

**ANALISIS KESUBURAN DAN PENCEMARAN AIR
BERDASARKAN KANDUNGAN KLOORIFIL-A DAN KONSENTRASI
TOTAL SUSPENDED SOLID SECARA MULTITEMPORAL
DI MUARA BANJIR KANAL TIMUR**

Aditya Hafidh Baktiar, Arwan Putra Wijaya, Abdi Sukmono^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788
email : geodesi@undip.ac.id

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, mengakibatkan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan semakin terkontaminasinya air, tanah dan udara. Salah satu perairan yang telah terkontaminasi limbah adalah perairan muara Banjir Kanal Timur dimana perairan Banjir Kanal Timur terletak di wilayah pesisir yang sering dijadikan sebagai tempat bermuaranya limbah domestik maupun limbah rumah tangga yang sering dibuang ke sungai. Oleh karena itu perlu adanya informasi mengenai mengenai penilaian kualitas air di muara Banjir Kanal Timur. Salah satu parameter untuk menilai kualitas air yaitu Klorofil-a dan *Total Suspended Solid*.

Dalam penelitian yang dilakukan pada bulan April tahun 2016 ini memiliki tujuan untuk mengetahui distribusi kesuburan dan pencemaran air yang didasarkan pada kandungan klorofil-a dan *Total Suspended Solid*. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan titik sampel secara acak di perairan muara Banjir Kanal Timur. Selanjutnya hasil sampling akan diuji dilaboratorium untuk mendapatkan nilai kandungan klorofil-a dan konsentrasi TSS, dari nilai uji laboratorium, nantinya dapat dijadikan sebagai dasar untuk pengolahan kandungan korofil-a dan konsentrasi TSS pada citra satelit Landsat.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi kesuburan air pada tahun 2003, 2014 dan 2016 di dominasi oleh status trofik *oligotrof* (0-2,6 mg/l) dan status trofik paling kecil pada tahun 2003, 2014 dan 2016 secara berurutan ditempati oleh status trofik *eutrof* (7,3-56 mg/l), *mesotrof* (2,6-7,3 mg/l) dan *hipereutrof* (>56 mg/l). Sedangkan untuk konsentrasi TSS pada tahun 2003, 2014 dan 2016 didominasi oleh daerah tercemar ringan dengan nilai kandungan 84 – 504 mg/l dan indeks pencemaran paling kecil ditempati oleh kategori tercemar sedang yang memiliki kandungan TSS pada rentang 504 – 5048 mg/l.

Kata Kunci : Banjir Kanal Timur, Indeks Pencemaran, Klorofil-a, Status Trofik, *Total Suspended Solid*.

ABSTRACT

Along with the increase of population, resulting the amount of waste produced increase. This causes more contamination of water, soil and air. One of waters that has been contaminated by waste is the East Flood Canal where it is located in the coastal area that often serve as a place of domestic waste and household waste which is often dumped into the river. Therefore it is necessary that the existance of information for the water quality assessment in the estuary of the East Flood Canal. One of the parameters to assess the water quality are Chlorophyll-a and Total Suspended Solid.

A study conducted in April 2016 had the objective to determine the distribution of fertility and water pollution that is based on the content of chlorophyll-a and Total Suspended Solid. In this research, random sample points was taken in the estuarine waters of East Flood Canal. Furthermore, the sampling result will be tested in laboratory to get the content value of chlorophyll-a and TSS concentrations, from the value of laboratory tests, later it could be used as the basis for processing the content of korofil-a and TSS concentration on Landsat satellite imagery.

The results shows that the fertility distribution of water in 2003, 2014 and 2016 is dominated by the oligotrof trophic status (0-2 mg / l) and the lowest trophic status in 2003, 2014 and 2016 respectively occupied by the eutrof trophic status (5 -15 mg / l), mesotrof (2-5 mg / l) and hipereutrof (≥ 15 mg / l). While for the concentration of TSS in 2003, 2014 and 2014 were dominated by light polluted area with the content value of 84-504 mg / l and the lowest pollution index is occupied by a medium polluted category that contains TSS in the range of 504-5048 mg / l.

Keywords : East Flood Canal, Chlorophyll-a, Total Suspended Solid, Pollution Index, Trophic Status.

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dan pertambahan jumlah penduduk yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, serta sampah industri dan sampah domestik yang dihasilkan oleh penduduk, mengakibatkan semakin terkontaminasinya air, tanah dan udara.

Dengan terkontaminasinya air dalam kehidupan sehari-hari yang dikarenakan oleh sampah industri dan sampah domestik, mengakibatkan air tidak lagi mempunyai standar 3B yaitu tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun. Hal ini menyebabkan air berwarna keruh dan berbau serta sering kali bercampur dengan benda-benda sampah seperti kaleng, plastik, dan sampah organik, pemandangan seperti ini kita jumpai pada aliran sungai atau dikolam-kolam, air yang demikian bisa dikatakan air yang terpolusi.

Salah satu perairan yang telah terkontaminasi oleh sampah industri dan sampah domestik yaitu perairan Banjir Kanal Timur yang merupakan kawasan muara dari sistem sungai Banjir Kanal Timur, Tambak Lorok (Kali Banger) dan Kali Tenggang. Adapun sungai Banjir Kanal Timur melintasi kota Semarang bagian timur yang padat pemukiman dan industri. Banyak aktivitas industri di sekitar daerah aliran sungai (DAS) ini. Antara lain adalah industri tekstil, bahan makanan, plastik, karoseri, percetakan, farmasi dan jamu, cat, mebel, minyak pelumas, perbengkelan, bahkan terdapat tempat pelelangan ikan. Perairan ini menjadi tempat pembuangan atau penampung limbah domestik / perkotaan dan limbah industri yang dihasilkan oleh aktivitas di sekitar daerah aliran sungai tersebut (Riyanto, 2004 dalam Wulandari, 2012).

Dengan banyaknya limbah yang dibuang di sepanjang sungai Banjir Kanal Timur, Tambak Lorok dan Kali Tenggang inilah sehingga perlu adanya informasi mengenai penilaian kualitas air di muara Banjir Kanal Timur. Salah satu parameter untuk menilai kualitas air yaitu Klorofil-a dan *Total Suspended Solid*. Klorofil-a merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesuburan air sedangkan *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air. Dengan mengetahui kandungan Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) diperairan muara Banjir Kanal Timur ini nantinya akan didapatkan informasi mengenai kualitas air di perairan muara Banjir Kanal Timur.

