

Pola Persebaran Limbah Air Panas PLTU Di Kolam Pelabuhan Tambak Lorok Semarang

Petrus Subardjo, Raden Ario, Gentur Handoyo

Departement Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275
Email: ario_1960@yahoo.com

Abstrak

Tambak Lorok terletak di pantai utara Jawa Tengah telah mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam bidang industri. Industri-industri tersebut berpeluang untuk berpotensi mencemari perairan sekitarnya. Salah satu industri yang ada di wilayah Tambak Lorok adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau PLTU Tambak Lorok yang membuang limbah panas ke perairan sekitarnya. Pembuangan limbah panas akan memberikan pengaruh terhadap kondisi lingkungan perairan terutama suhu perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran panas akibat limbah panas dari PLTU di Kolam Pelabuhan Tambak Lorok Semarang. Sampling dengan tujuan tertentu atau purposive sampling methods dilakukan untuk mencari data sesuai dengan tujuan penelitian. Pendekatan permasalahan dilakukan dengan penetapan sejumlah stasiun dengan pertimbangan yang ditetapkan berdasarkan tujuan penelitian. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil pada beberapa titik lokasi dengan pengumpulan data berupa suhu yang merupakan variabel kontrol. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan program Surface Modelling System (SMS) sehingga menghasilkan peta sebaran panas. Hasil pemetaan sebaran menunjukkan bahwa pola sebaran panas di Kolam Pelabuhan Tambak Lorok Semarang menuju ke arah timur pada bulan Agustus 2012, kemudian ke arah barat laut di bulan September 2012, dan ke arah timur laut pada bulan Oktober 2012. Pola sebaran panas paling tinggi hanya terjadi pada daerah *outlet* dan semakin turun ketika menjauhi *outlet* karena pengaruh arus dan semakin bertambahnya kedalaman perairan.

Kata Kunci : Suhu, SMS, PLTU, Tambak Lorok

PENDAHULUAN

Perkembangan industri memberikan dua keadaan yang saling bertolak belakang, di satu sisi memberikan keuntungan secara ekonomi dan disisi lain meningkatkan konsentrasi pencemaran limbah hasil buangan tersebut. Bila peningkatan industri tidak diikuti dengan pengelolaan lingkungan yang baik maka peningkatan konsentrasi buangan limbah industri akan menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap kualitas lingkungan (Burhanuddin dan Martosewojo, 1989). Salah satu buangan industri yang berbahaya adalah limbah panas.

Tambak Lorok yang terletak di pantai utara Jawa Tengah telah mengalami perkembangan yang cukup

pesat dalam bidang industri. Industri-industri tersebut sangat berpotensi mencemari perairan sekitarnya. Salah satu industri yang ada di Tambak Lorok adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau PLTU.

PLTU Tambak Lorok, Semarang, Jawa Tengah adalah salah satu kegiatan pembangkit listrik milik Perusahaan Umum Listrik Negara (PLN) yang sekarang bernama Indonesia Power yang mensuplai kebutuhan listrik di Jawa dan Bali. Juga tidak lepas dari masalah lingkungan, khususnya menghasilkan limbah panas dan langsung dibuang ke badan air. Pembuangan air limbah secara langsung ke badan air sekitarnya tanpa melalui proses pendinginan kembali berpengaruh terhadap biota yang hidup dalam badan air tersebut (Huboyo dan Zaman, 2007).

Kelebihan panas akan merubah ambien temperatur air dan dapat mempegaruhi ekosistem akuatik baik secara langsung maupun tidak langsung (Dill, 2007). Nontji (1993) juga menyebutkan bahwa organisme laut dapat hidup, tumbuh dan berkembang dalam batas-batas suhu tertentu. Perubahan temperatur tersebut kemungkinan juga dapat mempengaruhi salinitas baik terhadap air limbah pendingin sendiri maupun terhadap perairan sepanjang penyebaran air limbah tersebut karena adanya proses pencampuran antara air limbah dengan badan air di titik pembuangan dan sekitarnya.

