

# Dampak Pencemaran Terhadap Kualitas Perairan dan Strategi Adaptasi Organisme Makrobenthos di Perairan Pulau Tirangcawang Semarang

Muh. Yusuf\* dan Gentur Handoyo

Jurusan Ilmu Kelautan-FPIK UNDIP, Kampus Tembalang Semarang - 50239

## Abstrak

Perairan pulau Tirangcawang secara nyata menerima buangan limbah yang berasal dari sejumlah pabrik yang berada di hulu sungai Karanganyar dan Tapak. Limbah ini mengakibatkan terjadinya pencemaran yang dampaknya menurunkan kualitas air dan membahayakan bagi kehidupan organisme perairan khususnya hewan makrobenthos. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui dan mengkaji: (1) kualitas lingkungan perairan, (2) struktur komunitas hewan makrobenthos, dan (3) strategi adaptasi hewan makrobenthos terhadap lingkungan perairan yang telah tercemar. Metode penelitian yang digunakan yaitu studi kasus. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali ulangan, dengan interval 14-15 hari. Analisis data yang digunakan untuk mengetahui kualitas perairan menggunakan Baku Mutu Air Laut. Analisis untuk mengetahui struktur komunitas hewan benthos yaitu menghitung kelimpahan individu jenis, nilai indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ ) dan keseragaman jenis ( $E$ ). Sedangkan untuk mengetahui strategi adaptasi menggunakan metode Grafik Frontier.

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika-kimia air menunjukkan bahwa beberapa parameter seperti COD,  $N-NO_2$ , dan logam berat Cu, Cd, Pb, Ni ternyata nilainya telah melebihi batas yang diinginkan dalam Baku Mutu Air Laut. Berdasarkan hasil perhitungan Nilai indeks  $H'$  dan  $E$  hewan makrobenthos, yaitu berkisar dari rendah sampai dengan sedang. Berdasarkan nilai ini, jika dikaitkan dengan tingkat pencemaran, maka dikatakan bahwa kualitas perairan di daerah penelitian telah tercemar kategori ringan sampai dengan sedang. Pola strategi adaptasi organisme makrobenthos terbagi dua, yaitu: (1) mengarah ke stadia III (kondisi ekosistem masih baik atau stabil), terdapat pada stasiun I, II, III, dan IV; dan (2) mengarah ke stadia I (kondisi ekosistem labil) terdapat di stasiun V, VI, VII.

**Kata kunci** : pencemaran perairan, strategi adaptasi, makrozoobenthos

## Abstrack

Tirangcawang island waters received waste from factories lie along the rivers. The waste gave pollution which cause the quality of water decrease, so it will bring sea organisms in dangerous condition especially macrozoobenthos. The aim of this research is to investigate the quality of water environment and the community structure of macrozoobenthos as well as macrozoobenthos adaptation strategy in relation with polluting material. The research method is case study. The sample were taken three times with 14-15 days. Interval analysis data to on the waters quality by comparing to Sea Water Quality Standard.

The result of water physical and chemical parameters measurement showed that COD,  $N-NO_2$  and heavy metals Cu, Cd, Pb, Ni valued appeared higher that those stated in Sea Water Quality Standard. The diversity indeces value of macrozoobenthos showed between low to medium level; so based that the waters quality in this location were polluted in the low up to the medium category. Design of adaptation strategy for the macrobenthic organism had two type i.e. stadia III or stabil and good ecosystem condition at station I, II, III, IV; and stadia I or not good and labil ecosystem condition at on V, VI, VII.

**Key words** : waters pollution, adaptation strategy, macrozoobenthos

## Pendahuluan

Perairan pulau Tirangcawang terletak di wilayah pemerintah kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah, tepatnya berada di sisi barat kota Semarang atau berjarak sekitar 12 km dari pusat kota, yang secara geografis terletak pada posisi antara  $110^{\circ}19'30''$  dan  $110^{\circ}21'30$  BT.

Perairan Tirangcawang diduga menerima buangan limbah baik organik maupun inorganik yang berasal dari sejumlah industri yang berada di sepanjang jalan raya Tugu di hulu sungai Karanganyar dan sungai Tapak ("upland" daerah penelitian). Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Yusuf (1994, 1995) menunjukkan bahwa sejumlah parameter yang meliputi kekeruhan, oksigen terlarut,  $BOD_5$ , COD, N-

NH<sub>3</sub>, minyak, deterjen telah melampaui Baku Mutu Air Laut yang diinginkan, bahkan beberapa logam berat yakni Cu, Zn, Cd, Pb, dan Ni nilai konsentrasinya telah mencapai puluhan kali, jauh lebih besar dari pada baku mutu tersebut. Berdasarkan data dari kantor wilayah Departemen Perindustrian Propinsi Jawa Tengah (1989) sejumlah industri yang beroperasi di wilayah Tugu ("upland" daerah penelitian), meliputi industri yang menghasilkan produk makanan, bumbu masak, kecap, sabun, tekstil, galvanis, baterai, kerasan karton, keramik, garmen, cold storage ikan dan udang.

Adanya kegiatan pertambakan intensif dan semi intensif yang banyak tersebar di sekitar hilir sungai Karanganyar dan Tapak diduga kuat ikut memberikan kontribusi terhadap menurunnya kualitas air di daerah penelitian terutama variabel tingkat kekenuhan, bahan organik berupa nitrogen dan fosfat dalam bentuk amonia, nitrit, nitrat dan orthofosfat. Demikian pula keberadaan permukiman yang cukup padat di sekitar sungai dan di daerah upland (hulu sungai), serta kegiatan pemangkasan bukit yang terus berlangsung hingga kini diyakini mempercepat tingginya sedimentasi dan kekenuhan air di daerah penelitian.

