



KOEFISIEN SAPROBIK PLANKTON DI PERAIRAN EMBUNG UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

AS Awaludin ✉ NK Dewi, S Ngabekti

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2015
Disetujui September 2015
Dipublikasikan Oktober 2015

Keywords:
Universitas Negeri
Semarang Reservoir,
Plankton

Abstrak

Embung Universitas Negeri Semarang dibangun dengan tujuan sebagai tempat penampungan air hujan dan penyerapan air di Universitas Negeri Semarang dan mempunyai kapasitas penampungan air 5.000 m³. Keberadaan embung tersebut menciptakan suatu ekosistem baru yaitu tempat hidup ikan-ikan di dalamnya. Saprobitas perairan digunakan untuk mengetahui 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. Plankton dapat digunakan sebagai bioindikator perairan karena memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap adanya pencemaran. Penelitian ini menggunakan rancangan eksplorasi dengan metode survai, dimana penetapan stasiun pengambilan sampel dengan *purposive* sampling. Penempatan stasiun didasarkan atas perkiraan beban pencemar dan aktivitas yang terdapat di sepanjang aliran dari (stasiun satu sampai sembilan), pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali dengan selang waktu 2 minggu. Data dalam penelitian ini adalah data kuantitatif berupa jumlah jenis spesies plankton yang ditemukan pada penelitian ini kemudian diinterpretasikan pada tabel hubungan antara koefisien saprobitas perairan dengan tingkat pencemaran perairan. Berdasarkan perhitungan dan analisis nilai koefisien saprobik dari stasiun satu sampai sampai sembilan didapatkan nilai koefisien saprobik plankton berkisar antara -0,4 s/d 0,9. Berdasarkan kriteria tingkat pencemaran menunjukkan bahwa Embung Universitas Negeri Semarang berada dalam kondisi tercemar ringan sampai dengan sedang.

Abstract

Universitas Negeri Semarang Reservoir was constructed for the purpose as rain water reservoirs and water absorption in Universitas Negeri Semarang and has a water storage capacity of 5,000 cubic meters. The existence of such ponds are creating a new ecosystem where fish live in it. Saprobic waters are used to determine the state of water quality resulting from the addition of organic material in a body of water that is usually the indicator is the number and composition of species of organisms in these waters. Plankton can be used as bio indicator of water because it has a high level of sensitivity to the presence of contamination. This study design was used to discover the survey method, in which the determination of sampling stations with purposive sampling. Placement of the station is based on estimates of pollutant loads and activity contained along the flow of the (station one through nine), sampling is done 3 times with an interval of 2 weeks. The data in this research is quantitative data such as the number of plankton species found in this study is then interpreted on the relationship between the coefficient table saprobic waters with the level of water pollution. Based on the calculation and analysis of the value of the coefficient saprobic from one station up to nine saprobic plankton coefficient values obtained ranged from -0.4 s / d 0.9. Based on the criteria of pollution levels indicate that Reservoir Universitas Negeri Semarang in a state of mild to moderate polluted.

© 2015 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 1, Kampus Universitas Negeri Semarang Sekaran,
Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: alexsufiano@gmail.com

ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro di suatu lahan yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan. Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air (*water harvesting*) yang sangat sesuai di segala jenis agroekosistem. Di lahan rawa namanya *pond* yang berfungsi sebagai tempat penampungan air drainase saat kelebihan air di musim hujan dan sebagai sumber air irigasi pada musim kemarau. Keberadaan embung diyakini dapat menampung air hujan sehingga mencegah terjadinya banjir pada suatu daerah. Universitas Negeri Semarang (UNNES) yang mengklaim sebagai Universitas Konservasi adalah kampus yang memiliki embung di dalamnya. Pembangunan embung tersebut merupakan salah satu program konservasi Universitas Negeri Semarang.

Pengukuran parameter fisika dan kimia hanya dapat menggambarkan kualitas lingkungan pada waktu tertentu. 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 (1986) organisme perairan dapat digunakan sebagai indikator pencemaran karena habitat, mobilitas, dan umurnya yang relatif lama mendiami suatu wilayah perairan.

Saprobitas perairan digunakan untuk 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 (Anggoro 1988). Saprobitas dapat diukur menggunakan indikator plankton, karena setiap jenis plankton merupakan penyusun dari kelompok saprobitas tertentu yang akan mempengaruhi nilai saprobitas tersebut (Basmi 1997).