Melihat kondisi tersebut perlu adanya suatu penelitian mengenai sebaran temperatur buangan air limbah tersebut sebagai salah satu cara monitoring kondisi Lingkungan (Huboyo dan Zaman, 2007). Untuk mengetahui sebaran air limbah ke badan air sekitarnya tersebut perlu adanya suatu sistem yang informatif. Berdasarkan penelitian yang pada umumnya hanya memberikan *database* yang terkadang kurang memberikan kemudahan untuk dipahami dengan baik dan kurang informatif. Padahal informasi yang didapat tersebut sangat diperlukan untuk program mengenai kualitas lingkungan dimasa datang (Paschoa, 2004). Sistem yang informatif akan memberi kemudahan dalam analisa kondisi lingkungan yang terjadi khususnya mengenai kondisi penyebaran limbah air panas dan kemungkinan perubahan salinitasnya.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tambak Lorok Semarang beroperasi mulai tahun 1982 yang mempunyai kapasitas sebesar 300 MW, yaitu unit 1-2 terdiri dari 2 x 50 MW dan unit 3 terdiri 1 x 200 MW. Bahan bakar utama yang dipakai untuk PLTU tersebut adalah BBM jenis MFO. PLTU Tambak Lorok juga mengalami perkembangan dengan dioperasikannya PLTGU Tambak Lorok Blok 1 dan 11 masing-masing (3x100 MW dan 1 x 152 MW). Dengan dioperasikannya PLTU dengan

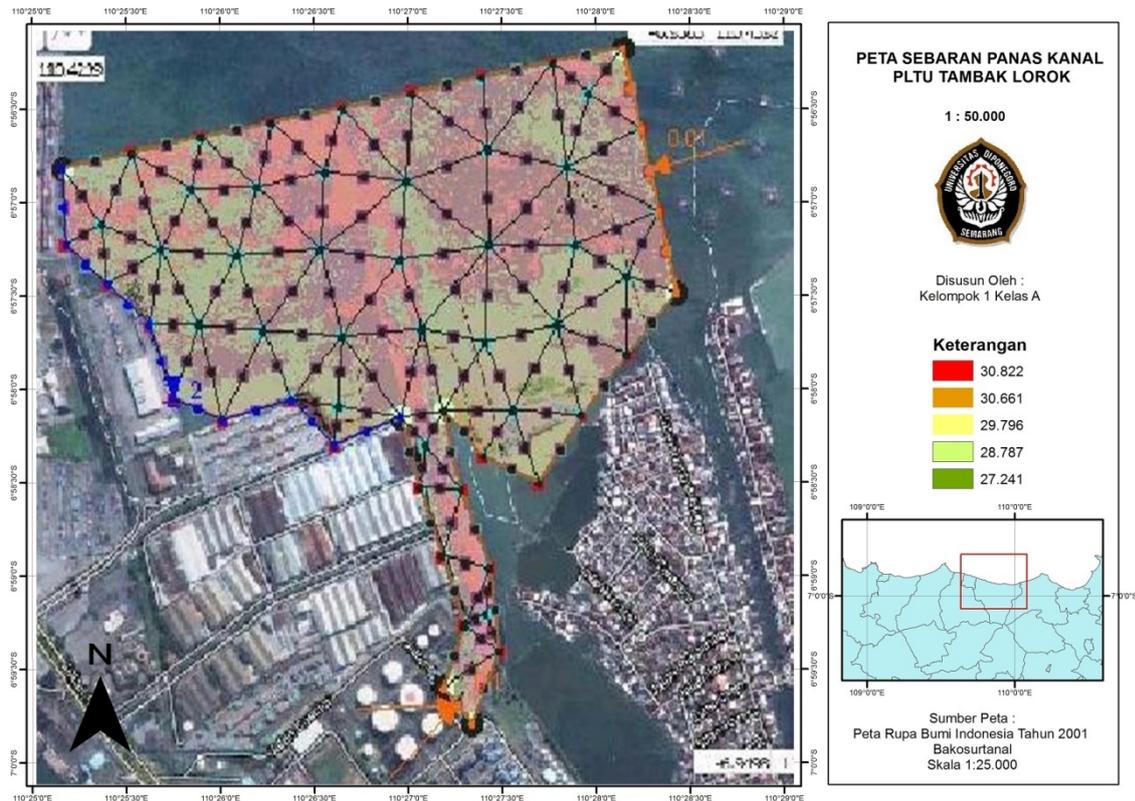
kapasitas tersebut tentunya pembuangan limbah panas ke perairan Tambak Lorok ini pun akan semakin besar.

