobenthos

Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks keseragaman untuk semua lokasi penelitian berkisar 0,389 - 0,978 (lihat Tabel 14). Hasil tersebut menunjukkan bahwa di stasiun I, II, III yang nilainya mendekati angka satu (1), menandakan keseragaman antar spesies dapat dikatakan merata atau jumlah individu pada masing-masing spesies hampir sama Basmi (2000). Sedangkan menurut Genisa (1997), keanekaragaman jenis tinggi apabila banyak spesies berada di suatu komunitas tersebut, dan nilai keanekaragaman akan rendah bila satu atau beberapa jenis saja yang terdapat di dalamnya dan mendominasi daerah tersebut. Nilai indeks keseragaman terendah terjadi di stasiun IV sebesar 0,389. Menurut Feranita *et al* (2005) indeks keseragaman rendah yang

mendekati (nol) berarti keseragaman antar spesies rendah dan kekayaan individu yang dimiliki masing-masing spesies sangat jauh berbeda.

Nilai indeks keanekaragaman hewan makrobenthos di Muara Sungai Pekalongan berada di kisaran 0,626 - 1,574 (lihat Tabel 14). Nilai ini termasuk dalam kategori keanekaragaman kecil dan kestabilan komunitas rendah. Menurut Wilhm dan Doris (1968) *dalam* Dianthani (2003) bahwa nilai $H' < 2,3026$ menandakan keanekaragaman kecil dan kestabilan komunitas rendah.

Berdasarkan hasil analisa indeks keanekaragaman, maka stasiun I, II, dan III termasuk perairan yang tercemar sedang. Menurut Wilhm dan Dorris (1968) dalam Dahuri (1995) bahwa nilai indeks keanekaragaman 1 - 3 menandakan kestabilan komunitas biota sedang atau kualitas air tercemar sedang. Stasiun IV dengan indeks keanekaragaman 0,626 termasuk komunitas biota tidak stabil atau kualitas air tercemar berat. Sementara menurut Lee *et, al.* (1978) *dalam* Tang dan Kasmawati (1992), perairan termasuk yang tercemar sedang apabila mempunyai nilai indeks keanekaragaman 1,0-1,5. Ruswahyuni (1988) menambahkan perairan yang mempunyai nilai indeks keanekaragaman di bawah dua (< 2), maka kondisi lingkungan perairan tersebut tidak dapat mendukung kehidupan hewan makrobenthos. Sedangkan menurut Genisa (1997), adanya keanekaragaman yang rendah karena ada satu atau beberapa jenis saja yang terdapat di dalamnya dan mendominasi daerah tersebut, sebaliknya keanekaragaman jenis tinggi apabila banyak spesies berada di suatu komunitas tersebut.

Nilai indeks keanekaragaman yang tertinggi berada di stasiun II yang berada di mulut muara seperti yang terlihat pada Tabel 14 yang berarti jenis makrobenthos mempunyai kelimpahan yang lebih merata dibanding lokasi lain. Hal ini dimungkinkan daerah ini merupakan daerah yang subur akan nutrisi dan mempunyai nilai produktifitas yang tinggi. Menurut Nybakken (1988) daerah muara mempunyai kelimpahan makanan yang tinggi dan relatif langka dari predator sehingga daerah muara menjadi daerah asuhan berbagai larva. Hal ini menjadi sebab banyak organisme mencari makan di daerah muara.

Aliran dari laut akan bertemu di mulut muara dengan aliran yang berasal dari hulu secara terus menerus. Kemudian pengambilan sampel dilakukan pada waktu air pasang sehingga lebih banyak aliran dari laut yang masuk ke muara sungai. Dapat dikatakan daerah ini mendapat penambahan bahan-bahan organik yang terus-menerus dengan adanya aliran tersebut. Sehingga hewan makrobenthos menjadi lebih mudah menetap di daerah ini dibanding di lokasi lain di area kolam pelabuhan misalnya.

Stasiun IV mempunyai indeks keanekaragaman yang terendah sebesar 0,626 dan termasuk perairan yang tercemar berat. Menurut Ferianiata (2005) nilai indeks keanekaragaman <1 menandakan komunitas biota tidak stabil atau kualitas air tercemar berat. Area kolam pelabuhan yang menjadi lokasi stasiun IV diduga mengalami pencemaran yang paling tinggi dibanding lokasi lainnya yang dapat dibuktikan dengan nilai indeks keanekaragaman yang paling rendah. Kondisi ini disebabkan banyaknya masukan bahan pencemar dari bahan organik maupun anorganik. Salah satu buktinya nilai kandungan BOD