Distribusi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) dapat diestimasi melalui teknologi penginderaan jauh, seperti dari citra satelit Landsat. Teknologi penginderaan jauh dapat menganalisis hasil perekaman karakteristik spektral air dengan parameter-parameter kualitas air. Teknologi penginderaan jauh menggunakan citra satelit

menawarkan berbagai kemudahan untuk mendapatkan data kesuburan dan pencemaran air dibandingkan dengan menggunakan uji laboratorium yang lebih rumit dan memerlukan biaya yang mahal. Salah satu manfaat dari penggunaan teknologi penginderaan jauh adalah daerah cakupan yang luas, memiliki cara pemrosesan yang tidak rumit dan biaya yang cukup murah.

Dalam pemrosesan citra satelit Landsat untuk mendapatkan informasi mengenai data distribusi kesuburan dan pencemaran air, diperlukan suatu algoritma yang berfungsi untuk mendapatkan nilai distribusi yang cocok antara data citra dengan data uji laboratorium, sehingga dengan pemilihan algoritma ini diharapkan mendapatkan nilai distribusi kesuburan dan pencemaran air yang cocok pada daerah penelitian. Pada penelitian ini ada 3 Algoritma yang akan digunakan dalam penentuan kandungan Klorofil-a yaitu algoritma Adkha (1994), algoritma Hasyim (1997) dan algoritma Nuriya et al (2010) serta 3 Algoritma untuk penentuan konsentrasi TSS yaitu algoritma Woerd and Pasterkamp (2004) dan Trisakti *et.al.* (2009), algoritma Parwati (2014) dan algoritma Syarif Budhiman (2004).

Setelah mendapatkan algoritma yang tepat dalam penentuan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi TSS, selanjutnya dilakukan analisa citra satelit untuk mendapatkan profil distribusi Klorofil-a dan TSS secara real time. Uji akurasi citra dilakukan untuk mengetahui sejauh mana citra dapat memberikan informasi tentang Klorofil-a dan TSS di perairan. Hasil uji akurasi citra nantinya akan dibandingkan dengan nilai Klorofil-a dan TSS yang telah diuji melalui analisis laboratorium.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003, 2014 dan 2016?
2. Algoritma apa yang sesuai untuk menentukan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur?
3. Bagaimanakah distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003, 2014 dan 2016?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur.

- Mengetahui Algoritma yang sesuai untuk menentukan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur.
- Memetakan distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003, 2014 dan 2016.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup Penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini, adalah:

- Pengolahan menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM+ akuisisi tahun 2003 dan Landsat 8 OLI/TIRS akuisisi tahun 2014 dan 2016.
- Wilayah kajian dilakukan di Perairan Banjir Kanal Timur yang terletak pada koordinat 110°25' BT s/d 110°26' BT dan 6°56'LS s/d 6°55' LS.
- Algoritma dalam penentuan kandungan Klorofil-a yang dipakai yaitu algoritma Adkha (1994), algoritma Hasyim(1997) dan algoritma Nuriya *et al* (2010).
- Algoritma dalam penentuan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yaitu algoritma Woerd and Pasterkamp (2004) dan Trisakti *et.al.* (2009), algoritma Parwati (2014) dan algoritma Syarif Budhiman (2004).
- Algoritma Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) terbaik adalah hasil validasi antara hasil pengukuran *in-situ* dengan data citra Landsat.
- Pemetaan distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) tahun 2003, 2014 dan 2016.
- Pemetaan kriteria status trofik kesuburan air berdasarkan PerMNLH No. 28 tahun 2009.
- Pemetaan indeks pencemaran air berdasarkan nilai konsentrasi TSS menurut KMNHL No. 115 tahun 2003.

I.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut :

- Daerah penelitian tugas akhir ini dilakukan di perairan Banjir Kanal Timur yang mencakup kecamatan Semarang Utara dan kecamatan Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah.
- Batasan penelitian sejauh maksimal 12 mil kearah laut.
- Dalam pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman ± 25 cm.
- Data pengukuran Lapangan (*in-situ*) Klorofil-a dan TSS di perairan Banjir Kanal Timur menggunakan data sampel air yang

diambil secara acak yang diuji dalam laboratorium untuk diketahui nilai kandungan Klorofil-a dan TSS sampel air tersebut.

- Validasi Distribusi Klorofil-a dan TSS dilakukan dengan metode regresi linier antara data lapangan dengan data pengolahan Klorofil-a dan TSS citra Landsat.
- Hasil dari penelitian ini berupa peta distribusi kandungan Klorofil-a dan TSS di perairan Banjir Kanal Timur.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Pencemaran Air

Definisi pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga mutu air menurun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya (Permeneg LH No.01 Pasal 1, 2010).

Pencemaran air yang disebabkan oleh manusia dapat timbul dari bermacam-macam kegiatan, baik sengaja maupun tidak, dan pada umumnya berpengaruh besar bagi lingkungan akibat dari pencemaran oleh makhluk hidup. Pencemaran apabila tidak dicegah atau dikurangi pada dasarnya akan membahayakan dan merugikan bagi manusia dari segi kesehatan maupun segi kehidupan sosial atau kelangsungan makhluk hidup (Dix, 1981).

Pencemaran air berdampak bagi organisme dan tanaman di dalam badan air. Dalam banyak kasus efek ini merusak tidak hanya populasi dan spesies individu namun juga komunitas biologi alami. Pencemaran air merupakan masalah global yang memerlukan evaluasi segera dan kebijakan sumber air pada semua level. Hal ini dianggap juga sebagai penyebab utama penyakit dan kematian (Dix, 1981).

II.2. Fitoplankton

Fitoplankton adalah makhluk renik yang melayang di permukaan air (Yatim, 2003). Menurut Nontji (2003), fitoplankton merupakan tumbuhan yang seringkali ditemukan di seluruh massa air pada zona eufotik, berukuran mikroskopis dan memiliki klorofil sehingga mampu membentuk zat organik dari zat anorganik melalui fotosintesis. Fitoplankton sebagai organisme autotrof menghasilkan oksigen yang akan dimanfaatkan oleh organisme lain, sehingga fitoplankton mempunyai peranan penting dalam menunjang produktifitas perairan. Keberadaan fitoplankton dapat dilihat berdasarkan kelimpahannya di perairan, yang dipengaruhi oleh parameter lingkungan (Lukman dkk, 2006). Selain sebagai produsen primer, fitoplankton juga sebagai penghasil oksigen terlarut di perairan bagi organisme lain (Kamali, 2004).

Fitoplankton merupakan parameter biologi yang dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan suatu

perairan. Fitoplankton juga merupakan penyumbang oksigen terbesar di dalam suatu perairan. Pentingnya peranan fitoplankton sebagai pengikat awal energi matahari menjadikan fitoplankton berperan penting bagi kehidupan perairan (Fachrul, 2006).