Pembangunan PLTU membutuhkan air laut untuk pendingin kondensor yang menghasilkan panas kemudian dibuang di perairan di sekitarnya. Pembuangan limbah sebagai pendingin akan mempengaruhi kondisi lingkungan disekitarnya akan menimbulkan pencampuran air panas diantaranya akibat gelombang, arus, pasang surut. Selanjutnya dalam studi ini limbah air panas tersebut akan disusun menjadi pola sebaran panas dengan menggunakan pendekatan model numerik. Pendekatan model numerik digunakan dalam penelitian ini karena merupakan salah satu cara pemantauan yang lebih efisien dilihat dari aspek tenaga, biaya dan waktu.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus - Desember 2012. Lokasi penelitian berada di perairan kolam pelabuhan Tambak Lorok Kelurahan Tanjung Mas Kecamatan Semarang Utara, berada pada posisi 05° 53' 00'' sampai 06° 57' 00'' LS dan 110° 24' 00'' sampai 110° 26' 00'' BT.

Materi yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diambil selama bulan Agustus - Oktober 2012 di lokasi Pelabuhan Tambak Lorok Semarang. Data digunakan sebagai kajian penelitian suhu permukaan laut dari pendingin PLTU yang menggunakan air laut. Data sekunder meliputi data suhu perairan terkait dari Stasiun Meteorologi Maritim, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Semarang. Sedangkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Water Quality Monitoring atau alat ukur suhu air laut, GPS sebagai penentu lokasi, dan perangkat komputer sebagai pengolah data. Metode pemodelan sebaran suhu dari kanal pendingin dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Surface*



Gambar 1. Penyebaran Panas bulan Agustus 2012 sampai Oktober 2012 Pada Kanal PLTU Tambak Lorok, Semarang

Water Modeling System (SMS) yang dikembangkan oleh *Environmental Modeling Research Laboratory (EMRL)*, *Brigham Young University* bekerjasama dengan *US Army Corps of Engineers Research and Development Center (ERDC)* dan *US Federal Highway Administration (FHWA)*. SMS dapat digunakan untuk mengolah, mengedit dan memvisualisasikan data geometris dan hidrolika, baik untuk satu, dua maupun tiga dimensi. Data arah dan kecepatan arus hasil penghitungan RMA2 digunakan untuk memodelkan pola sebaran suhu air hangat kanal pendingin dengan menggunakan modul RMA4. RMA4 adalah model numerik elemen hingga untuk transpot kualitas air, dimana distribusi konsentrasi terhadap kedalaman diasumsikan seragam. RMA4 tidak memperhitungkan satuan konsentrasi, karena konsentrasi yang dihitung adalah konsentrasi relatif terhadap konsentrasi awal yang telah ditentukan. Sementara itu, hasil pemodelan tersebut akan disajikan secara SIG menggunakan

software SIG yaitu **ArcGIS**. Sehingga informasi data yang disajikan dari pemodelan bisa ditinjau dan dibaca secara analisis SIG.

Metode pengambilan data Suhu dilakukan dengan menggunakan alat *Water Quality Monitoring* yang mampu mengukur suhu permukaan. Data suhu diukur mulai dari outlet PLTU yaitu pipa saluran pembuangan air panas dan penyebaran pada kolam pelabuhan. Kemudian data Arus bulan Agustus-Oktober 2012 didapatkan dari data pengukuran BMKG Pelabuhan Semarang.