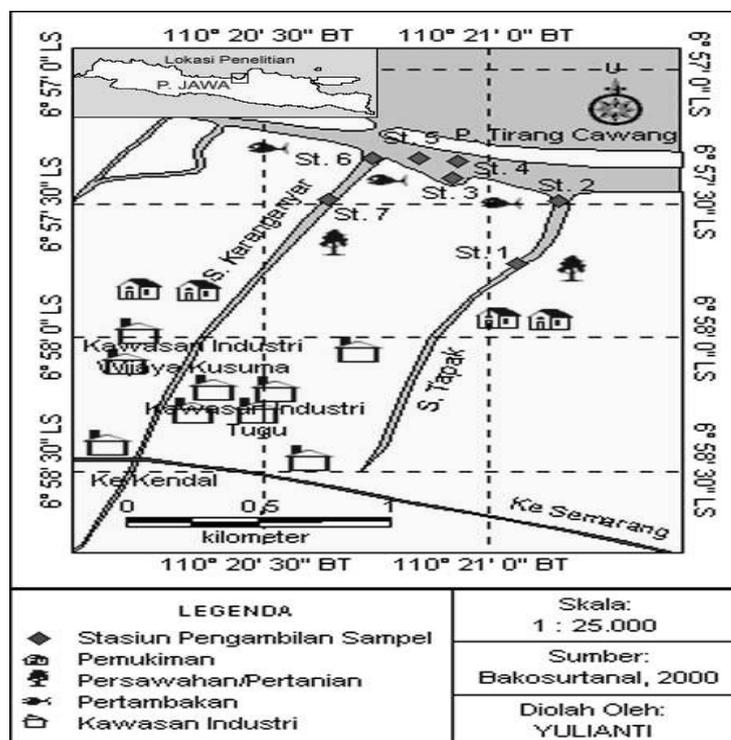
Bahan pencemar atau polutan akan terbawa oleh aliran sungai hingga mencapai perairan pulau Tirangcawang setelah melewati muara sungai

Karanganyar dan Tapak. Hal tersebut menyebabkan terjadinya pencemaran dan menurunnya kualitas air, sehingga sangat membahayakan bagi kehidupan organisme perairan terutama makrozoobenthos, yang sifat hidupnya relatif menetap di dasar perairan. Kehidupan organisme perairan tercermin dari struktur komunitasnya, yaitu nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman jenis dan berakibat pada penyesuaian pola strategi adaptasi organisme makrozoobenthos terhadap perubahan kualitas perairan yang terjadi.

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah : (1) mengkaji tingkat kualitas perairan di daerah penelitian; (2) mengkaji struktur komunitas makrozoobenthos meliputi indeks keanekaragaman jenis (H') dan keseragaman jenis (E); (3) mengkaji pola strategi adaptasi organisme makrobenthos dalam kaitannya dengan kondisi kualitas perairan yang terjadi pada saat itu (insitu).

**Materi dan Metode**

Penelitian ini mengambil lokasi di perairan pulau Tirangcawang, Pemerintah Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah. Penelitian ini telah dilaksanakan selama lebih kurang 8 (delapan) bulan, dimulai sejak tahap persiapan hingga tahap penyusunan laporan selesai, yaitu terhitung mulai bulan Maret - Oktober 2001. Adapun jumlah stasiun penelitian sebanyak 7 buah. Sampling ke lapang dilakukan sebanyak 3 kali, interval



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian dan Letak Stasiun Pengamatan Di Perairan Pulau Tirangcawang Semarang.

antar sampling 14 hari. Lokasi dan Letak tiap stasiun penelitian disajikan pada Gambar 1.

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa: sampel air, sampel organisme makrozoo benthos dan substrat (sedimen) dasar perairan yang diambil dari sejumlah stasiun penelitian yang telah ditetapkan. Sampel air diambil secara langsung pada lapisan permukaan (kedalaman air < 1 m) dengan menggunakan botol sampel. Sedangkan organisme benthos dan sedimen diambil dengan alat *Ekman grab* ukuran 20 x 30 cm. Sampel organisme makrobenthos yang telah terambil, dipisahkan dari sedimen dengan menggunakan saringan berukuran diameter 1,0 mm. Sampel benthos selanjutnya diawetkan dengan larutan formalin 4 %, dan diberi pewarna *rosebengale*. Selanjutnya dilakukan identifikasi di bawah mikroskop dengan menggunakan buku petunjuk Gosner (1971), Hutchings (1984), Dharma, (1988) dan lainnya.

Hasil pengukuran rata-rata parameter fisika-kimia perairan dibandingkan dengan Baku Mutu Air Laut untuk kepentingan kehidupan biota laut sesuai Surat Kep.Men. KLH, Nomor: 02/MEN.KLH/I988. Data makrobenthos dari hasil sampling di lapang, setelah teridentifikasi lalu dianalisis indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ ) dan keseragaman jenis (E) dengan menggunakan acuan dari Odum (1971), serta penilaian kriteria kualitas air berdasarkan nilai  $H'$  mengacu pada Wilhm (1972). Sedangkan Pola strategi adaptasi organisme benthos dalam kaitannya dengan kondisi kualitas perairan, dikaji dengan menggunakan model dari grafik Frontier (1977), yang disitir oleh Purwanto dan Putra (1984).