Plankton dapat digunakan sebagai indikator saprobitas karena plankton memegang peran penting dalam mempengaruhi produktivitas primer perairan sungai (Ardi 2002) menyebutkan bahwa beberapa organisme plankton bersifat toleran dan mempunyai respon yang berbeda

terhadap perubahan kualitas perairan. Dalam hal ini terdapat jenis-jenis plankton yang dapat digunakan sebagai petunjuk untuk mengetahui hal tersebut sesuai dengan kondisi biologi perairan tersebut (Mulyanto 1992), diperkuat oleh Laprise & Julian (1994) yang menyatakan kelimpahan jumlah jenis plankton merupakan biomonitoring untuk kualitas perairan yang erat hubungannya dengan pengukuran faktor lingkungan.

Nilai pendekatan terhadap besarnya penurunan kualitas perairan pada stasiun dan sepanjang lokasi pembuangan limbah dinyatakan dalam suatu saprobitas kualitas perairan. Saprobitas 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. Koefisien saprobik digunakan untuk mengetahui tingkat ketergantungan atau hubungan suatu organisme dengan senyawa yang menjadi sumber nutrisinya sehingga dapat diketahui hubungan kelimpahan, keanekaragaman, dan keseragaman plankton (Dahuri 1995). Menurut Sourina (1970) koefisien saprobik dapat dilihat dari susunan dan jumlah jenis plankton.

Pemantauan dan pengelolaan kualitas perairan pada embung memerlukan metode pengambilan keputusan yang tepat dan teliti mengenai kondisi perairan terkini, sehingga dapat segera dilakukan tindakan yang tepat sasaran dan dapat mereduksi besarnya polutan serta menyelamatkan kehidupan biota.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan eksplorasi dengan metode survai, penetapan stasiun pengambilan sampel dengan *purposive sampling*. Penelitian dilakukan di perairan Embung Universitas Negeri Semarang pada tanggal 20 Juni-18 Juli 2015. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali dengan selang waktu 2 minggu. Data dalam penelitian ini adalah data kuantitatif berupa jumlah spesies plankton yang ditemukan dan pengukuran faktor abiotik, kemudian data

dihubungkan dengan indikator pencemaran dalam Tabel 1. berdasarkan koefisien saprobik yang disajikan

Tabel 1. Hubungan Antara Kelompok Plankton dan Indikator Pencemaran

Kode	Kelompok/ Taksa	Indikator
A	Ciliata	Polysaprobik
B	Euglenophyta	α - Mesosaprobik
C	Chlorococcales dan Diatome Peridineae, Chrysophyceae	β -Mesosaprobik
D	dan Conyugaceae	Oligosaprobik

(Dahuri 1995)

Untuk melihat kualitas lingkungan perairan dari kehidupan plankton digunakan Koefisien Saprobik (Dahuri 1995) dengan formula sebagai berikut.

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

Keterangan:

X = Koefisien saprobik, berkisar dari -3 (polisaprobik) sampai +3 (Oligosaprobik)

A, B, C dan D = Jumlah spesies yang berbeda di dalam masing-masing kelompok tabel.

Jika nilai x di atas telah diperoleh, maka cara inteprestasi terhadap tingkat pencemaran adalah dengan membaca Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Antara koefisien Saprobitas Perairan dengan Tingkat Pencemaran Perairan

Bahan Pencemar	Tingkat Pencemar	Phase Saprobik	Koefisien Saprobik (x)
Bahan Organik	Sangat Berat	Poly Saprobik	-3,0 s/d - 2,0
		Poly/ α -meso saprobik	-2,0 s/d -1,5
	Cukup Berat	α -meso/poly saprobik	-1,5 s/d -1,0
		α -meso saprobik	-1,0 s/d -0,5
Bahan Organik+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+Anorganik	Sangat Ringan	Oligo/ β -meso saprobik	+1,5 s/d +2,0
		Oligo/saprobik	+2,0 s/d +3,0