Metode Analisis Data Pola sebaran panas pada daerah penelitian didapat dari pengolahan dengan menggunakan *software Surface Modeling System (SMS)*. Sebaran panas pada *outlet* PLTU dibangkitkan oleh arus. Data yang dihasilkan yaitu kecepatan arus, suhu permukaan dan pola sebarannya. Arah persebaran panas mengikuti arah dan kecepatan arus. Pola yang ditampilkan

adalah pola sebaran panas dan pola arus. Pola sebaran panas ditampilkan pada suhu permukaan rata-rata dan arus rata-rata pada bulan Agustus-Oktober 2012. Sementara itu, untuk hasil disajikan secara SIG melalui peta yang dibuat menggunakan ArcGIS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data suhu dari pengukuran di lapangan dapat dilihat di Lampiran pada Tabel 1; 2; 3 berurutan untuk bulan Agustus 2012; September 2012, dan Oktober 2012. Data suhu air dari stasiun tercatat bahwa suhu tertinggi yaitu 30.94 °C di bulan September dan Oktober pada pipa pembuangan hasil pendinginan PLTU, dan pada suhu terendah yaitu 25.1 °C pada bulan Agustus pada daerah titik jembatan outlet. Nilai suhu bervariasi pada tiap stasiun, hal ini dikarenakan adanya perbedaan kedalaman.

Hasil pemodelan dengan menggunakan program *Surface Modeling System (SMS)* untuk pola arus dan sebaran panas di Kolam Pelabuhan Tambak Lorok, Semarang ditunjukkan pada Gambar di Lampiran pada bulan Agustus-Oktober 2012. Pola sebaran panas yang di *overlay* dengan arah dan kecepatan arus pada

bulan Agustus 2012 pergerakan ke arah timur. Hal ini diakibatkan arus yang membawa massa panas bergerak ke arah timur. Suhu tertinggi pada saat bulan Agustus 2012 berkisar 30.30 °C sedangkan suhu terendah 25.10 °C. Pola sebaran panas yang di *overlay* dengan arah dan kecepatan arus pada bulan September 2012 pergerakan ke arah barat sehingga melewati celah antara dua *breakwater*. Hal ini diakibatkan arus pembawa massa panas bergerak ke arah barat. Suhu tertinggi pada saat bulan September 2012 berkisar 30.94 °C sedangkan suhu terendahnya yaitu 25.10 °C. Pola sebaran panas yang di *overlay* dengan arah dan kecepatan arus pada bulan Oktober 2012 pergerakan ke arah timur laut sehingga melewati celah antara dua *breakwater*. Hal ini diakibatkan arus yang membawa massa panas bergerak ke arah barat. Suhu tertinggi pada saat bulan Oktober 2012 berkisar 30.94 °C sedangkan suhu terendahnya yaitu 26.41 °C.

Setelah dilakukan penelitian di daerah Tambak Lorok selama bulan 3 (tiga) bulan yaitu Agustus 2012 hingga Oktober 2012, maka diperoleh data suhu dari masing-masing bulan tersebut dapat digambarkan pola penyebarannya melalui keadaan arus yang terjadi disekitar wilayah Tambak Lorok.