## Hasil dan Pembahasan

### Penilaian Kualitas Perairan

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air (Tabel 3), dapat diterangkan bahwa ada beberapa parameter yang telah melebihi baku mutu air laut yang diinginkan yaitu : kekeruhan, oksigen terlarut, COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan unsur logam berat.

Kekeruhan Air yang terukur di daerah penelitian yaitu antara 18,33 - 35,33 NTU, ternyata telah melampaui baku mutu air laut yang diinginkan yakni < 5 NTU. Namun demikian masih di bawah baku mutu yang diperbolehkan yaitu < 30 NTU, kecuali stasiun V dan VII. Hal ini menunjukkan bahwa berdasarkan parameter kekeruhan dan dikaitkan dengan tingkat pencemaran yang terjadi, maka di daerah penelitian termasuk tercemar kategori ringan. Tingginya angka kekeruhan diduga disebabkan oleh tingginya partikel terlarut (tersuspensi), (Tabel 1). Hal ini dimungkinkan

terutama di stasiun VII letaknya berada di lingkungan areal pertambakan dan lebih dekat ke arah darat yang merupakan daerah permukiman dan industri. Tingginya partikel terlarut (tersuspensi) juga bisa bersumber dari tingginya limbah organik (bahan organik) di dalam perairan, dan dapat disebabkan pula oleh turbulensi yang cukup kuat oleh arus di lokasi tersebut.

Jika mengacu pada nilai COD yang terukur di masing-masing stasiun penelitian (Tabel 1), menunjukkan bahwa di daerah penelitian termasuk tercemar berat oleh bahan-bahan organik, salah satu indikasinya ditunjukkan oleh tingginya nilai COD mencapai 84,33 mg/l yakni melampaui baku mutu air laut baik kriteria yang diperbolehkan yakni < 80 mg/l (aturan longgar) maupun yang diinginkan yakni < 25 mg/l (aturan ketat/nilai ideal). Menurut Mahida (1989) COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi secara sempurna zat-zat organik yang terdapat dalam perairan secara kimiawi. Sedangkan menurut Alaerts dan Santika (1984), angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik baik yang mudah terurai maupun yang yang sukar terurai dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut. Nilai COD meningkat sejalan dengan meningkatnya kandungan bahan organik dalam perairan (Boyd, 1982).

Tingginya kandungan COD di daerah penelitian diduga bersumber dari limbah organik yang berasal dari aktivitas pertambakan terutama dari sisa pakan yang tidak dimanfaatkan oleh udang peliharaan, yang banyak tersebar di sekitar muara sungai. Tingginya nilai COD diduga juga berasal dari buangan limbah industri yang cukup banyak terdapat di daerah hulu sungai Tapak hingga Karanganyar, terutama pabrik yang memproduksi makanan olahan seperti bumbu masak, kecap, indomie kering, chiki, dan lainnya. Menurut Alaerts dan Santika (1987), bahan organik dalam bentuk fosfat (fosfat organik) berasal dari air buangan penduduk dan sisa makanan; dalam bentuk orthofosfat berasal dari pupuk di daerah pertanian; dan dalam bentuk polifosfat berasal dari kegiatan rumah tangga dan industri yang menggunakan deterjen/sabun.

Kandungan logam berat terlarut yang terukur di masing-masing stasiun penelitian semuanya menunjukkan konsentrasi yang sangat tinggi, jauh melebihi baku mutu air laut baik yang diperbolehkan maupun yang diinginkan. Jika dibandingkan dengan baku mutu yang diperbolehkan konsentrasi logam berat dapat mencapai 10 hingga 100 kali lebih tinggi (Tabel 1). Kandungan logam berat yang relatif tinggi ini,

diduga berasal dari limbah kegiatan sejumlah industri yang beroperasi di daerah hulu penelitian terutama yang memproduksi, baterai, cat, tekstil, galvanis dan penyamakan kulit. Unsur logam berat umumnya digunakan sebagai bahan baku atau sebagai bahan tambahan dalam berbagai industri. Menurut Damono (1995), logam berat sangat diperlukan dalam proses produksi dari pabrik cat, penyamakan kulit, accu/baterai, dan alat-alat listrik.

Sedangkan berdasarkan Nilai indeks  $H'$  yang diperoleh (Tabel 5), kemudian dibandingkan dengan acuan dari Wilhm (1972), maka dapat dikatakan bahwa kondisi kualitas perairan di daerah penelitian termasuk kategori tercemar ringan hingga sedang. Lokasi penelitian yang tercemar ringan adalah stasiun I dan II; sedangkan kategori tercemar sedang adalah stasiun III, IV, V, VI, dan VII. Kondisi kualitas perairan ini sesuai dengan hasil pengukuran terhadap sejumlah parameter fisika dan kimia perairan di daerah penelitian yang telah tercemar buangan limbah organik yang berasal dari berbagai kegiatan manusia, ditandai oleh tingginya parameter kekeruhan air, parameter COD dan tingginya unsur logam berat, serta rata-rata nilai oksigen terlarut sebagian besar masih di bawah baku mutu yang diinginkan (aturan ketat/ nilai ideal), yakni 6,0 mg/l (Tabel 1). Nilai oksigen terlarut yang tinggi (nilai ideal), tidak saja sekedar berfungsi bagi mempertahankan kehidupan organisme air, tapi yang lebih penting adalah untuk pertumbuhan dan perkembangannya serta untuk melangsungkan/ menyelesaikan proses-proses fisiologis dan metabolisme bagi makhluk hidup dalam air itu sendiri.