Selaku organisme air, fitoplankton mempunyai banyak kelebihan sebagai tolak ukur biologis yaitu mampu menunjukkan tingkat ketidakstabilan ekologi dan mengevaluasi berbagai bentuk pencemaran. Setiap jenis fitoplankton berbeda reaksi fisiologis dan tingkah lakunya terhadap perubahan kualitas lingkungan (Astirin dkk, 2002).

II.3. Klorofil-a

Klorofil berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri dari dua suku kata, yaitu *chloros* berarti hijau dan *phylum* yang berarti daun. Klorofil menangkap kekuatan hidup atau energi matahari dan digunakan untuk membelah molekul H₂O menjadi unsur H dan O₂, kemudian menggabungkannya antara unsur H dengan gas CO₂ dan dihasilkan gula atau karbohidrat. Dari proses fotosintesis ini juga dihasilkan hasil sampingan berupa gas O₂ (Wirosaputro, 1998 dalam Sinurat, 2009).

Klorofil lebih dikenal dengan zat hijau daun yang merupakan pigmen yang terdapat pada organisme produsen yang berfungsi sebagai pengubah karbondioksida menjadi karbohidrat, melalui proses fotosintesis. Klorofil mempunyai rumus kimia C₅₅H₇₂O₅N₄Mg dengan atom Mg sebagai pusatnya. Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografis suatu perairan. Beberapa parameter fisik-kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a, adalah intensitas cahaya, nutrien (terutama nitrat, fosfat dan silikat). Perbedaan parameter fisika-kimia tersebut secara langsung merupakan penyebab bervariasinya produktivitas primer di beberapa tempat di laut. Selain itu “grazing” juga memiliki peran besar dalam mengontrol konsentrasi klorofil-a di laut (Hatta, 2002).

Klorofil a merupakan komponen penting yang didukung fitoplankton dan tumbuhan air yang mana keduanya merupakan sumber makanan alami bagi ikan. Klorofil-a adalah suatu pigmen aktif dalam sel tumbuhan yang mempunyai peran penting terhadap berlangsungnya proses fotosintesis (Prezelin, 1981 dalam Krismono, 2010).

II.4. Status Trofik Perairan

Eutrofikasi merupakan pengkayaan (*enrichment*) air dengan nutrient/unsur hara berupa bahan anorganik yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan mengakibatkan terjadinya peningkatan produktivitas primer perairan. Nutrien yang dimaksud adalah

nitrogen dan fosfor. Eutrofikasi diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *artificial* atau *cultural eutrophication* dan *natural eutrophication*. Eutrofikasi diklasifikasikan sebagai *artificial (cultural) eutrophication* apabila peningkatan unsur hara di perairan disebabkan oleh aktivitas manusia; dan diklasifikasikan sebagai *natural eutrophication* jika peningkatan unsur hara di perairan bukan disebabkan oleh aktivitas manusia tetapi aktivitas alam (Effendi, 2003).

Eutrofikasi diklasifikasikan menjadi empat kategori status trofik (PerMNLH Nomor 28 tahun 2009), yaitu:

- a. *Oligotrof*; adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar rendah, status ini menunjukkan kualitas air masih bersifat alamiah belum tercemar dari sumber unsur hara N dan P.
- b. *Mesotrof*; adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sedang, status ini menunjukkan adanya peningkatan kadar N dan P, namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran air.
- c. *Eutrofik*; adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar N dan P.
- d. *Hipereutrofik*; adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sangat tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar N dan P.

Berikutnya mengenai kriteria status trofik perairan menurut Carlson & Simpson (1996) terdapat pada tabel berikut ini :

Tabel II. 1 Kriteria Status Trofik Perairan

Status Trofik	Kadar Rata-rata Klorofil a (µg/l)
<i>Oligotrof</i>	<2,6
<i>Mesotrof</i>	2,6-7,3
<i>Eutrof</i>	7,3-56
<i>Hipereutrof</i>	>56

II.5. Total Suspended Solid

TSS adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 µm) yang tertahan pada saringan miliopore dengan diameter pori 0.45 µm. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi akan menghambat penetrasi

cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis. Penyebaran TSS di perairan pantai dan estuari dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik antara lain angin, curah hujan, gelombang, arus, dan pasang surut (Effendi, 2000).

Sastrawijaya (2000) menyatakan bahwa konsentrasi TSS dalam perairan umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, limbah manusia, limbah hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, serta limbah industri. Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air (Effendi, 2000).

TSS berhubungan erat dengan erosi tanah dan erosi dari saluran sungai. TSS sangat bervariasi, mulai kurang dari 5 mg.L⁻¹ yang yang paling ekstrem 30.000 mg.L⁻¹ di beberapa sungai. TSS tidak hanya menjadi ukuran penting erosi di alur sungai, juga berhubungan erat dengan transportasi melalui sistem sungai nutrisi (terutama fosfor), logam, dan berbagai bahan kimia industri dan pertanian (Tony Bird, 1987).

II.6. Penentuan Indeks Pencemaran

Sumitomo dan Nemerow (1970), Universitas Texas, A.S., mengusulkan suatu indeks yang berkaitan dengan senyawa pencemar yang bermakna untuk suatu peruntukan. Indeks ini dinyatakan sebagai Indeks Pencemaran (*Pollution Index*) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan (Nemerow, 1974). Indeks ini memiliki konsep yang berlainan dengan Indeks Kualitas Air (*WaterQuality Index*).

Indeks Pencemaran (IP) ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. IP mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independent dan bermakna (KMN LH No. 115 Tahun 2003).

Hasil pengolahan data citra mengenai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan hasil uji laboratorium selanjutnya dilakukan perhitungan dengan indeks pencemaran sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 tentang Status Mutu Air sebagai pembanding dengan baku mutu untuk mengetahui tingkat pencemaran di lokasi titik sampling tersebut. Rumus

untuk perhitungan indeks pencemaran sebagai berikut :

$$PI = Ci / Lij \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Ci : konsentrasi parameter kualitas air yang diperoleh dari hasil uji laboratorium (TSS).

Lij : konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu Peruntukan Air.

Evaluasi terhadap nilai PI adalah :

- 0 ≤ PI ≤ 1,0 : memenuhi baku mutu
- 1,0 < PI ≤ 5,0 : tercemar ringan
- 5,0 < PI ≤ 10 : tercemar sedang
- PI > 10 : tercemar berat

II.7. Algoritma Perhitungan Kandungan Klorofil-a

Ada 3 algoritma yang akan digunakan pada penelitian ini dengan tujuan untuk mendapatkan algoritma terbaik yang dapat digunakan sebagai formula pengolahan kandungan Klorofil-a pada daerah penelitian dan dapat digunakan oleh data citra landsat wilayah studi secara multitemporal.