dan COD di stasiun IV melebihi baku mutu air laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004. Tingginya aktifitas pelabuhan dan domestik seperti pemukiman, rumah makan, dan sebagainya di sepanjang sungai Pekalongan menghasilkan buangan berupa limbah organik maupun anorganik yang langsung masuk ke sungai. Menurut Supriharyono (2000) rendahnya nilai indeks keanekaragaman, bisa disebabkan karena daerah muara sungai merupakan daerah perangkap bahan pencemar, sehingga hanya beberapa spesies atau spesies tertentu yang dapat beradaptasi dengan kondisi perairan tersebut. Kemudian menurut Saputra (2003) pada kondisi seperti yang disebutkan di atas, dapat terjadi penurunan nilai indeks diversitas. Hal ini diduga karena terjadinya interaksi antara tekanan faktor eksternal yang semakin kuat dan kemampuan adaptasi berbagai organisme zooplankton tersebut yang semakin menurun. Faktor eksternal yang paling berpengaruh terutama faktor salinitas dan kekeruhan.

4.5. Interaksi Parameter Lingkungan dengan Indeks Saprobitas Plankton

Dari perhitungan rata-rata Tingkat Saprobik Indeks (TSI) di Muara Sungai dan Kolam Pelabuhan Pekalongan didapatkan hasil pada kisaran 1,33 - 1,47 (lihat Tabel 13). Untuk semua lokasi penelitian yang ada dengan berdasarkan penghitungan SI dan TSI Muara Sungai Pekalongan termasuk dalam kelompok β - Mesosaprobik atau perairan yang tercemar ringan hingga sedang.

Berdasarkan penelitian dari Anggoro (1988), perairan yang mempunyai tingkat saprobitas β - Mesosaprobik apabila nilai SI dan TSI berkisar antara 0,5

– 1,5. Dapat pula dikatakan bahwa perairan tersebut tercemar ringan hingga sedang dengan kandungan oksigen terlarut (DO) di dalam perairan tinggi. Kesimpulan ini didasarkan pada jumlah spesies dan individu penyusun kelompok pencemaran sedang (β - Mesosaprobik) lebih banyak bila dibandingkan dengan kelompok organisme yang lain (Lampiran 4). Menurut Zivic dan Markovic (2003) pengaruh terkuat terhadap kondisi tingkat saprobitas perairan adalah kedekatan dengan pemukiman penduduk serta adanya sedimentasi.

Cole (1983) dalam Basmi (2000) menambahkan bahwa perairan yang termasuk dalam kategori β - Mesosaprobik mempunyai kandungan oksigen terlarut (DO) yang tinggi, jumlah bakteri yang menurun, serta ammonia (NH_3) menghasilkan produk akhir nitrat (NH_3^-). Jika dilihat pada hasil pengamatan di muara sungai dan kolam pelabuhan Pekalongan didapatkan nilai oksigen terlarut pada setiap stasiun di atas baku mutu yang telah ditetapkan (5 mg/L), yaitu 5,32 – 5,60 mg/L (Tabel 14).

Nilai TSI terendah berada di Stasiun I yang lokasinya berada di mulut muara yaitu sebesar 1,334. Hal ini dimungkinkan di area ini telah terjadi tingkat pencemaran yang lebih tinggi dibanding stasiun lain ditambah dengan tingginya sedimentasi di mulut muara dibandingkan di kolam pelabuhan. Menurut Prasetyo (2006) laju sedimentasi di Muara Sungai Pekalongan sebesar 23.471,62 gr/m²/mg sementara di kolam pelabuhan sebesar 21.345,99 gr/m²/mg. Bahan pencemar tersebut banyak terdapat di sedimen dasar perairan.

Menurut Zivic dan Markovic (2003) naiknya tingkat saprobitas atau menurunnya indeks saprobitas seperti pada stasiun I tersebut disebabkan adanya masukan dari sampah industri dan sampah domestik. Ferianita *et al* (2005) mengemukakan tingkat saprobik di perairan yang menunjukkan tingkat pencemaran ringan tersebut disebabkan oleh bahan pencemar organik dan anorganik. Dari hasil penelitian bahwa kandungan bahan organik, COD, dan BOD di stasiun I tertinggi dibanding stasiun lain. Tingginya nilai BOD menunjukkan indikasi kurang mampunya perairan memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme air atau perairan tersebut tercemar (Suriatmaja, 1976 *dalam* Djarwanti,1986). Kemudian COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alami akan dapat teroksidasi melalui proses mikrobiologi dan dapat mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Nilai indeks keanekaragaman hewan makrobenthos di lokasi penelitian dalam kisaran sebesar 0,626 - 1,574. Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman hewan makrobenthos, stasiun I, II, dan III termasuk perairan dengan kestabilan komunitas sedang dan tercemar sedang. Stasiun IV yang berada di kolam pelabuhan Pekalongan termasuk komunitas tidak stabil dan tercemar berat.
- Nilai Saprobik Indeks dan Tingkat Saprobik Indeks plankton berturut-turut berada pada kisaran 1,20-1,25 dan 1,33-1,47. Dengan demikian Muara Sungai Pekalongan termasuk dalam kelompok β -Mesosaprobik yaitu perairan yang tercemar ringan hingga sedang.