Tabel 1. Data Suhu permukaan pada bulan Agustus 2012

AGUSTUS												
S	E	KETERANGAN	ELEVASI	x				y			temperatur (celcius)	
06° 56' 35.8"	110° 26' 11.3"	Titik 1	13	110	26	11.3	110.4364722	6	56	35.8	-6.943277778	-
06° 56' 36.3"	110° 26' 9.4"	Titik 2	10	110	26	9.4	110.4359444	6	56	36.3	-6.943416667	-
06° 56' 49.8"	110° 26' 3.2"	Titik 3 (Jembatan I)	22	110	26	3.2	110.4342222	6	56	49.8	-6.947166667	25.1
06° 56' 50.1"	110° 26' 2.6"	Titik 4 (Jembatan II)	22	110	26	2.6	110.4340556	6	56	50.1	-6.94725	25.1
06° 56' 53.1"	110° 26' 1.4"	Titik 5 (PIPA)	20	110	26	1.4	110.4337222	6	56	53.1	-6.948083333	30.21
06° 56' 54.8"	110° 26' 0.1"	Titik 6 (titik outlet)	22	110	26	0.1	110.4333611	6	56	54.8	-6.948555556	29.87
06° 56' 56.9"	110° 25' 59.7"	Titik 7 (OUTLET UTAMA)	22	110	25	59.7	110.43325	6	56	56.9	-6.949138889	30.03
06° 56' 57.9"	110° 26' 2.0"	Titik 8 (Penyebaran II)	18	110	26	2	110.4338889	6	56	57.9	-6.949416667	29.34
06° 56' 48.4"	110° 26' 1.3"	Titik 9 (Penyebaran III)	22	110	26	1.3	110.4336944	6	56	48.4	-6.946777778	28.563
06° 56' 45.9"	110° 26' 0.4"	Titik 10 (Penyebaran IV)	17	110	26	0.4	110.4334444	6	56	45.9	-6.946083333	28.43
06° 56' 55.0"	110° 25' 11.2"	Titik 11 (BMKG)	17	110	25	11.2	110.4197778	6	56	55	-6.948611111	-

Tabel 2. Data Suhu permukaan pada bulan September 2012

SEPTEMBER												
S	E	KETERANGAN	ELEVASI	x				y				temperatur (celcius)
06° 56' 35.8"	110° 26' 11.3"	Titik 1	13	110	26	11.3	110.4364722	6	56	35.8	-6.943277778	-
06° 56' 36.3"	110° 26' 9.4"	Titik 2	10	110	26	9.4	110.4359444	6	56	36.3	-6.943416667	-
06° 56' 49.8"	110° 26' 3.2"	Titik 3 (Jembatan I)	22	110	26	3.2	110.4342222	6	56	49.8	-6.947166667	25.1
06° 56' 50.1"	110° 26' 2.6"	Titik 4 (Jembatan II)	22	110	26	2.6	110.4340556	6	56	50.1	-6.94725	25.1
06° 56' 53.1"	110° 26' 1.4"	Titik 5 (PIPA)	20	110	26	1.4	110.4337222	6	56	53.1	-6.948083333	30.94
06° 56' 54.8"	110° 26' 0.1"	Titik 6 (titik outlet)	22	110	26	0.1	110.4333611	6	56	54.8	-6.948555556	30.62
06° 56' 56.9"	110° 25' 59.7"	Titik 7 (OUTLET UTAMA)	22	110	25	59.7	110.43325	6	56	56.9	-6.949138889	30.71
06° 56' 57.9"	110° 26' 2.0"	Titik 8 (Penyebaran II)	18	110	26	2	110.4338889	6	56	57.9	-6.949416667	29.45
06° 56' 48.4"	110° 26' 1.3"	Titik 9 (Penyebaran III)	22	110	26	1.3	110.4336944	6	56	48.4	-6.946777778	29.37
06° 56' 45.9"	110° 26' 0.4"	Titik 10 (Penyebaran IV)	17	110	26	0.4	110.4334444	6	56	45.9	-6.946083333	29.31
06° 56' 55.0"	110° 25' 11.2"	Titik 11 (BNKG)	17	110	25	11.2	110.4197778	6	56	55	-6.948611111	-