II.7.1. Algoritma Adkha (1994)

Adkha melakukan pengembangan Algoritma pengukuran konsentrasi klorofil dengan menggunakan sensor TM di perairan pantai utara kabupaten Subang provinsi Jawa Barat. Kanal yang digunakan adalah kanal 1, kanal 3, kanal 4 dan kanal 5 sehingga diperoleh konsentrasi Klorofil adalah

$$C = 8.6548663 + 0.12856666*(TM1-TM5) + 0.258411*(TM3/TM4) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- C = Konsentrasi Klorofil-a (mg/l)
- TM1, TM3, TM4, TM5 = Band 1,3,4,5 citra satelit Landsat 7/ETM+.

II.7.2. Algoritma Hasyim (1997)

Hasyim melakukan penelitian di perairan Situbondo dan mengembangkan formula untuk mengukur konsentrasi klorofil yaitu :

$$C = -17.1342 + 15.2587*(TM3/TM4) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- C = Konsentrasi Klorofil-a (mg/l)
- TM3, TM4 = Band 3 dan 4 citra satelit Landsat 7/ETM+.

II.7.3. Algoritma Nuriya et a

Algoritma yang digunakan untuk penentuan kandungan Klorofil-a menggunakan algoritma Nuriya et.al (2010). Rasio band yang digunakan menyesuaikan dengan panjang gelombang Landsat 8 yaitu rasio band Band 6, Band 5, dan Band 4. Sehingga pada pengolahannya pada data citra Landsat 8 algoritma yang digunakan seperti berikut:

$$C = 0,2818 \times \left(\frac{B5+B6}{B4} \right)^{3,497} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- C : Konsentrasi klorofil-a (mg/l)
- B4 : Nilai reflektansi kanal 4 Landsat 8
- B5 : Nilai reflektansi kanal 5 Landsat 8
- B6 : Nilai reflektansi kanal 6 Landsat 8

Dikarenakan pada algoritma ini digunakan nilai reflektansi, maka data citra harus diekstrak terlebih dahulu dari nilai DN (digital number) ke nilai radiansi. Kemudian dari nilai radiansi ke nilai Reflektansi.

II.8. Algoritma Penentuan Konsentrasi TSS

Ada 3 algoritma yang akan digunakan pada penelitian ini dengan tujuan untuk mendapatkan algoritma terbaik yang dapat digunakan sebagai formula pengolahan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada daerah penelitian dan dapat digunakan oleh data citra landsat wilayah studi secara multitemporal.

II.8.1. Algoritma Woerd and Pasterkamp (2004) dan Trisakti et al (2009)

Pada algoritma ini Hans van der Woerd dan Reinold Pasterkamp melakukan pemetaan material tersuspensi di suatu wilayah konservasi yang letaknya di laut utara Eropa. Kemudian Algoritma ini di korelasikan dengan data *in-situ* di wilayah perairan Selat Madura oleh Bambang Trisakti dari LAPAN di tahun yang sama yaitu 2004. Adapun Algoritma penurunan TSS nya sebagai berikut :

Jika nilai $X \leq 2,76$ (atau nilai reflektan kanal 2 $\leq 0,0282$) maka :

$$TSS(mg/l)=1,0585e^{1,3593x} \dots\dots\dots(5)$$

Sedangkan jika nilai $X > 2,76$ (atau nilai reflektan band 2 $> 0,0282$) maka:

$$TSS(mg/l)=32,918x -46,616 \dots\dots\dots(6)$$

Dimana nilai x yaitu :

$$X=(-0,53*Ref_{b2})+0,001/(0,03*Ref_{b2})-0,0059 \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

- TSS = *Total Suspended Solid*
- Ref_{b2} = Nilai Reflektan Band 2

II.8.2. Algoritma Parwati (2000)

Pada Algoritma ini penurunan TSS sebagai berikut :

$$TSS(mg/l) = 0,6211*(7,9038*exp (23,942* Red Band))*0,9645) \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

- TSS = *Total Suspended Solid*
- Red Band = Nilai Reflektan Band 3

II.8.3. Algoritma Syarif Budhiman (2004)

Algoritma ini dikembangkan di wilayah perairan Delta Mahakam dengan metode yang dikembangkan berdasarkan bio optical modelling untuk menganalisis suatu distribusi dari materi yang tersuspensi melalui teknologi penginderaan jauh. Berikut algoritma yang digunakan :

$$TSS(mg/l) = 3,3238*exp^{(34,099*Red Band)} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

- TSS = Total Suspended Solid
- Red Band = Nilai Reflektan Band 3

III. Metodologi Penelitian

III.1. Alat Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah:

1. Perangkat keras berupa: Laptop Asus Intel(R) Core (TM) i7-4700HQ CPU @ 2.40 GHz (8 CPUs), 8.192 GB RAM
2. Perangkat lunak berupa:
 - a. Sistem operasi komputer *Microsoft Windows 10*.
 - b. *Microsoft Word* 2016, untuk pembuatan laporan.
 - c. *Microsoft Excel* 2016, untuk pengolahan data.
 - d. *Microsoft Visio* 2016, untuk perancangan sistem.
 - e. *Software ENVI 5.1*
 - f. *Software ArcGIS 10.2*
 - g. *Software BEAM VISAT*
3. Peralatan lapangan berupa:
 - a. Botol, sebagai tempat penyimpanan sampel air laut.
 - b. *GPS Handheld* Garmin
 - c. *Cooling Box*
 - d. *Perahu Motor*

III.2 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian

No	Data	Sumber	Waktu Akuisisi
1.	Citra Landsat 7 ETM+	http://glovis.usgs.gov/	02 April 2003
2.	Citra Landsat 8 OLI	http://glovis.usgs.gov/	14 Maret 2014
3.	Citra Landsat 8 OLI	http://glovis.usgs.gov/	13 April 2016
4.	Peta RBI Kota Semarang Skala 1:25.000 lembar 1409-221 dan 1409-222	BAPPEDA Kota Semarang	2001
5.	Konsentrasi Klorofil-a dan TSS	Hasil Survei Lapangan	13 April 2016

ini terdiri dari :

Tabel III. 1 Data dan Sumber Data

Tabel III. 2 Kandungan Klorofil-a Hasil Uji Laboratorium

Tanggal	Nama Titik	Koordinat (m)		Kandungan Klorofil-a (mg/l)
		E	N	
13 April 2016	P1	437862	9232628	1,817540
	P2	437811	9232623	1,740550
	P3	438927	9238418	0,086445
	P4	439123	9233220	0,463155
	P5	438675	9233356	0,155235
	P6	440472	9234578	0,121995
	P7	440182	9235726	0,035430