5.2. Saran

Perlu adanya pemantauan dan pengelolaan agar tingkat pencemaran di Muara Sungai Pekalongan tidak meningkat. Pembuangan limbah dan sedimentasi di Muara Sungai Pekalongan harus lebih dikurangi. Hal ini untuk mencegah terjadinya pencemaran yang lebih berat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. 1995. Manajemen Pelayaran Niaga dan Pelabuhan. PT Dunia Pustaka Jaya, Jakarta.
- Anggoro, S. 1988. Analisa Tropic-Saprobik (Trosap) Untuk Menilai Kelayakan Lokasi Budidaya Laut *dalam* : Workshop Budidaya Laut Perguruan Tinggi Se-Jawa Tengah. Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai. Prof. Dr. Gatot Rahardjo Joenoos. Universitas Diponegoro, Semarang. hal 66-90.
- American Public Health Assosiation (APHA). 1980. Standard Methods For The Examination Of Water and Waste Water. American Water Works Assosiation dan Water Pollution Control Federation. APHA, AWWA, WPCF. 15 th eds.
- Badan Pusat Statistik. 2004. Kota Semarang dalam Angka. Balai Pusat Statistik Kota Semarang, Semarang.
- Bappeda. 2001. Analisis Tingkat Pencemaran Air Sungai dan Akibat yang Ditimbulkan di Daerah Estuari di Jawa Tengah. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Tengah dan Pusat Lembaga Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Diponegoro, Semarang.
- _____. 2005. Profil Wilayah Pantai dan Laut Terpadu Kota Semarang, Proyek Perencanaan Wilayah Pantai Terpadu dan Penyusunan NSAP. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Propinsi Jawa Tengah dan Pemerintah Kota Semarang. Semarang.
- Barnes, R.S.K. 1976. Estuarine Biology. The Camelot Press Ltd, Southampton.
- Basmi, J. 1997. Planktonologi : Terminologi dan Klasifikasi Zooplankton Laut. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- _____. 2000. Planktonologi : Sebagai Indikator Pencemaran Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Boyd, C. E. 1991. Water Quality Management Pond Fish Culture-Pengelolaan Kualitas Air di Kolom Ikan (Diterjemahkan oleh Cholik, K. Artati, dan R. Arifudin) Direktorat Jenderal Perikanan, Jakarta.
- Dahuri, R. 1995. Metode dan Pengukuran Kualitas Air Aspek Biologi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Dahuri, R.J., S.P. Rais, Ginting, dan M.J. Sitepu. 2002. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT Gramedia, Jakarta .

- Davis, C.C. 1955. The Marine and Fresh Water Plankton. Michigan State University Press, Michigan. 562 pp.
- Day, J. H. 1976^a. A Monograph of The Polychaeta of Southern Africa. Part 1-Errantia. Trustees of The Birtish Museum (Natural History), London. pp 458.
- _____ ^b. A Monograph of The Polychaeta of Southern Africa. Part 2-Sedentria. Trustees of The Birtish Museum (Natural History), London. pp 827.
- Dharma, B. 1992. Siput dan Kerang Indonesia : Indonesian Shells. Penerbit PT. Sarana Graha, Jakarta.
- Dianthani, D. 2003. Identifikasi Jenis Plankton di Perairan Muara Badak Kalimantan Timur. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Direktorat Jenderal Perikanan. 1981. Standard Rencana Induk dan Pokok – Pokok Desain untuk Pelabuhan Perikanan dan PPI. Departemen Pertanian RI, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perikanan. 1994. Pembangunan dan Pengelolaan Prasarana Pelabuhan Perikanan. Departemen Pertanian RI, Jakarta.
- Djarwanti. 1986. Upaya Penanggulangan Limbah Kecil Tapioka. BPPI, Semarang.
- Edhi, W., A. Pribadi., dan J. Kurniawan. 2003. Plankton di Lingkungan PT. Central Pertiwi Bahari : Suatu Pendekatan Biologi dan Manajemen Plankton dalam Budidaya Udang. PT. Central Pertiwi Bahari, Lampung.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta. hal 258.
- Ferianita, M, H Haeruman, Listari C. Sitepu. 2005. Komunitas Fitoplankton Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Teluk Jakarta. Fakultas Arsitektur Lansekap Teknologi Lingkungan. Universitas Trisakti, Jakarta.
- Genisa, A.S. 1997. Keragaman Ikan di Muara Sungai Cisadane, Jawa Barat. dalam : Konservasi dan Pendayagunaan Alam Hayati di Indonesia yang Berwawasan Lingkungan. Perhimpunan Biologi Indonesia. Universitas Lampung, Lampung.
- Hadi, S. 1982. Metodologi Research. Jilid II. Fakultas Psikologi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Hakim, N., A. Hermawan, dan L. Yulianto. 2002. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung, Lampung.

