



LAPORAN KEGIATAN

**PEMETAAN SPASIAL SEBAGAI DASAR ANALISIS KONDISI HEWAN
MAKROBENTOS AKIBAT BUANGAN AIR LIMBAH PLTU-PLTGU
(Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok, Semarang)**

OLEH:
BADRUS ZAMAN, ST, MT
HARYONO SETIYO HUBOYO, ST, MT

Dibiayai dengan dana DIK Rutin Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2004, sesuai dengan Perjanjian Tugas Pelaksanaan Penelitian Para Dosen Universitas Diponegoro, Nomor : 1269a/J07.11/PG/2004, Tanggal 5 Mei 2004

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEPTEMBER, 2004**

**IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN KEMAJUAN
PENELITIAN DIK RUTIN**

1. a. Judul Penelitian : Pemetaan Spasial Sebagai Dasar Analisis Kondisi Hewan Makrobentos Akibat Buangan Air Limbah PLTU-PLTGU (Studi Kasus: *PLTU-PLTGU Tambak Lorok, Semarang*)
- b. Kategori Penelitian : Mengembangkan ipteks
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Badrus Zaman, ST, MT
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. Pangkat/Golongan/NIP : IIIa/132 257 831
 - d. Jabatan : Asisten Ahli
 - e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Program Studi Teknik Lingkungan
 - f. Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro
3. Jumlah Tim Peneliti : 2 orang
4. Lokasi Penelitian : Pantai Semarang
5. Bila Penelitian ini merupakan peningkatan kerjasama kelembagaan sebutkan :
 - a. Nama Instansi : -
 - b. Alamat : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp. 3.000.000
(Tiga Juta Rupiah)

Semarang, 27 September 2004

Mengetahui :

Dekan

Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro



Ir. H. Sri Eko Wahyuni, MS
NIP: 130 898 929

Ketua Peneliti,

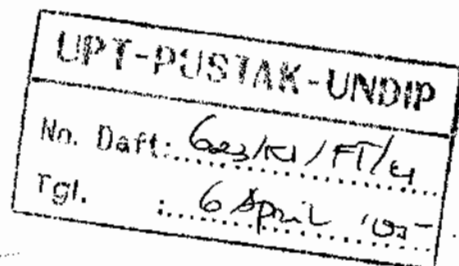
Badrus Zaman, ST, MT
NIP: 132 257 831

Menyetujui

Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Diponegoro



Prof. Dr. Ign. Riwanto, Sp. Bd.
NIP 130 529 454



RINGKASAN

Pada pelaksanaan operasional PLTU-PLTGU di Tambak Lorok Jawa Tengah dihasilkan air limbah panas yang di buang secara langsung ke badan sehingga badan air sekitarnya akan mengalami peningkatan temperatur. Salah satu efek yang dapat terjadi adalah menurunnya produktifitas bentik sejalan dengan kenaikan temperatur yang melebihi kondisi alamiahnya. Hal ini disebabkan hewan makrobentos yang menghuni lingkungan akuatik dalam jangka waktu yang cukup lama dan mempunyai sifat hidup yang relatif menetap.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya hanya berdasarkan pada tinjauan secara ekologi dan efek biologisnya sehingga sering kurang informatif dan kurang memberikan kemudahan analisa. Salah satu sistem yang mampu menampilkan hasil secara spasial dalam bentuk gambar yang obyektif dan informatif serta mempermudah analisa kondisi penyebaran limbah air panas dan perubahan kondisi hewan makrobentos adalah dengan sistem pemetaan.

Sampling dilakukan secara purposif sampling sebanyak 14 (empat belas) stasiun di dalam kolam pelabuhan dan 2 (dua) stasiun kontrol di luar kolam pelabuhan. Frekuensi sampling sebanyak 4 kali dengan selang waktu 7 (tujuh) hari. Data yang diambil adalah temperatur dan hewan makrobentos. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan Program surfer versi 7.0.