Keterangan : Proyeksi UTM, Datum WGS 84, Zona 49 S

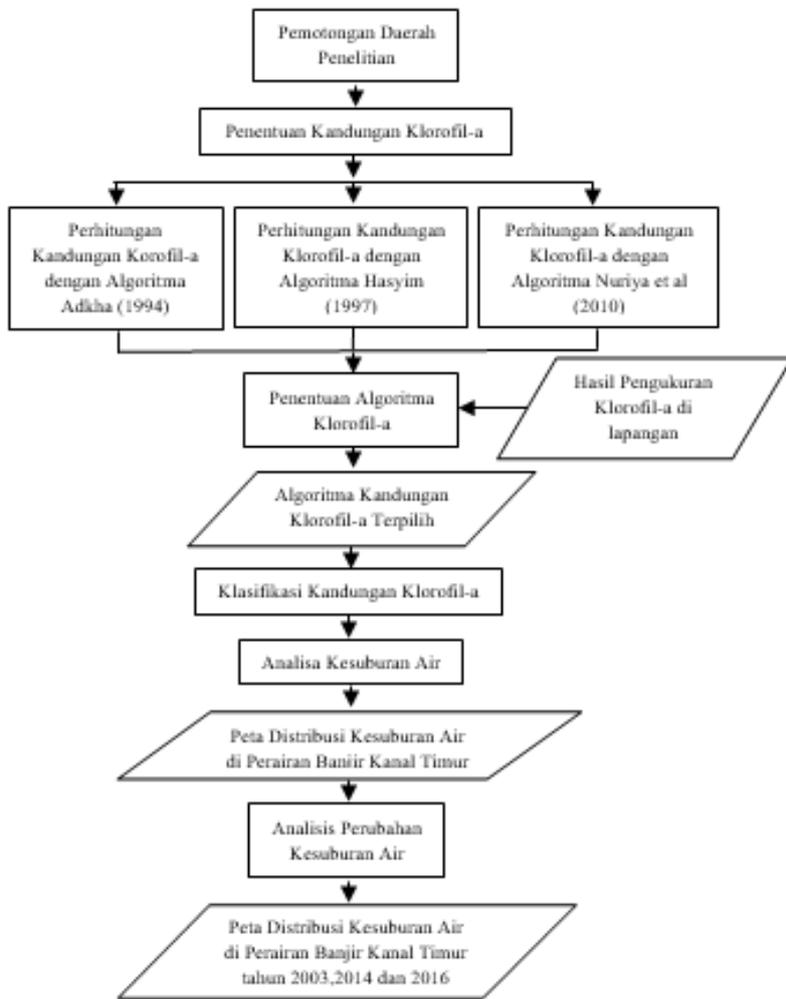
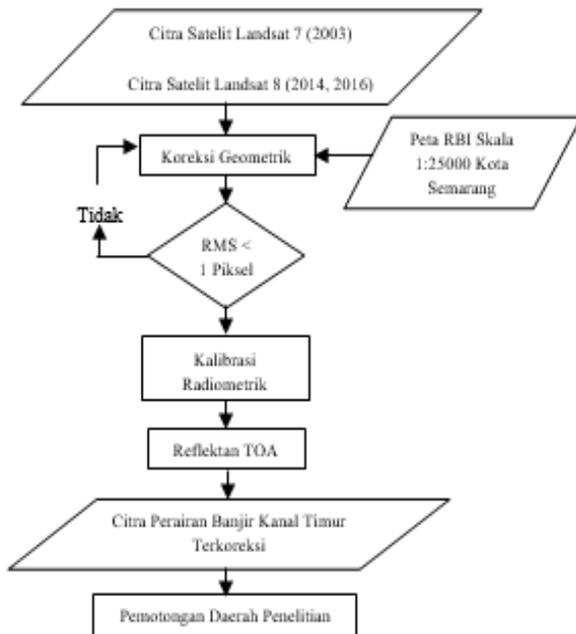
Tabel III. 3 Konsentrasi TSS Hasil Uji Laboratorium

Tanggal	Nama Titik	Koordinat (m)		Konsentrasi Total Suspended Solid (mg/l)
		E	N	
13 April 2016	P1	437862	9232628	460
	P2	436624	9233616	500
	P3	437733	9232880	580
	P4	437941	9234370	520
	P5	439123	9233220	420
	P6	438675	9233356	760
	P7	440472	9234578	460
	P8	440182	9235726	420

Keterangan : Proyeksi UTM, Datum WGS 84, Zona 49 S

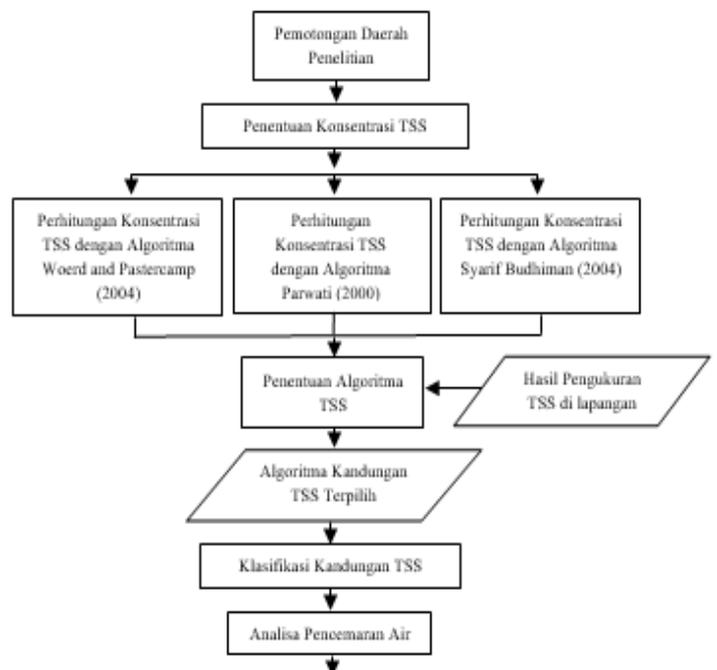
III.3 Diagram Alir Penelitian

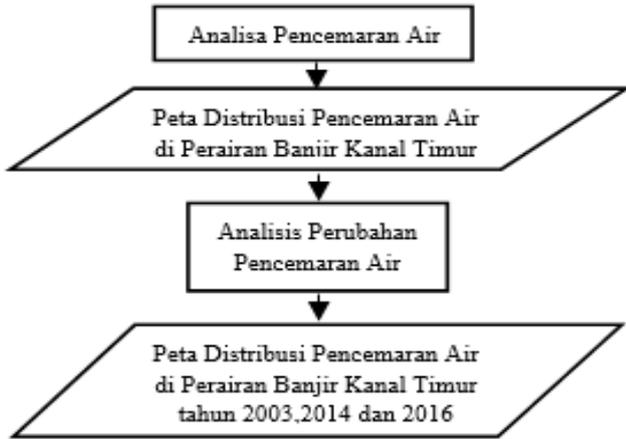
Diagram alir penelitian adalah seperti dibawah ini :