### **Struktur Komunitas Makrozoobenthos**

Berdasarkan hasil sampling yang dilakukan selama penelitian menunjukkan bahwa ada sekitar 23 genus organisme makrobenthos yang berhasil didapatkan di daerah penelitian. Dari jumlah ini, kelas Gastropoda didapatkan 10 genus; kelas Bivalvia 6 genus; kelas Crustacea genus; dan kelas Polychaeta 5 genus (Tabel 4, 5, 6). Dari Tabel ini, terlihat bahwa dari kelas Gastropoda memiliki jumlah individu dan jumlah genus yang terbanyak terutama *Cerithium*, *Rhinoclavis*; kemudian dari kelas *Polychaeta* adalah *Nereis*, *Nephtys*, dan *Capitella*; sedangkan dari kelas lain seperti Bivalvia dan Crustacea rata-rata kelimpahan individu genus relatif rendah.

Melimpahnya genus-genus benthos yang ditemukan dari kelas Gastropoda tersebut di atas bisa dimengerti mengingat organisme tersebut bersifat pemakan detritus dan bersifat predasi terutama pemakan bangkai hewan yang telah mati (*Scavenger*),

(Pillay, 1970 dalam Ruswahyuni 1974). Karena sifat-sifat tersebut maka menjadikan organisme ke tiga genus di atas, dapat tinggal di daerah itu untuk memanfaatkan makanan dan mengatur ruang intertidal serta dapat mengambil alih hampir seluruh ruang di estuaria terutama dasar perairan yang bersubstrat pasir (*sand*) dan lumpur (*silt*). Kondisi di atas juga ditemukan dari hasil penelitian Yusuf (1994; 1995), bahwa makrozoobenthos dari genus Gastropoda selalu ditemukan dan mendominasi pada setiap periode sampling selama penelitian berlangsung, terutama pada substrat pasir dan lumpur. Tipe substrat ini sangat disukai dengan cara menggerombol, yang diduga karena tersedianya cukup bahan organik yang terikat dan terkandung di dalam substrat lumpur dan pasir, serta aliran arus air cukup kuat dan tidak menjadikan air menjadi keruh, sehingga cocok untuk kehidupan dan habitatnya. Sedangkan dari kelas-kelas yang lain seperti Bivalvia, Crustacea dan Polychaeta tampaknya kurang menyukai atau kurang sesuai dengan kondisi lingkungan sebagaimana disebutkan di atas. Diduga habitat atau substrat berperan penting terhadap kelimpahan individu jenis, di samping kondisi kualitas air yang mendukung.

Indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ ) rata-rata di setiap stasiun penelitian berkisar antara 1,13 -2,20 (Tabel 5). Kisaran nilai indeks  $H'$  di daerah penelitian ini masih tergolong rendah sampai dengan sedang (di bawah 2,0 dan diantara 2,0 - 2,5). Stasiun penelitian yang memiliki indeks  $H'$  di atas 2,0 hanya ditemukan di stasiun I dan II, sedangkan di stasiun yang lainnya di bawah 2,0. Rendahnya nilai indeks keanekaragaman ini menunjukkan bahwa kelimpahan individu pada masing-masing spesies tidak merata. Jika dikaitkan dengan kondisi lingkungan, maka hal ini menunjukkan bahwa lingkungan di daerah penelitian dianggap kurang atau tidak mampu mendukung bagi berlangsungnya proses-proses kehidupan organisme secara baik. Ketidakmampuan lingkungan tersebut, diduga disebabkan oleh perairan setempat sedang mendapat *stress* atau tekanan ekologis yang cukup besar yang bisa berupa pencemaran atau adanya kegiatan eksploitasi sumberdaya perikanan yang merusak habitat di daerah penelitian. Selama penelitian berlangsung, dijumpai kegiatan penangkapan ikan dan udang dengan memakai jaring tebar yang dilakukan oleh sejumlah orang/nelayan sambil berjalan, berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain. Berpindahnya tempat dalam menangkap (menjaring) ikan dan udang dari satu tempat ke tempat lain sambil berjalan ini, dapat merusak dan mengganggu habitat hidup makrobenthos yang sifat hidupnya relatif menetap di

permukaan dasar perairan. Menurut Odum (1971), nilai kisaran Indeks  $H'$  tersebut di atas dikatakan masih relatif kecil (rendah), mengingat perairan estuaria (pantai) umumnya subur dan mempunyai produktivitas yang cukup tinggi. Perairan estuaria yang tercemar oleh kegiatan manusia dapat berakibat rendahnya nilai keanekaragaman jenis  $H'$  organisme air. Menurut Yusuf (1994), dan Nitisupardjo *et al* (1994), nilai  $H'$  antara di atas 2 - 3 perairan termasuk tercemar ringan (kualitas air sedang); dan 1,0 - 2,0 perairan termasuk tercemar cukup berat (kualitas air buruk).

Jika dilihat lebih cermat hasil perhitungan indeks  $H'$  sebagaimana terlihat pada Tabel 7, umumnya terjadi kenaikan indeks  $H'$  selama penelitian (3 kali sampling). Hal ini dapat menjelaskan bahwa minimal selama kurun waktu penelitian ( $\pm 1,5$  bulan) sudah memperoleh sedikit gambaran bahwa kondisi lingkungan di daerah penelitian telah mengalami perbaikan, tekanan ekologis mulai berkurang, kompetisi antar jenis mulai menurun serta meningkatnya jumlah spesies yang disertai dengan kelimpahan individu yang lebih seragam/merata diantara spesies.