Hasil penelitian menemukan adanya 7 (tujuh) kelas makrobentos dengan urutan jumlah individunya Bivalvia > Crustacea > Gastropoda > Polychaeta > Stelleroidae > Decapoda > Holothuroidea dan pola spasial yang terbentuk menunjukkan pada kelas Bivalvia jumlah individunya semakin meningkat dengan semakin jauhnya dari saluran pembuangan limbah (titik 437083.8 ; 9232891) dan terkonsentrasi dengan jumlah yang melimpah di bagian tengah kolam pelabuhan. Pada kelas crustacea khususnya yang ditemukan yaitu jenis teritip atau bernakel (*Balanus balanoides*) distribusinya bersifat sebaliknya yaitu jumlahnya menurun dengan semakin jauhnya jarak dari saluran pembuangan limbah dan dibagian tengah kolam pelabuhan jumlahnya menurun drastis hingga di bawah 20 individu dan ada bagian yang sama sekali tidak ditemukan adanya jenis ini. Distribusi kelas Gastropoda hampir sama dengan kelas crustacea dimana jumlahnya menurun dengan semakin jauh dari saluran pembuangan dan dibagian tengah kolam ditemukan kurang dari 5 individu. Distribusi kelas polychaeta tampak terkonsentrasi di bagian yang tidak terlalu jauh dari saluran pembuangan dan dibagian lain ditemukan dalam jumlah yang relatif sedikit. Sedangkan distribusi kelas Stelleroidea, Decapoda dan Holothuroidea lebih disebabkan oleh aktifitas mobilisasi dari kelas ini sehingga ditemukan dalam jumlah yang relatif sedikit dan pada beberapa stasiun bahkan tidak ditemukan adanya jenis untuk kelas ini.

Pola Indeks Keanekaragaman menunjukkan nilai indeks yang rendah ($<0,6$). Nilai indeks keanekaragaman naik dengan semakin jauh dari saluran pembuangan tetapi di sebagian kecil tengah kolam pelabuhan kembali menurun di bawah 0,6 dan naik kembali di sekitar break water tetapi hanya berkisar sampai 0,85. Kondisi secara umum menunjukkan di sebagian besar area kolam pelabuhan telah terjadi pencemaran berat dan hanya sebagian kecil yang masuk katagori tercemar ringan.

Pola indeks Keseragaman hampir sama dengan indeks keanekaragaman dimana di sekitar saluran pembuangan relatif rendah ($<0,5$) tetapi kemudian naik dengan cepat dengan semakin jauhnya jarak dari saluran pembuangan tetapi menurun kembali di tengah kolam sampai di bawah 0,3 dan naik kembali di sekitar breakwater meskipun tidak begitu besar (sekitar 0,05). Hal ini menunjukkan adanya dominasi spesies disekitar saluran pembuangan limbah. Semakin jauh dari saluran pembuangan dominasinya berkurang tetapi

mengalami dominasi kembali di sekitar tengah kolam pelabuhan dan faktor dominasi kembali berkurang di sekitar break water.

Berdasarkan pola temperatur yang terbentuk nampak pada pagi hari gradasinya belum merata, pada siang hari sebarannya mulai meluas dan terjadi kenaikan sekitar 1^oC tetapi hal ini juga dapat disebabkan kenaikan oleh pengaruh sinar matahari. Pada sore hari sebarannya lebih jelas terlihat terjadi penurunan dari saluran pembuangan limbah ke tengah kolam secara gradual dari sekitar 33,5 ^oC turun sampai 29,5 ^oC. Temperatur tertinggi yang terukur terjadi di titik saluran pembuangan tetapi masih pada tingkat yang dapat ditolerasi oleh organisme bentos

Bila dilihat pola temperatur yang terbentuk dengan pola indeks keanekaragaman dan indeks keseragaman terlihat hubungan yang signifikan hanya terjadi disekitar saluran pembuangan dimana pada temperatur yang relatif tinggi terjadi dominasi dan keanekaragaman yang rendah. Hal ini menunjukkan kemungkinan kondisi yang terjadi bukan hanya disebabkan oleh adanya pola distribusi temperatur sesaat tetapi sebagai akibat buangan air limbah dari PLTU-PLTGU secara kontinyu dalam jangka waktu lama dan kemungkinan faktor-faktor lain seperti substrat dasar, Kecepatan Arus, Kedalaman, Kecerahan, Salinitas, pH, DO, Nitrogen, dan fosfor.