Gambar III.1. Diagram Alir Koreksi Geometrik dan Kalibrasi Radiometrik Daerah Penelitian

Gambar III.2. Diagram Alir Pembuatan Peta Distribusi Kesuburan Air Multitemporal





Gambar III.3. Diagram Alir Pembuatan Peta Distribusi Pencemaran Air Multitemporal

III.4. Klasifikasi Kesuburan Air Menggunakan Status Trofik Perairan

Dari hasil pengolahan data citra mengenai konsentrasi klorofil-a dan hasil uji laboratorium selanjutnya dilakukan pengklasifikasian berdasarkan PerMNLH Nomor 28 tahun 2009 mengenai kriteria status trofik perairan yaitu sebagai berikut :

Tabel III.1 Kriteria Status Trofik Perairan

Status Trofik	Kadar Rata-rata Klorofil a (µg/l)
Oligotrof	<2,6
Mesotrof	2,6-7,3
Eutrof	7,3-56
Hipereutrof	>56

III.4. Klasifikasi Pencemaran Air Menggunakan Indeks Pencemaran Air

Setelah mendapatkan algoritma yang sesuai dengan daerah penelitian selanjutnya melakukan tahap klasifikasi terhadap citra satelit hasil pengolahan. Pada pengolahan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) ini didapatkan nilai konsentrasi hasil regresi dari algoritma terpilih dan untuk mengklasifikasikannya kita menggunakan suatu indeks yang dinyatakan sebagai indeks pencemaran (*Pollution Index*) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan.

Hasil pengolahan data citra mengenai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan hasil uji laboratorium selanjutnya dilakukan perhitungan dengan indeks pencemaran sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 tentang Status Mutu Air sebagai pembandingan dengan baku mutu untuk mengetahui tingkat pencemaran di lokasi titik sampling tersebut.

Adapun untuk evaluasi hasil dari indeks pencemaran adalah sebagai berikut:

- $0 \leq PI \leq 1,0$: memenuhi baku mutu
- $1,0 < PI \leq 5,0$: tercemar ringan
- $5,0 < PI \leq 10$: tercemar sedang
- $PI > 10$: tercemar berat

IV. Hasil Dan Pembahasan

IV.1. Algoritma Klorofil-a Terbaik

Berdasarkan pengolahan pada masing-masing algoritma, mulai dari algoritma Adkha (1994), Hasyim (1997) dan Nuriya *et al* (2010) diperoleh hasil regresi dan RMSe sebagai berikut :

Tabel IV. 1 Hasil Regresi dan RMSe pada setiap algoritma Klorofil-a

Hasil	Adkha (1994)	Hasyim (1997)	Nuriya <i>et al</i> (2010)
Regresi	70%	68%	93%
RMSe	0,4035 mg/l	0,4148 mg/l	0,1992 mg/l

Dari hasil regresi dan RMSe yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa algoritma Klorofil-a terbaik pada daerah muara Banjir Kanal Timur adalah algoritma Nuriya *et al* (2010) dengan nilai regresi sebesar 93% dan RMSe sebesar 0,1992 mg/l. Sehingga untuk penentuan konsentrasi Klorofil-a untuk pengolahan pada citra landsat 8 tahun 2014 dan landsat 7 ETM+ 2003 selanjutnya menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010).

IV.2. Algoritma Total Suspended Solid Terbaik

Berdasarkan pengolahan pada masing-masing algoritma, mulai dari algoritma Woerd dan Pasterkamp (2004), algoritma Parwati (2000) dan algoritma Syarif Budhiman (2004) diperoleh hasil regresi dan RMSe sebagai berikut :

Tabel IV.2 Hasil Regresi dan RMSe pada setiap algoritma Total Suspended Solid

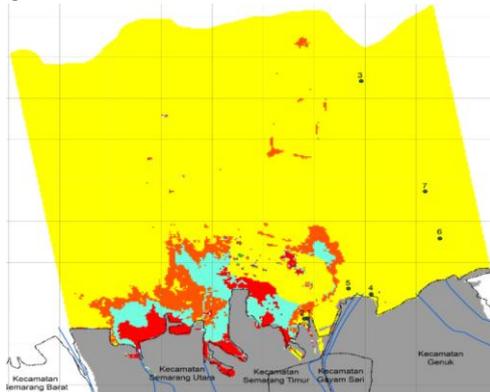
Hasil	Woerd dan Pasterkamp (2004)	Parwati (2000)	Syarif Budhiman (2004)
Regresi	81%	84%	85%
RMSe	46.12 mg/l	42.08 mg/l	41.03 mg/l

Dari hasil regresi dan RMSe yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa algoritma *Total Suspended Solid* terbaik pada daerah muara Banjir Kanal Timur adalah algoritma Syarif Budhiman (2004) dengan nilai regresi sebesar 85% dan RMSe sebesar 41.03 mg/l. Sehingga untuk penentuan konsentrasi *Total Suspended Solid* untuk pengolahan pada citra landsat 8 tahun 2014 dan landsat 7 ETM+ 2003 selanjutnya menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004).

IV.3. Analisis Distribusi Kesuburan Air

IV.3.1. Hasil Perhitungan Kesuburan Air April 2016

Hasil pengolahan citra satelit untuk menentukan kandungan klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikan menggunakan status trofik perairan yang dilakukan pada citra landsat 8 tahun 2016 mendapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar IV. 1 Distribusi Kesuburan Air Bulan April 2016

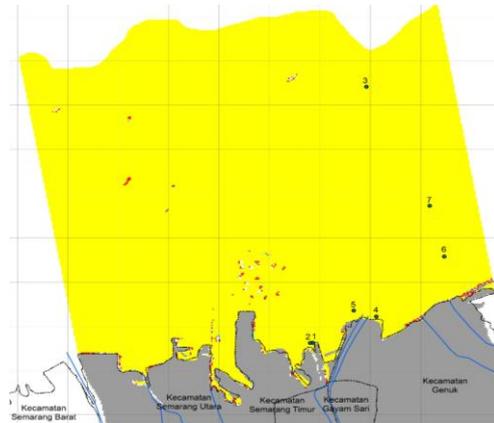
Tabel IV. 3 Klasifikasi Kesuburan Air Bulan April 2016

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
<i>Oligotrof</i>	<2,6	5274,04	88,83%
<i>Mesotrof</i>	2,6-7,3	265,33	4,47%
<i>Eutrof</i>	7,3-56	248,56	4,19%
<i>Hipereutrof</i>	>56	149,40	2,52%
Total (ha)		5937,33	100,00%