(Dahuri 1995)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi jenis plankton yang ditemukan di perairan Embung Universitas Negeri Semarang selama bulan Juni-Juli 2015, ditemukan 12 jenis plankton yang terdiri dari 2

jenis kelompok α -mesosaprobik, 4 jenis kelompok β -mesosaprobik, 3 jenis kelompok non saprobik dan 3 jenis kelompok oligosaprobik. Hasil identifikasi dan perhitungan koefisien saprobik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan jumlah jenis plankton indikator pencemaran di Embung Universitas Negeri Semarang

Stasiun	Koefisien saprobik	Tingkat pencemaran
1	0,2	Ringan
2	0,1	Ringan
3	0,6	Ringan
4	0,03	Ringan
5	0,5	Ringan
6	0,9	Ringan
7	-0,4	Sedang
8	0,09	Ringan
9	0,7	Ringan

Berdasarkan perhitungan nilai koefisien saprobik terlihat bahwa nilai koefisien saprobik plankton berkisar antara -0,4 s/d 0,9. Berdasarkan kriteria tingkat pencemaran perairan menunjukkan bahwa Embung Universitas Negeri Semarang berada dalam kondisi tercemar ringan sampai dengan sedang. Tingkat pencemaran sedang terjadi pada stasiun tujuh.

Pada stasiun pertama, dua, dan tiga diperoleh nilai koefisien saprobik yang hampir sama yaitu sebesar 0,1 s/d 0,6 yang berarti keadaan kualitas airnya mengalami pencemaran ringan. Pada stasiun empat diperoleh nilai koefisien saprobik sebesar 0,03 yang berarti keadaan kualitas airnya mengalami pencemaran sedang. Hal ini disebabkan pada stasiun empat adalah tempat masuknya air limbah dari FMIPA hingga Gedung Rektorat.

Pada stasiun lima dan enam diperoleh nilai koefisien saprobik yang tidak terlalu berbeda yaitu 0,5 s/d 0,9 yang berarti keadaan kualitas airnya termasuk dalam pencemaran ringan.

Pada stasiun tujuh diperoleh nilai koefisien saprobik sebesar -0,4 yang berarti keadaan kualitas airnya mengalami pencemaran sedang. Hal ini disebabkan pada stasiun tujuh merupakan tempat keluarnya air dari seluruh Embung Universitas Negeri Semarang menuju selokan yang ada di sekitar Embung Universitas Negeri Semarang, jadi semua limbah yang ada di Embung Universitas Negeri Semarang mengumpul pada stasiun tujuh sebelum akhirnya mengalir keluar menuju selokan di sekitar Embung.

Pada stasiun delapan diperoleh nilai koefisien saprobik sebesar 0,09 yang keadaan kualitas airnya termasuk dalam pencemaran ringan. Pada stasiun sembilan diperoleh nilai koefisien saprobik sebesar 0,7 yang berarti kualitas airnya mengalami pencemaran ringan. Pada stasiun ini air limbah yang masuk dari stasiun satu dan empat hanya sedikit yang masuk ke stasiun sembilan, hal ini dikarenakan limbah yang masuk melalui stasiun satu dan empat mengalir keluar melewati stasiun dua, tiga, lima, dan enam atau mengikuti arus keluar yang ada di Embung Universitas Negeri Semarang.

Secara keseluruhan berdasarkan koefisien saprobik perairan tersebut masih dalam tingkat kategori pencemaran ringan. Hal tersebut perlu diperkuat dengan keadaan faktor lingkungan di perairan tersebut, sesuai dengan Suwondo *et al.* (2004) yang menyatakan kondisi perairan yang mengalami pencemaran ringan biasanya dijumpai adanya bahan pencemar berupa organik dan anorganik.

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh kisaran kondisi faktor lingkungan yang mempengaruhi jenis plankton pada setiap stasiun (Tabel 4).

Berdasarkan hasil penelitian, Embung Universitas Negeri Semarang mempunyai tingkat kecerahan berkisar antara 15,1-29,5 cm. Menurut Erlina *et al.* (2007) cahaya merupakan faktor yang penting karena berdampak langsung terhadap distribusi dan jumlah organisme plankton. Pada stasiun tiga mempunyai tingkat kecerahan paling rendah yakni 15,1 cm. Hal tersebut terjadi karena sampah dan kotoran lain yang akan mengalir keluar ke stasiun tujuh mengendap terlebih dahulu di stasiun tiga, dan pada stasiun tiga penetrasi cahaya kurang sehingga organisme distasiun ini akan lebih sedikit dibandingkan dengan stasiun lain karena perkembangan dan pertumbuhan produsen primer terbatas.