Kata Kunci: Polusi, Air Limbah Panas, Temperatur, Hewan Makrobentos, Indeks keanekaragaman, Indeks Keseragaman, Perpetaan

Summary

On the operation of Electric Power Plant at Tambak Lorok Central Java discharged thermal water to harbour pond and rise in water temperature. One of the effect is decreasing benthic productivity with increasing water temperatur exceed natural temperature. It's caused zoomacroenthos in this location live permanently and in a long time.

Earlier researchs based on ecological and biological effect, this condition make information and analize are not enough. Maping is one of the system to result spatial picture with objective, informatif, and easier to analize both temperature distribution and zoomacroenthos changes.

Sampling at 14 points (fourteen) in pond and 2 (two) points for control in outer pond With purposive Sampling method. Sampling frequency done by 4 (four) different times with interval time is 7 (seven) days. Then, both temperature and zoomacroenthos data input to Surfer Programme (version 7.0)

The Result of this research found 7 (seven) classes of zoomacroenthos with sequence individual amount are: Bivalvia > Crustacea > Gastropoda > Polychaeta > Stelleroidae > Decapoda > Holothuroidae. Spatial pattern individual amount of Bivalvia shown increases with increasing distance from thermal water discharge channel (at position 437083.8; 9232891) and abundance amount condition has occurance in centre harbour pond. Bernacles (*Balanus Balanoides*) is Crustacean Class that found in harbour pond and the distribution is opposite with bivalvia. It's amount are decreases with increasing distance from thermal water discharge channel and the amount are drastically decrease at centre pond less than 20 (twenty). Crustacean class didn't found in minor location. The distribution of Gastropoda are similarly with crustacea. where it's amount are decreases with increasing distance from thermal water discharge channel and founded less than 5 individual in centre harbour pond. The Polychaeta are concentrated at near of

thermal water discharge channel and other location found with slightly quantity. The distribution of Stelleroidae, Decapoda, and Holothuroidea are caused by high mobility and found with slightly quantity until none.

Diversity index pattern shown at thermal water discharge channel had low outcome (<0.6) and then increases with increasing distance from thermal water discharge channel (until >1.1) but in centre harbour pond the value decrease until less than 0.6. At near break water, the value of diversity index gain to 0.85. All condition in harbour pond shown medium until worse pollution criteria.

Similarity index pattern shown similarly with diversity index pattern, where at thermal water discharge channel had low outcome (<0.5) but increases with increasing distance from thermal water discharge channel and in centre harbour pond the value decrease until less than 0.3, then increase again in near break water, but not excessively (approximately add 0.05). This condition shown domination in thermal water discharge channel and domination factor decreases with increasing distance from thermal water discharge channel but the domination happened again in centre harbour pond. Domination factor decrease at break water around.

Based on temperature pattern, in the morning the temperature be spread yet. In daylight the temperature start to be spread widely and caused by sunlight, temperature increase 1^o C. In early evening the temperature in harbour pond be spread evenly. The temperature gradually decreases with increasing distance from thermal water discharge channel (33.5^o C to 29.5^o C). Highest temperature measured at thermal water discharge channel but this temperature still can be tolerated by zoomacro-benthos.

Significant correlation of temperature pattern with diversity index and similarity index just shown at surrounding thermal water discharge channel. This condition not only caused by moment temperature pattern but affected by continue thermal water discharged from electric power plant and eventually by other factor such as benthic substrat, current celerity, water depth, water clarity, salinity, pH, Dissolved Oxygen, Nitrogen, and Phospor.