Nilai indeks keseragaman (E) rata-rata di setiap stasiun penelitian berkisar antara 0,80 - 0,86 (Tabel 7), kecuali stasiun VII nilainya sekitar 0,95. Nilai indeks E pada masing-masing stasiun penelitian umumnya dikatakan lebih seragam dengan fluktuasi nilai kecil. Kisaran nilai indeks E tersebut tergolong cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai keseragaman jenis mendekati 1,0 berarti kelimpahannya individu antar spesies pada masing-masing stasiun penelitian cenderung merata, dan kompetisi antar jenis relatif kecil, produktivitas biologis relatif tinggi.

### **Strategi Adaptasi Makrozoobenthos**

Hasil analisis pola strategi adaptasi organisme makrobenthos dalam kaitannya dengan kondisi kualitas lingkungan perairan disajikan pada Gambar 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. Dari gambar-gambar ini dapat dijelaskan bahwa pola strategi adaptasi organisme makrobenthos di daerah penelitian selama penelitian dapat terbagi ke dalam dua lingkungan spasial, yaitu (1) stasiun I, II, III dan IV kondisinya mengarah ke stadia III, menunjukkan bahwa produktivitas biologis mulai menurun, namun kondisinya masih baik, diversitas menurun, kompetisi antar jenis sedang, dan *survival rate* cukup/sedang; (2) stasiun V, VI, dan VII pola strategi adaptasi mengarah ke stadia I, menunjukkan bahwa produktivitas biologis rendah, kondisi labil, kompetisi antar jenis tinggi, dan *survival rate* minimum. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa stasiun penelitian yang berada di muara sungai

Tapak (stasiun I, II) walau telah mengalami penurunan kualitas lingkungan, tetapi secara umum kondisi ekosistemnya masih baik. Sedangkan stasiun penelitian yang berada di muara sungai Karanganyar (stasiun V, VI, VII) kondisi lingkungan dan ekosistemnya sudah labil, dan tidak mendukung bagi kehidupan organisme secara baik.

Menurut Yusuf (1994; 2001) kondisi lingkungan perairan yang sedang mengalami gangguan atau tekanan ekologis baik yang disebabkan oleh pencemaran maupun kegiatan manusia lainnya, maka pola strategi adaptasi organisme air (makrobenthos) akan mengarah pada stadia III, yang berarti mencirikan kondisi lingkungan telah mengalami penurunan atau gangguan, namun kondisi lingkungan dan komunitas organisme makrobenthos masih baik; dan jika kondisi lingkungan ini terus mengalami penurunan atau memburuk maka akan mengarah pada pola stadia I, yang berarti lingkungan setempat telah mengalami gangguan berat, kondisi lingkungan labil dan komunitas organisme makrobenthos menjadi juvenil (tidak matang).

### **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Kondisi perairan di daerah penelitian telah tercemar oleh buangan limbah manusia, ditunjukkan oleh tingginya nilai kekenuhan air, COD, dan unsur-unsur logam berat.
- Terdapat 23 genus organisme makrobenthos, meliputi kelas Gastropoda (10 genus), kelas Bivalvia (6 genus), kelas Crustacea (2 genus), dan kelas Polychaeta (5 genus). Dari jumlah ini, kelas Gastropoda memiliki kelimpahan individu yang terbanyak terutama dari genus *Cerithium*, *Rhinoclavis*; kemudian dari kelas Polychaeta adalah *Nereis*, *Nephtys*, dan *Capitella*.
- Nilai indeks  $H'$  di daerah penelitian umumnya relatif rendah kecuali di stasiun I dan II termasuk kategori sedang. Dikaitkan dengan tingkat pencemaran yang terjadi, maka kondisi kualitas airnya termasuk kategori tercemar ringan sampai sedang.
- Pola strategi adaptasi di daerah penelitian yang mengarah kepada kondisi ekosistemnya masih baik, dan produktivitas biologis mulai menurun adalah stasiun I, II, III dan IV. Sedangkan yang mengarah kepada kondisi yang labil (juvenil), dan produktivitas biologis rendah adalah stasiun V, VI dan VII. Di muara sungai Tapak (stasiun I dan II)

kondisi ekosistemnya lebih baik dibandingkan dengan di muara sungai Karanganyar (stasiun V, VI, VII).

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pengelola Kampus Kelautan di Teluk Awur Jepara khususnya Pengelola Laboratorium Oseanografi yang telah membantu menyediakan peralatan sampling baik untuk air maupun organisme makrobenthos. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Pimpinan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta dan segenap Staf Lab atas kesediaannya membantu dalam menganalisa kualitas air. Demikian pula ucapan terima kasih kepada 2 orang mahasiswa Ilmu Kelautan yang telah membantu, yaitu sdr Yulianti dan Daru Barata Katsum, dan semua pihak termasuk penyedia Dana yaitu Dirjen Dikti dan Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.