Tabel 3. Data Suhu permukaan pada bulan Oktober 2012

OKTOBER												
S	E	KETERANGAN	ELEVASI	x				y				temperatur (celcius)
06° 56' 35.8"	110° 26' 11.3"	Titik 1	13	110	26	11.3	110.4364722	6	56	35.8	-6.943277778	-
06° 56' 36.3"	110° 26' 9.4"	Titik 2	10	110	26	9.4	110.4359444	6	56	36.3	-6.943416667	-
06° 56' 49.8"	110° 26' 3.2"	Titik 3 (Jembatan I)	22	110	26	3.2	110.4342222	6	56	49.8	-6.947166667	26.41
06° 56' 50.1"	110° 26' 2.6"	Titik 4 (Jembatan II)	22	110	26	2.6	110.4340556	6	56	50.1	-6.94725	26.41
06° 56' 53.1"	110° 26' 1.4"	Titik 5 (PIPA)	20	110	26	1.4	110.4337222	6	56	53.1	-6.948083333	30.94
06° 56' 54.8"	110° 26' 0.1"	Titik 6 (titik outlet)	22	110	26	0.1	110.4333611	6	56	54.8	-6.948555556	30.62
06° 56' 56.9"	110° 25' 59.7"	Titik 7 (OUTLET UTAMA)	22	110	25	59.7	110.43325	6	56	56.9	-6.949138889	30.71
06° 56' 57.9"	110° 26' 2.0"	Titik 8 (Penyebaran II)	18	110	26	2	110.4338889	6	56	57.9	-6.949416667	29.45
06° 56' 48.4"	110° 26' 1.3"	Titik 9 (Penyebaran III)	22	110	26	1.3	110.4336944	6	56	48.4	-6.946777778	29.37
06° 56' 45.9"	110° 26' 0.4"	Titik 10 (Penyebaran IV)	17	110	26	0.4	110.4334444	6	56	45.9	-6.946083333	29.31
06° 56' 55.0"	110° 25' 11.2"	Titik 11 (BNKG)	17	110	25	11.2	110.4197778	6	56	55	-6.948611111	-

Rerata Suhu permukaan air laut pada 8 (delapan) titik yang tersebar di wilayah Tambak Lorok pada bulan Agustus 2012 sekitar 28°C. Arah dan kecepatan arusnya dominan bergerak ke arah timur dengan kecepatan rata-rata 16 m/s.

Bulan September 2012, keadaan rerata suhu permukaan air laut Tambak Lorok sekitar 29°C. Arus dominan bergerak ke arah barat laut dengan kecepatan rata-rata 17 m/s. Sementara di bulan

Oktober 2012, rerata suhu permukaan air laut Tambak Lorok sekitar 29°C. Pergerakan arus dominan bergerak ke arah timur laut dengan kecepatan rata-rata 13 m/s. Sedangkan pergerakan arus yang terjadi pada bulan Agustus 2012 hingga Oktober 2012, terlihat adanya perubahan gerakan arus di tiap bulannya. Adanya perbedaan arah tentunya dipengaruhi oleh keadaan angin dan arus yang terjadi pada setiap bulannya. Sehingga dengan melihat hasil yang ada

dapat di simpulkan pada bulan Agustus 2012 hingga Oktober 2012 sedang terjadi perubahan musim (pancaroba). Arah arus yang dipengaruhi oleh angin semula menuju ke timur pada bulan Agustus, kemudian ke arah barat laut di bulan September, dan ke arah timur laut pada bulan Oktober. Secara tidak langsung sebaran panas kanal PLTU mengikuti arah arus yang ada. artinya sedang terjadi proses perubahan musim dari kemarau ke musim penghujan. Proses perubahan musim dan sebaran panas dari kanal PLTU ini dapat berdampak pada hasil laut serta ekosistem ikan yang ada.

KESIMPULAN

Salah satu aplikasi SIG (Sistem Informasi Geografis) ialah dalam bidang lingkungan, hidrografi dan kelautan. Seperti pada penelitian ini, dimana SIG berperan sebagai media fasilitator dalam menyajikan hasil pemodelan data dalam bentuk peta. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pola sebaran panas di Kolam Pelabuhan Tambak Lorok Semarang menuju ke arah timur pada bulan Agustus 2012, kemudian ke arah barat laut di bulan September 2012, dan ke arah timur laut pada bulan Oktober 2012. Pola sebaran panas paling tinggi hanya terjadi pada daerah *outlet* dan semakin turun ketika menjauhi *outlet* karena pengaruh arus dan semakin bertambahnya kedalaman perairan. Sebaran panas di daerah penelitian dipengaruhi oleh arus, kedalaman perairan dan arah angin yang menggerakkan arus.