Key Words: Pollution, Thermal Water, Temperature, Zoomacro-benthos, Diversity Index, Similarity Index, Mapping

PRAKATA

Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena hanya dengan seijinNya laporan ini dapat terselesaikan. Penelitian ini hanya sebagai langkah awal dalam usaha untuk mempermudah analisa kondisi makrobentos di lokasi yang menjadi area pembuangan limbah panas dari kegiatan PLTU-PLTGU.

Tim Peneliti sampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada Departemen Pendidikan Nasional yang telah memberikan dana melalui DIK Rutin sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar juga kepada para mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan dan Jurusan Biologi serta teknisi laboratorium Jurusan Biologi yang telah memperlancar pelaksanaan sampling, identifikasi, dan analisa.

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu khususnya yang berkaitan dengan masalah lingkungan dan dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut sehingga hasil yang diperoleh semakin baik dan lebih informatif.

Semarang, 27 September 2004

Tim Peneliti

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 5.1. Stasiun sampling dan rata-rata jumlah individu makrobentos yang ditemukan berdasarkan kelasnya	11
Tabel 5.2. Posisi Stasiun Sampling dan Nilai Indeks Keanekaragaman dan Indeks Keseragaman	15
Tabel 5.3. Kriteria Perairan Berdasarkan Nilai Indeks Keanekaragaman (H')	16

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1. Peta posisi pengambilan sampel lokasi penelitian	10
Gambar 5.1. Pola Distribusi Kelas Bivalvia, Crustacea, Gastropoda, Polychaeta, Stelleroidae, dan Decapoda Berdasarkan Jumlah Individu di Kolam Pelabuhan	13
Gambar 5.2. Pola Distribusi Kelas Holothuridae Berdasarkan Jumlah Individu di Kolam Pelabuhan	14
Gambar 5.3. Pola Nilai Indeks Keanekaragaman dan Indeks Keseragaman di Kolam Pelabuhan	16
Gambar 5.4. Pola Distribusi Temperatur di Kolam Pelabuhan Pada Pagi, Siang dan Sore Hari	17

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian	22
Lampiran 2. Foto Sebagian Peralatan Sampling Yang Digunakan, Pelaksanaan Sampling, dan Beberapa Contoh Hewan Makrobentos Yang Ditemukan	23
Lampiran 3. Riwayat Hidup Ketua Peneliti	24
Lampiran 4. Riwayat Hidup Anggota Peneliti	25

I. PENDAHULUAN

Berkembangnya berbagai kegiatan industri terutama industri yang memerlukan energi listrik mendorong terjadinya peningkatan kebutuhan akan ketersediaan energi listrik yang memadai. Usaha untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan pembangunan pembangkit tenaga listrik. Salah satu jenis pembangkit listrik di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTU-PLTGU). Untuk mensuplai kebutuhan listrik di Jawa dan Bali dibangun PLTU-PLTGU di Tambak Lorok Jawa Tengah yang saat ini telah dikembangkan menjadi tiga unit pembangkit.

Pada pelaksanaan operasional pembangkit listrik tersebut khususnya untuk pendinginan generator digunakan air laut sebagai media pendinginnya yang kemudian langsung dibuang ke badan air. Air pendingin tersebut telah mengalami kenaikan temperatur karena adanya perpindahan panas dari generator ke air. Air yang mempunyai temperatur yang lebih tinggi dari temperatur alamiahnya tersebut dapat disebut sebagai air limbah. Pembuangan air limbah secara langsung ke badan air sekitarnya tanpa melalui proses pendinginan kembali dapat menyebabkan pengaruh baik langsung maupun tidak langsung berupa perubahan kualitas perairan maupun pengaruh terhadap organisme yang hidup di dalam badan airnya (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998).