### Daftar Pustaka

- Alaerts, G., dan S. S. Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional Surabaya.
- Brower, J.E. and J.H. Zar, 1977. *Field and Laboratory Methods For General Ecology*. W.M.C. Brown Comp. Publishing Co. Inc, New York.
- Boyd, C. E. 1982. *Water Quality in Warm Water Fish Ponds*. Agricultural Experiment Station, Auburn University. Auburn, Alabama, USA.
- Darmono, 1995. *Logam Berat Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit UI Press Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1990. *Pencemaran Laut Oleh Logam Berat dalam Kursus Pemantauan Pencemaran Laut III Jakarta 14 - 23 Agustus 1990*. P30 (Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi) - LIPI Jakarta.
- Keputusan Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor : 02/MEN. KLH/I/1988. *Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan*. Kantor Menteri Negara KLH, 1988.
- Mahida, U. N. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Penerbit C.V. Rajawali Jakarta.
- Nitisupardjo, M., S. W. Saputra dan A. Solikhin. 1994. *Faktor Konsentrasi Logam Berat Dalam Makrozoobenthos di Perairan Sungai babon*. Laporan Penelitian, Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Diponegoro.
- NTAC, 1968. *Water Quality Criteria*. Federal Water Pollution Control Administration, Washington.
- Odum, H. T. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3<sup>rd</sup> ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia. 574 p.
- Purwanto, J. dan S. Putra, 1984. *Telaah Ekologi Komunitas Organisme Akuatik di Padang Sea Grass Dalam Rangka Pengelolaan Perairan Teluk Banten*. Fakultas Perikanan IPB Bogor.
- Ruswahyuni, 1974. *Cerithidea Sebagai Hama di Tambak dengan Menggunakan Brestan-60*. Skripsi. Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wilhm, J.L. 1975. *Biological Indicators of Pollution*. In B.A. Whiton, ed. *River Ecology*. Blackwell Sci. Publ.
- Yusuf, M. 1994. *Dampak Pencemaran Perairan Pantai Terhadap Struktur Komunitas Makrozoobenthos dan Kualitas Lingkungan Perairan Di Laguna Pulau Tirangcawang Semarang*. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Tesis S-2, tidak dipublikasikan.
- Yusuf, M., Pinandoyo, dan I. Riyantini. 1995. *Dampak Pencemaran Pantai Terhadap Stabilitas Ekosistem Perairan dan Struktur Komunitas Hewan Makrobenthos*. Laporan Penelitian, Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.
- Yusuf, M., G. Handoyo, dan Kunarso. 2001. *Kajian Tingkat Pencemaran Perairan dan Strategi Adaptasi Organisme Makrobenthos Di Perairan Pulau Tirangcawang Semarang*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

**Tabel 1.** Nilai Rataan Hasil Pengukuran Kualitas Air pada Masing-masing Stasiun Penelitian, di Perairan Pulau Tirangcawang Semarang, Selama Penelitian.

Parameter	Satuan	Stasiun Penelitian							Baku Mutu Air Laut :	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	1**	2**
<b>Fisika:</b>										
Temperatur	°C	30,67	30,93	32	31	32,67	32,17	32,67	-	-
Kekeruhan	NTU	19,67	18,33	26,33	29	35,33	24,67	31	< 30	< 5
TSS	mg/l	6,67	5,67	8,67	12,33	10,67	10,67	7,0	< 80	< 25
Kedalaman	m	1,02	0,71	0,72	0,61	0,81	0,83	0,27	-	-
Keceperahan	m	0,33	0,41	0,39	0,37	0,38	0,43	0,940	-	-
Kecepatan Arus	m/dt	0,11	0,06	0,04	0,03	0,04	0,06	0,50	-	-
<b>Kimia:</b>										
Salinitas	‰	31	30	30	30	30	30	29	10 % alami alami	
pH	-	8,07	8,07	8,13	8,13	8,17	8,17	8,20	6 - 9	6,5 - 8,5
DO	mg/l	5,27	4,52	5,72	6,31	6,87	5,27	4,37	> 4,0	> 6,0
BOD-5	mg/l	11,67	12,20	11,80	11,80	11,93	11,87	12,47	< 45	< 25
COD	mg/l	83,30	83,67	83,67	83,67	79,67	82,33	84,33	< 80	< 40
Nitrat	mg/l	0,460	0,49	0,47	0,44	0,45	0,47	0,51	-	-
Amonia	mg/l	0,0216	0,0444	0,0261	0,0200	0,0138	0,0379	0,026	< 1,0	< 0,3
Total Fosfat	mg/l	2,705	2,352	2,132	3,646	5,745	2,427	2,391	-	-
<b>Logam Berat</b>										
Cu	mg/l	0,108	0,109	0,435	0,100	0,100	0,098	0,90	< 0,06	0,001
Cd	mg/l	0,045	0,0448	0,0460	0,044	0,042	0,040	0,038	< 0,01	0,00002
Pb	mg/l	0,210	0,358	0,349	0,299	0,339	0,346	0,389	< 0,01	0,00002
Ni	mg/l	0,459	0,436	0,440	0,425	0,454	0,434	0,407	< 0,002	0,007

**Keterangan :**

- Stasiun I, II = berada di muara sungai Tapak
- IV, VII = berada di muara sungai Karanganyar
- III, IV, V = berada diantara muara sungai Tapak dan Karanganyar
- 1\*\* = Baku Mutu Air Laut yang Diperbo lehan, bagi kepentingan kehidupan biota/budidaya perikanan.
- 2\*\* = Baku Mutu Air Laut yang Diinginkan, bagi kepentingan kehidupan biota/budidaya perikanan.

**Tabel 2.** Kelimpahan Individu Jenis Makrozoobentos (ind/m<sup>2</sup>) di Perairan Pulau Tirang cawang Semarang, pada sampling ke-1.