Dari hasil pengolahan konsentrasi klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) didapatkan hasil berupa luasan lahan perairan banjir kanal timur kota semarang dengan klasifikasi status trofik perairan, adapun hasil dari pengklasifikasian tersebut diperoleh kelas *oligotrof* seluas 5274,04 hektar yang menempati 88,83% dari daerah penelitian, kelas *oligotrof* ini tersebar merata disemua daerah penelitian, meliputi muara sungai, tepi pantai dan lautan lepas. Kelas *mesotrof* seluas 265,33 hektar yang menempati 4,47% dari daerah penelitian, kelas *mesotrof* ini banyak tersebar didaerah lautan bagian barat pelabuhan dan sedikit tersebar didaerah lautan lepas. Kelas *eutrof* seluas 248,56 hektar yang menempati 4,19% dari daerah penelitian, kelas *eutrof* ini tersebar di daerah pelabuhan, tepi pantai dan daerah lautan. Sedangkan kelas *hipereutrof* seluas 149,40 hektar yang menempati 2,52% dari daerah penelitian, kelas *hipereutrof* ini tersebar dibagian muara sungai, tepi pantai dan daerah pelabuhan.

IV.3.2. Hasil Perhitungan Kesuburan Air Maret 2003

Hasil pengolahan citra satelit untuk menentukan kandungan klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikan menggunakan status trofik perairan yang dilakukan pada citra landsat 8 tahun 2003 mendapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar IV. 2 Distribusi Kesuburan Air Bulan Maret 2014

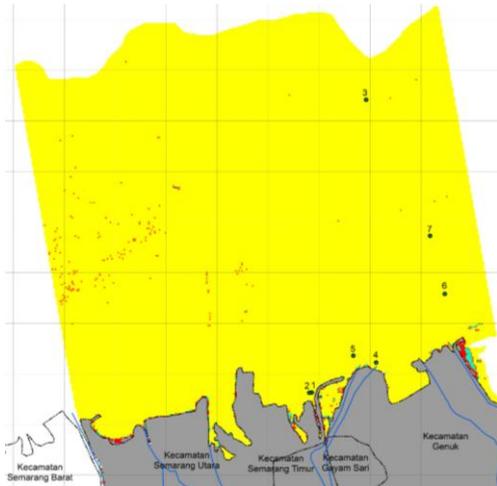
Tabel IV.4 Klasifikasi Kesuburan Air Bulan Maret 2014

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
<i>Oligotrof</i>	<2,6	5891,93	99,44%
<i>Mesotrof</i>	2,6-7,3	6,12	0,10%
<i>Eutrof</i>	7,3-56	9,27	0,16%
<i>Hipereutrof</i>	>56	17,55	0,30%
Total (ha)		5924,87	100,00%

Dari hasil pengolahan konsentrasi klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) didapatkan hasil berupa luasan lahan perairan banjir kanal timur kota semarang dengan klasifikasi status trofik perairan, adapun hasil dari pengklasifikasian tersebut diperoleh kelas *oligotrof* seluas 5891,93 hektar yang menempati 99,44% dari daerah penelitian, kelas *oligotrof* ini tersebar merata di seluruh daerah penelitian mulai dari tepi pantai, daerah muara dan laut lepas. Kelas *mesotrof* seluas 6,12 hektar yang menempati 0,10% dari daerah penelitian, kelas *mesotrof* ini hanya tersebar di sekitar laut lepas dan memiliki daerah distribusi yang sangat kecil. Kelas *eutrof* seluas 9,27 hektar yang menempati 0,16% dari daerah penelitian, kelas *eutrof* ini hanya tersebar di sekitar laut lepas dan memiliki daerah distribusi yang kecil. Sedangkan kelas *hipereutrof* seluas 17,55 hektar yang menempati 0,30% dari daerah penelitian, kelas *hipereutrof* ini tersebar di sepanjang tepi pantai.

IV.3.3. Hasil Perhitungan Kesuburan Air April 2003

Hasil pengolahan citra satelit untuk menentukan kandungan klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikan menggunakan status trofik perairan yang dilakukan pada citra landsat 7 tahun 2003 mendapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar IV.3 Distribusi Kesuburan Air Bulan April 2003

Tabel IV.5 Klasifikasi Kesuburan Air Bulan April 2003

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
<i>Oligotrof</i>	<2,6	6032,78	98,89%
<i>Mesotrof</i>	2,6-7,3	30,42	0,50%
<i>Eutrof</i>	7,3-56	17,91	0,29%
<i>Hipereutrof</i>	>56	19,44	0,32%
Total (ha)		6100,55	100,00%

Dari hasil pengolahan konsentrasi klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) didapatkan hasil berupa luasan lahan perairan banjir kanal timur kota semarang dengan klasifikasi status trofik perairan, adapun hasil dari pengklasifikasian tersebut diperoleh kelas *oligotrof* seluas 6032,78 hektar yang menempati 98,89% dari daerah penelitian, kelas *mesotrof* seluas 30,42 hektar yang menempati 0,50% dari daerah penelitian, kelas *eutrof* seluas 17,91 hektar yang menempati ,29% dari daerah penelitian dan kelas *hipereutrof* seluas 19,44 hektar yang menempati 0,32% dari daerah penelitian.

IV.3.4. Distribusi Nilai Kesuburan Air Multitemporal

Dari hasil pengolahan nilai klorofil a dengan menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikannya berdasarkan status trofik

perairan maka didapatkan hasil distribusi nilai kesuburan air secara multitemporal pada tahun 2003, 2014 dan 2016, adapun hasil dari pengolahan nilai kesuburan air itu sebagai berikut :

Tabel IV.6 Perbandingan Luas Daerah Kesuburan Air tahun 2003, 2014 dan 2016

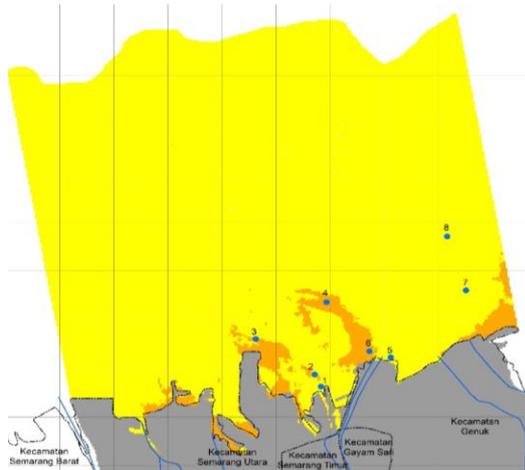
Dari Tabel IV.6 kita lihat bahwa pada tahun