Menurut Thayib (1994) bahwa pengaruh oleh adanya pencemaran panas adalah terjadinya kematian secara langsung karena adanya perubahan suhu diluar batas titik kematian dan kematian secara tidak langsung yang disebabkan oleh oksigen yang digunakan tidak mencukupi, rantai makanan yang terputus, penurunan daya tahan terhadap racun, dan pemangsa oleh predator yang lebih toleran terhadap perubahan suhu. Salah satu efek yang dapat terjadi dengan kenaikan temperatur adalah menurunnya produktifitas bentik sejalan dengan kenaikan temperatur yang melebihi kondisi alamiahnya (Laevastu dan Taivo, 1996). Pengaruh yang mungkin timbul adalah terhadap hewan makrobentos yang merupakan jenis hewan air berukuran makroskopik yang tidak bertulang belakang (Tjondronegoro, 1998). Hal ini disebabkan hewan makrobentos yang menghuni lingkungan akuatik dalam jangka waktu yang cukup lama dan mempunyai sifat hidup yang relatif menetap telah banyak digunakan sebagai bioindikator pencemaran air di banyak negara non-tropik dan kelompok hewan ini telah diusulkan sebagai salah satu alternatif bioindikator pencemaran air di Indonesia (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998).

Dengan melihat kondisi tersebut perlu adanya suatu penelitian untuk menganalisis kondisi organisme khususnya hewan makrobentos yang hidup di sekitar lokasi

pembuangan air limbah dari PLTU-PLTGU sebagai salah satu cara monitoring kondisi lingkungan. Tetapi berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya hanya berdasarkan pada tinjauan secara ekologi dan efek biologisnya (van Heel dan den Besten, 1999; Padinha et.al. 2000; Neumann et.al. 2003) sehingga sering kurang informatif dan kurang memberikan kemudahan analisa padahal informasi tersebut sangat diperlukan untuk program mengenai kualitas lingkungan dimasa datang (Bhattacharya *et al.*, 2003). Sistem yang informatif akan memberi kemudahan dalam analisa kondisi lingkungan yang terjadi khususnya mengenai kondisi penyebaran limbah air panas dan kemungkinan perubahan kondisi hewan makrobentos yang hidup didalamnya. Sistem pemetaan merupakan salah satu metode yang informatif dan mudah dipahami berupa tampilan spasial serta mudah di update dengan data yang terbaru.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran Air Limbah Panas

Pencemaran air limbah panas (*thermal pollution*) adalah masukan dalam jumlah besar air yang mengalami pemanasan dari satu atau sejumlah industri yang menggunakan sumber yang sama sehingga temperatur airnya melebihi kondisi normalnya serta dapat menyebabkan efek merugikan pada kehidupan perairannya (Neves dan Lourenco 1996; GEMET, 2000; explosive Dictionary, 2001; Ratterman, 2003; www.willamette.edu, 2004; [www. Discoverycube.org](http://www.Discoverycube.org), 2004; mathInScience.info, 2004, Anonymous, 2004). Lebih lanjut Neves dan Lourenco (1996) menjelaskan bahwa kurang lebih setengah buangan air di Amerika serikat setiap tahun berasal dari pendinginan pembangkit tenaga listrik. Hal ini karena metode yang paling murah dan mudah adalah menggunakan air dekat permukaan melewati pembangkit dan mengembalikan air yang mengalami pemanasan ke badan air yang sama. Industri air pendingin merupakan sumber awal panas dimana pembangkit tenaga listrik menggunakan 80% air pendingin (Neves dan Lourenco 1996; Kristanto, 2002). Luas pengaruh limbah panas tergantung pada beberapa faktor yaitu volume air limbah, temperatur air limbah, temperatur air tempat pembuangan limbah, arus atau sirkulasi massa air tempat pembuangan limbah panas. Limbah panas menyebabkan pengaruh baik fisik, kimia maupun biologi. Secara fisik berpengaruh terhadap densitas, viskositas, tekanan uap, dan kelarutan.