Parameter lain seperti suhu perairan, berdasarkan hasil penelitian diketahui berkisar antara 28-30°C masih dalam batas toleransi deviasi 3. Nybakken (1988) menyebutkan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme plankton adalah temperatur.

Nilai derajat keasaman (pH) perairan dalam penelitian masih dalam kondisi normal perairan yakni sebesar 7 yang akan mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Hal ini sesuai dengan pendapat Effendi (2003) yang menyatakan sebagian besar organisme air peka terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7-7,5.

Parameter lingkungan lain yang berada diatas kriteria mutu air kelas II berdasarkan (PP No. 82/2001) pada saat pengambilan sampel yaitu meliputi DO, H₂S dan BOD. Hubungan koefisien saprobik pada tingkat pencemaran β -mesosaprobik ditandai DO tinggi. Dalam penelitian didapatkan nilai DO secara keseluruhan berada di atas kriteria mutu air kelas II berdasarkan (PP No. 82/2001) yakni berkisar antara 5,1-5,5 mg/l yang menandakan jumlah oksigen terlarut dalam perairan cukup tinggi dan baik untuk proses respirasi dan penguraian bahan-bahan organik. Tingginya oksigen terlarut, menurut Krisna (2009) berkaitan dengan banyaknya bahan organik dari limbah yang mengandung bahan-bahan yang tereduksi.

Alkalinitas 100 ppm masih berada dalam kondisi normal untuk perairan berdasarkan SNI Perikanan dan Budidaya, yang sesuai dengan pendapat Effendi (2003) bahwa nilai alkalinitas lebih dari 500 ppm tidak disukai oleh organisme akuatik.

Nilai DO dan H₂S Embung Universitas Negeri Semarang sama-sama tinggi karena aktivitas organisme pengurai yang mendegradasi bahan organik. Saputra (2010) menyebutkan tingginya H₂S dipengaruhi banyaknya limbah yang masuk ke perairan sehingga proses dekomposisi oleh organisme pengurai terus terjadi.

Nilai BOD dalam penelitian ini berkisar antara 53-67 mg/l sesuai dengan indikator pencemaran dalam golongan β -Mesosaprobik yang biasanya ditandai dengan nilai BOD tinggi. Nilai amonia 0-0,3 mg/l masih berada pada batas normal perairan berdasarkan kriteria mutu air kelas II berdasarkan (PP No. 82/2001) yakni 0,5 mg/l yang menandakan oksigen terlarut dalam perairan cukup tinggi sependapat dengan Waite (1984) menyatakan amonia masuk ke dalam perairan melalui pembusukan organisme yang sudah mati dan limbah serta pengikatan nitrogen oleh bakteri, selanjutnya amonia secara cepat dioksidasi dengan memanfaatkan ketersediaan oksigen terlarut dalam air menjadi nitrit dan nitrat.

Salinitas di Embung Universitas Negeri Semarang adalah 5. Pada semua stasiun memiliki kadar salinitas yang sama, hal ini dikarenakan luas Embung Universitas Negeri Semarang yang tidak terlalu besar, sehingga salinitas dari stasiun satu sampai sembilan sama.

Tabel 4. Nilai faktor lingkungan yang diperoleh pada setiap stasiun penelitian di Embung Universitas Negeri Semarang

Faktor abiotik	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	Nilai optimum	Dasar pustaka
Suhu (°C)	28	28	28	30	30	30	28	29	28	20-30	Effendi 2003
pH	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5-8,5	Kep. Men LH (51/2004)
Kecerahan (cm)	25	20,2	15,1	29,5	29,3	28,2	22	23,1	27,1	10-60	Brown (1987)
Oksigen terlarut (DO) (mg/l)	5,4	5,5	5,3	5,4	5,1	5,3	5,5	5,5	5,1	>5	Kep. Men LH (51/2004)
COD (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	Kep. Men LH (02/1998)
Alkalinitas (ppm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	200	SNI air bersih perikanan
H ₂ S (mg/l)	0,005	0,007	0,004	0,008	0,011	0,008	0,007	0,004	0,006	0,002	Adang Saputra 2010
Biological Oxygen Demand (BOD) (mg/l)	64	66	65	53	57	54	67	62	67	20	Kep. Men LH (51/2004)
Amonia (mg/l)	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0,3	0	0,2	0,5	Kriteria Mutu Air Kelas II (PP No. 82/2001)
Salinitas (‰)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5-30	Nybakken 1992