SARAN

Berdasarkan keadaan setempat dan mengingat adanya perindustrian PLTU di sekitar pemukiman warga yang menyebabkan adanya perubahan suhu di perairan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang berkesinambungan tentang kondisi hidrodinamika pada kawasan Kolam Pelabuhan Tambak Lorok Semarang. Dengan demikian diharapkan

hasil yang diperoleh akan menjadi lebih akurat dan bermanfaat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih atas bantuan dan kerja samanya kepada Afriza Aziz *dkk.* (Kelompok 1) pada Program Studi Oseanografi FPIK UNDIP yang telah melaksanakan tugas pada Mata Kuliah SIG (Sistem Informasi Geografis).

DAFTAR PUSTAKA

- Burhanuddin dan Martosewojo, S. 1989. Limbah Termal dan Pengaruhnya terhadap Keberadaan Ikan di PLTU Muara Karang. Prosiding Seminar Ekologi Laut dan Pesisir I, Jakarta.
- Dill, N. L. 2007. Theses from Start to Finish: Hydrodynamic Modeling of a Hypothetical River Diversion Near Empire, Louisiana. Louisiana: Louisiana State University.
- Dishidros TNI AL. 2007. Peta Batimetri Jawa – Pantai Utara, Semarang sampai Tanjung Awar-awar. Jakarta.
- Environmental Modeling Research Laboratory. 2006. The Surface Water Modeling System (SMS) version 9.2 Tutorials.
- Fuad, M Arif Z, 2003. Pola Penyebaran Air Limbah PLTU Tambak Lorok Semarang, Praktek Kerja Lapangan Jurusan Ilmu Kelautan FPIK Undip.
- Huboyo, H. S.dan Zaman, B. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang), Jurnal Presipitasi, 3(2)
- Ismanto, A., Widada, S., dan Susiati, H. 2008. Kajian Dispersi Termal dalam Rencana Pembangunan PLTN Muria: Sebuah Analisis. Jurnal Geoaplika, 3(3)
- Khayyun, T. S. 2008. The Effects of Changes in Manning's Roughness Coefficients and Eddy Viscosity on a Constrained Flume. Journal of Engineering and Development. 12(2)
- King, I. 1996. Users Guide to RMA2 WES Version 4.3. Edited by Donnel, B. P.

1997. New York: US Army Corps of Engineer – Waterways Experiment Station, Hydraulics Laboratory, Wex Tech System.
- _____. 2003. Users Guide to RMA4 WES Version 4.3. Edited by Donnel, B. P. 2003. New York: US Army Engineer and Development Center – Waterways Experiment Station, Coastal and Hydraulics Laboratory, Wex Tech System.
- Majewski, W., Miller, D. C. 1979. Predicting Effect of Power Plant Once-Through Cooling on Aquatic System. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Mellor, G. L. 2004. Users Guide for a Three Dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model. New Jersey: Princeton University.
- Mihardja, D. K. 1999. Modelling of the Heated Water Spreading in Muara Karang Coastal Waters, Jakarta Bay. Proceeding ITB, 31(1)
- Paschoa, A. S. 2004. Environmental Effects of Nuclear Power Generation, in Interactions: Energy/ Environment, [Ed. Jose Goldemberg], in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Oxford: Developed under the Auspices of the UNESCO.
- Petrescu, V., Sumbasacu, O. 2010. Comparison Between Numerical Simulation and Measurements of the Pollutant Dispersion in a River Case Study, U.P.B. *Sci. Bull., Series D*. 72(3)
- Prahasta, Eddy. 2001. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Penerbit Informatika. Bandung.