No	Genus	Stasiun Pengamatan						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>Gastropoda</b>								
1	<i>Cerithium</i>	61	100	67	72	117	11	-
2	<i>Cerithidea</i>	-	17	-	-	-	-	-
3	<i>Rhinoclavis</i>	-	111	72	133	89	50	-
4	<i>Littorina</i>	-	44	22	33	39	78	-
5	<i>Nodilittorina</i>	6	-	-	-	-	11	-
6	<i>Architectonica</i>	-	6	-	6	-	-	-
7	<i>Melanoides</i>	-	6	-	-	-	-	-
8	<i>Nassarius</i>	6	6	-	-	-	-	-
<b>Bivalvia</b>								
9	<i>Septifer</i>	6	-	-	-	-	-	-
10	<i>Tellina</i>	6	33	11	-	-	-	-
11	<i>Anadara</i>	-	6	-	-	-	-	6
12	<i>Donax</i>	-	33	-	-	-	-	-
<b>Crustacea</b>								
13	<i>Scylla</i>	6	-	-	-	-	-	-
14	<i>Penaeus</i>	6	6	-	-	-	-	6
<b>Polychaeta</b>								
15	<i>Nereis sp</i>	22	33	28	-	-	-	17
16	<i>Nephtys sp</i>	6	28	22	-	6	-	-
17	<i>Nephtys sp</i>	45	17	17	11	-	-	11
18	<i>Capitella sp</i>	11	6	6	-	-	-	-
19	<i>Ophelia sp</i>	6	-	-	-	-	-	-
19	<i>Serpuli sp</i>	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah		187	452	245	255	251	150	40

Keterangan : Sampling ke-1, dilakukan pada tanggal 14 Agustus 2001

**Tabel 3.** Kelimpahan Individu Jenis Makrozoobentos (ind/m<sup>2</sup>) di Perairan Pulau Tirang cawang Semarang, pada sampling ke-2.

No	Genus	Stasiun Pengamatan						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>Gastropoda</b>								
1	<i>Cerithium</i>	17	33	39	67	11	11	11
2	<i>Cerithidea</i>	6	22	-	28	-	-	-
3	<i>Rhinoclavis</i>	6	72	-	67	22	11	-
4	<i>Littorina</i>	17	33	39	11	-	33	-
5	<i>Nodilittorina</i>	11	-	-	6	6	-	-
6	<i>Architectonica</i>	6	6	-	6	6	-	-
7	<i>Nassarius</i>	94	22	-	11	-	11	-
8	<i>Cymatium</i>	11	-	-	-	-	-	-
9	<i>Telescopium</i>	-	-	-	-	-	6	-
10	<i>Turritella</i>	11	6	-	11	6	22	-
<b>Bivalvia</b>								
11	<i>Septifer</i>	6	-	-	-	-	-	-
12	<i>Tellina</i>	28	6	-	-	6	6	-
13	<i>Donax</i>	-	6	-	-	-	6	6
14	<i>Macra</i>	-	-	-	-	6	-	-
<b>Polychaeta</b>								
15	<i>Nereis sp</i>	11	89	6	11	-	6	-
16	<i>Nephtys sp</i>	50	-	28	17	11	-	-
17	<i>Capitella sp</i>	33	-	6	-	-	6	6
18	<i>Ophelia sp</i>	11	-	-	-	-	-	-
19	<i>Serpulii sp</i>	11	-	61	-	6	6	-
Jumlah		329	422	179	235	80	124	23