PENUTUP

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan di dapatkan nilai koefisien saprobik plankton berkisar antara -0,4 /d 0,9. Berdasarkan hubungan antara koefisien saprobitas dengan hasil pengukuran tabel lingkungan menunjukkan bahwa Embung Universitas Negeri Semarang tercemar ringan sampai dengan sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 Joenoes. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ardi. 2002. Pemanfaatan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Basmi J. 1997. Planktonologi: Terminologi dan Klasifikasi Zooplankton Laut. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- _____.2000. *Planktonologi sebagai Indikator Pencemaran Perairan*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Brown AL. 1987. *Freshwater ecology*. Heinemann Educational.
- Dahuri R. 1995. *Metode dan Pengukuran Kualitas Air Aspek Biologi*. Bogor: IPB.
- Djarwanti. 1986. *Upaya Penanggulangan Limbah Kecil Tapioka*. Semarang: BPPI.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Erlina A, Agus H, & Suminto. 2007. Kualitas perairan di sekitar BBPBAP Jepara ditinjau dari aspek produktivitas primer sebagai landasan operasional pengembangan budidaya udang dan ikan. *Jurnal Pasir Laut*. 2(2): 1-17.
- Ferianita MH, Haeruman, Listari C, & Sitepu. 2005. *Komunitas Fitoplankton sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Teluk Jakarta*. Universitas Trisakti, Jakarta: Fakultas Arsitektur Lansekap Teknologi Lingkungan.
- Handayani S & MP. Patria. 2005. Komunitas plankton di perairan waduk Krenceng, Cilegon, Banten. *Jurnal Plankton*(2):75-80.
- Hartanto KU. 2009. Pengolahan Limbah Cair Tempe dengan Effective Microorganism (EM4 dan EM5) dan Potensinya sebagai Penghasil Pupuk dan Biogas. *SKRIPSI Jurusan Kimia-Fakultas MIPA UM*.
- Handayani S, Bambang S, & Marsoedi. 2001. Penentuan status kualitas perairan Sungai Brantas hulu dengan biomonitoring makrozoobentos: tinjauan pencemaran dari bahan organik. *Biosain*. 1(1): 30-38.
- Laprise J & Julian J. 1994. Environmental variability as a factor controlling spatial patterns in distribution and species diversity of zooplankton in the estuary. *Mar. Ecol. Progress Series*. (107): 67-81.
- Mulyanto S. 1992. *Lingkungan Hidup Untuk Plankton*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Murwati T. 2010. Kajian Pengaruh Aktivitas Pelabuhan Perikanan terhadap Aspek Kualitas Air Sungai Juwana dan Persepsi Masyarakat (Studi Kasus di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Bajomulyo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati). Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nontji A. 1986. *Rencana Pengembangan Puslitbang Limnologi*. LIPI pada Prosiding Expose Limnologi dan Pembangunan. Bogor.
- Nybakken JW. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*. Jakarta: Gramedia.
- Reish DJ. 1979. *Bristle Worms (Annelida: Polychaeta) In Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates*. New York: Academic Press.
- Saputra SW. 2010. *Kondisi Perairan Segara Anakan Ditinjau Dari Indikator Biotik. Makalah Pengantar Falsafah Sains*. Program Pasca Sarjana. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sastrawijaya AT. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Cetakan kedua. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Sourina A. 1970. A checklist of planktonic diatoms and dinoflagellates form the Mozambique Channel. *Bull. Mar. Sci. Gulf. Caribb*.20: 678-696
- Suwondo, Elya F, Dessy, & Mahmud A. 2004. Kualitas biologi perairan Sungai Senapelan, Sago dan Sail di kota Pekanbaru berdasarkan bioindikator plankton dan bentos. *Jurnal Biogenesis* 1(1):15-20.
- Waite TD. 1984. *Principles of water quality*. London: Academic Press. Inc.
- Zahidin M. 2008. Kajian Kualitas Air di Muara Sungai Pekalongan Ditinjau dari Indeks Keanekaragaman Makrobenthos dan Indeks Saprobitas Plankton. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.