- Hardjowigono, S. 1992. Ilmu Tanah. Melton Putra, Jakarta.
- Hawkes, H.A. 1978. Invertebrate as Indicator of River Water Quality. University of Newcastle Upon Tyne. Newcastle.
- Hermawan, W. 1997. Pengantar Metodologi Penelitian Buku Panduan Mahasiswa. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hutabarat, S dan M. Evans. 1985. Pengantar Oceanografi. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 1995. Berbagai Indikator Kualitas Perairan. Tim Perumus, Jakarta.
- Kinne, O. 1977. Marine Ecology : A Comprehensive, Integrated Treatise on Life Oceans and Coastal Waters. (Volume 3 Part 2). The Spottiswoode Ballantyne Press, London. 1293 pp.
- Lilik, K. S. 2005. Kajian Tingkat Saprobitas Perairan Sebagai Landasan Pengelolaan DAS Kaligarang-Semarang. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro, Semarang (Thesis). 111 hal.
- Mulyanto, S. 1992. Lingkungan Hidup Untuk Ikan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Nybakken, J.M. 1988. Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis (diterjemahkan oleh H.M. Eidmar, Koesoebiono, D.G. Bengen, M. Hutomo dan D. Sukardjo). Gramedia, Jakarta. 443 hal.
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. W.B. Saunders Company, Toronto. 347 pp.
- Reish, D.J. 1979. Bristle Worms (Annelida : Polychaeta) In Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates. C. W. Hart., and Samuel L. H. F. (eds. 2). Academic Press, New York. pp 77-121.
- Ruswahyuni. 1988. Hewan Makrobenthos dan Kunci Identifikasi Polychaeta dalam : Workshop Budidaya Laut Perguruan Tinggi Se-Jawa Tengah. Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai. Prof. Dr. Gatot Rahardjo Joenes. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sachlan, M. 1982. Planktonologi. Fakultas Peternakan. Universitas Diponegoro, Semarang.

- Saputra, Suradi Wijaya. 2003. Kondisi Perairan Segara Anakan Ditinjau Dari Indikator Biotik. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sastrawijaya, A.T. 2000. Pencemaran Lingkungan. Rineka Cipta, Jakarta.
- Soeyasa, N., M Nurhudah., dan S. Raharjo. 2001. Ekologi Perairan (II). Departemen Kelautan dan Perikanan. Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta.
- Sukarno. 1981. Terumbu Karang Indonesia, Permasalaham dan Pengelolaannya. LON-LIPI. Jakarta.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 246 hal.
- Sutedjo, M. M. dan A. G. Kartasapoetra. 2002. Pengantar Ilmu Tanah : Terbentuknya Tanah dan Tanah Pertanian. (Cetakan-3). Rineka Cipta, Jakarta. hal 152.
- Suwondo, Elya Febrita, Dessy dan Mahmud Alpusari. 2004. Kualitas Biologi Perairan Sungai Senapelan, Sago dan Sail di Kota Pekanbaru Berdasarkan Bioindikator Plankton dan Bentos. Jurnal Biogenesis Vol. 1 : 15-20, Pekanbaru.
- Swirota, A. 1966. The Plankton of South Vietnam. Overseas Technical Cooperation Agency Japan, Tokyo.
- Tang, U. M. dan Kasnawati. 1992. Hewan Markobenthos sebagai Indikator Biologi Pencemaran Bahan Organik di Sungai. Majalah Pengembangan Ilmu-ilmu Peternakan dan Perikanan, Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang. 17 (1) : 20 – 23.
- Triatmodjo, B.^a 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.
- _____ ^b. 2003. Pelabuhan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Wardhana, W.A. 2004. Dampak Pencemaran Perairan, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Wibisono, M.S. 2005. Pengantar Ilmu Kelautan. Grasindo-Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.