Keterangan : Sampling ke-2 dilakukan pada tanggal 28 Agustus 2001

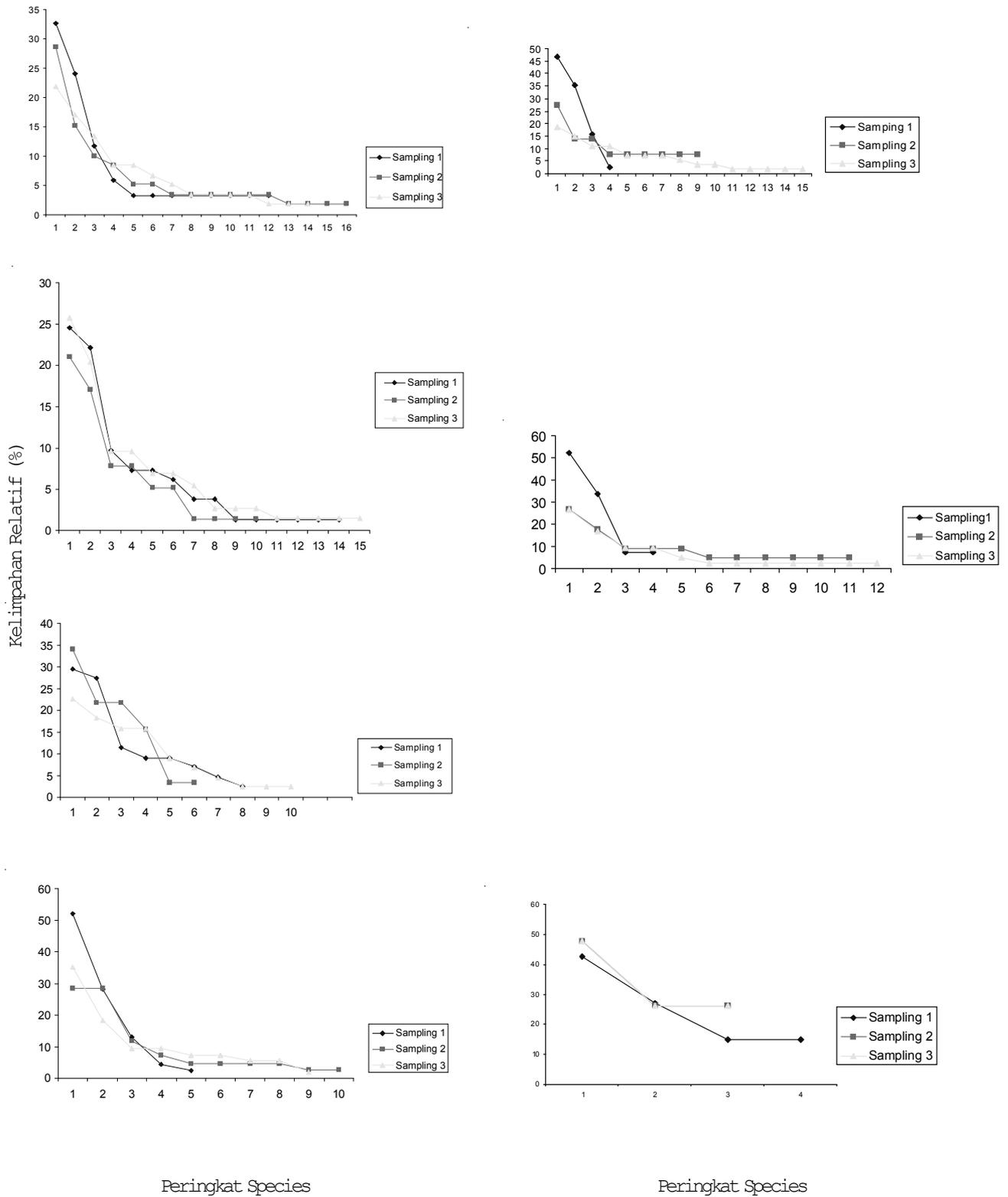
**Tabel 4.** Kelimpahan Individu Jenis Makrozoobentos (ind/m<sup>2</sup>) di Perairan Pulau Tirang cawang Semarang, pada sampling ke-3.

No	Genus	Stasiun Pengamatan						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>Gastropoda</b>								
1	<i>Cerithium</i>	11	39	45	28	45	61	-
2	<i>Cerithidea</i>	-	22	39	28	22	22	-
3	<i>Rhinoclavis</i>	44	83	56	106	56	39	-
4	<i>Littorina</i>	22	11	17	6	33	6	-
5	<i>Nodilittorina</i>	6	-	-	-	6	-	-
6	<i>Architectonica</i>	11	11	-	-	-	-	-
7	<i>Nassarius</i>	28	28	6	-	6	6	-
8	<i>Telescopium</i>	-	-	-	-	-	6	-
9	<i>Oliva</i>	6	6	-	-	-	-	-
10	<i>Turritella</i>	6	6	6	22	33	33	-
<b>Bivalvia</b>								
11	<i>Septifer</i>	11	-	-	-	-	-	-
12	<i>Tellina</i>	17	-	-	-	-	6	-
13	<i>Donax</i>	-	6	-	-	11	-	-
14	<i>Pholas</i>	-	6	-	-	6	-	-
15	<i>Solen</i>	-	6	-	-	-	-	-
16	<i>Tapes</i>	-	-	-	-	6	11	-
<b>Crustacea</b>								
17	<i>Scylla</i>	11	-	-	-	-	-	-
18	<i>Penaeus</i>	-	-	-	-	-	-	6
<b>Polychaeta</b>								
19	<i>Nereis sp</i>	56	105	11	22	22	6	-
20	<i>Nephtys sp</i>	28	39	-	17	22	6	6
21	<i>Capitella sp</i>	72	28	22	17	17	6	11
22	<i>Ophelia sp</i>	-	-	6	-	6	-	-
23	<i>Sabella sp</i>	-	11	39	55	11	22	-
Jumlah		329	407	247	301	302	230	23

Keterangan : Sampling ke-3 dilakukan pada tanggal 12 September 2001

**Tabel 5.** Jumlah Jenis, Nilai Indeks Keanekaragaman Jenis dan Keseragaman Jenis Makrozoobentos di Daerah Penelitian.

Stasiun Penelitian	Variabel	Waktu Pengamatan (sampling)			Rata-rata
		I	II	III	
I	S	12	16	14	14
	H	1,94	2,31	2,31	2,19
	E	0,78	0,87	0,87	0,83
II	S	15	12	15	14
	H	2,12	2,02	2,16	2,10
	E	0,78	0,81	0,80	0,80
III	S	8	6	10	8
	H	1,8	1,55	1,97	1,77
	E	0,86	0,87	0,86	0,86
IV	S	5	10	9	8
	H	1,17	1,97	1,88	1,67
	E	0,73	0,86	0,85	0,81
V	S	4	9	15	9
	H	1,07	2,06	2,46	1,86
	E	0,77	0,94	0,85	0,85
VI	S	4	11	13	9
	H	1,06	2,14	2,31	1,84
	E	0,76	0,89	0,90	0,85
VII	S	4	3	3	3
	H	1,30	1,05	1,05	1,13
	E	0,94	0,95	0,95	0,95



Gambar 3. Pola Strategi Adaptasi Model Frontier di Stasiun Selama Penelitian.