Status Trofik	Nilai	Luas (ha) 2003	Luas (ha) 2014	Luas (ha) 2016
<i>Oligotrof</i>	<2,6	6032,78	5891,93	5274,04
<i>Mesotrof</i>	2,6-7,3	30,42	6,12	265,33
<i>Eutrof</i>	7,3-56	17,91	9,27	248,56
<i>Hipereutrof</i>	>56	19,44	17,55	149,40

2003 luas daerah *oligotrof* sebesar 6032,78 hektar, daerah *mesotrof* seluas 30,42 hektar, daerah *eutrof* seluas 17,91 hektar dan daerah *hipereutrof* seluas 19,44 hektar. Pada tahun 2014 luas daerah *oligotrof* sebesar 5891,93 hektar, daerah *mesotrof* seluas 6,12 hektar, daerah *eutrof* seluas 9,27 hektar dan daerah *hipereutrof* seluas 17,55 hektar. Pada tahun 2016 luas daerah *oligotrof* sebesar 5274,04 hektar, daerah *mesotrof* seluas 265,33 hektar, daerah *eutrof* seluas 248,56 hektar dan daerah *hipereutrof* seluas 149,40 hektar. Dari data diatas kita dapat melihat bahwa dalam selang waktu 2003 sampai 2014 terdapat pengurangan luas daerah pada status trofik *oligotrof* sebesar 140,85 hektar, luas daerah *mesotrof* berkurang sebesar 24,3 hektar, luas daerah *eutrof* berkurang sebesar 8,64 hektar dan luas daerah *hipereutrof* berkurang sebesar 1,89 hektar. Sedangkan pada selang waktu 2014 sampai 2016 terdapat pengurangan luas daerah *oligotrof* sebesar 617,89 hektar, luas daerah *mesotrof* bertambah sebesar 259,21, luas daerah *eutrof* bertambah sebesar 239,29 dan luas daerah *hipereutrof* bertambah sebesar 131,85 hektar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada selang waktu 2003 sampai dengan 2014 terjadi penurunan luas daerah pada setiap trofik hal ini mungkin dapat disebabkan karena perubahan fungsi lahan yang terjadi pada selang waktu 2003 sampai 2014 serta sedikitnya unsur-unsur hara seperti N dan P yang terbawa oleh aliran sungai. Sedangkan untuk selang waktu 2014 sampai dengan 2016 terjadi penurunan luas pada daerah *oligotrof* tetapi terjadi peningkatan luas pada daerah *mesotrof*, *eutrof* dan *hipereutrof*. Hal ini dapat terjadi karena banyaknya unsur-unsur hara N dan P yang ikut terbawa oleh aliran sungai yang menyebabkan meningkatnya luasan daerah *mesotrof*, *eutrof* dan *hipereutrof*.

IV.4 Analisis Pencemaran Air Multitemporal
IV.4.1. Hasil Perhitungan Pencemaran Air April 2016

Setelah pemrosesan yang dilakukan pada nilai reflektansi menjadi nilai konsentrasi *total suspended solid* (TSS) dengan menggunakan algoritma terpilih yaitu algoritma Syarif Budhiman (2004) lalu dilakukan proses klasifikasi nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) terhadap nilai indeks pencemaran, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai pencemaran dan luasan daerah pencemaran sesuai dengan indeks pencemaran sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar IV.4 Distribusi Pencemaran Air Bulan April 2016

Tabel IV.7 Klasifikasi Pencemaran Air Bulan April 2016

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Tercemar Ringan	$1 < PI \leq 5$	5721,29	96,18%
Tercemar Sedang	$5 < PI \leq 10$	227,52	3,82%
Total (ha)		5948,81	100,00%

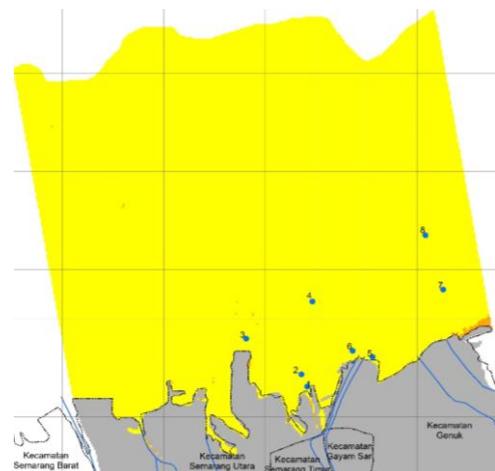
Dari hasil pengolahan konsentrasi *total suspended solid* menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004) didapatkan hasil berupa luasan lahan perairan banjir kanal timur kota semarang dengan klasifikasi indeks pencemaran, adapun hasil dari pengklasifikasian tersebut diperoleh kelas tercemar ringan seluas 5721,29 hektar yang menempati 96,18% dari seluruh perairan banjir kanal timur yang menjadi tempat penelitian. Sedangkan kelas tercemar sedang seluas 227,52 hektar yang menempati 3,82% dari daerah penelitian. Daerah persebaran tercemar ringan lebih mendominasi daerah penelitian dan dapat dilihat bahwasannya distribusi tercemar ringan berada hampir diseluruh daerah penelitian seperti daerah tepi pantai dan daerah lautan lepas, sedangkan distribusi tercemar sedang berada pada daerah muara sungai, tepi pantai dan daerah pelabuhan.

TSS merupakan salah satu unsur untuk menentukan tingkat pencemaran air di suatu perairan

karena mempengaruhi masuknya cahaya matahari ke dalam air laut. Salah satu faktor yang digunakan untuk menentukan pencemaran air adalah TSS yang mempunyai baku mutu yang telah ditetapkan dalam KepMenLH No.51 tahun 2004 mengenai baku mutu air laut untuk perairan pelabuhan dan baku mutu air laut untuk biota laut khususnya mangrove, karena didaerah penelitian ini terdapat kawasan pelabuhan dan penanaman tumbuhan mangrove sehingga baku mutu yang diambil adalah baku mutu air laut untuk perairan pelabuhan dan biota laut. Selanjutnya ini menjadi dasar untuk pengklasifikasian berdasarkan indeks pencemaran.

IV.4.2. Hasil Perhitungan Pencemaran Air April 2014

Setelah pemrosesan yang dilakukan pada nilai reflektansi menjadi nilai konsentrasi *total suspended solid* (TSS) dengan menggunakan algoritma terpilih yaitu algoritma Syarif Budhiman (2004) lalu dilakukan proses klasifikasi nilai konsentrasi *total suspended solid* (TSS) terhadap nilai indeks pencemaran, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai pencemaran dan luasan daerah pencemaran sesuai dengan indeks pencemaran sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar IV.5 1 Distribusi Pencemaran Air Bulan Maret 2014

Tabel IV.8 1 Klasifikasi Pencemaran Air Bulan Maret 2014

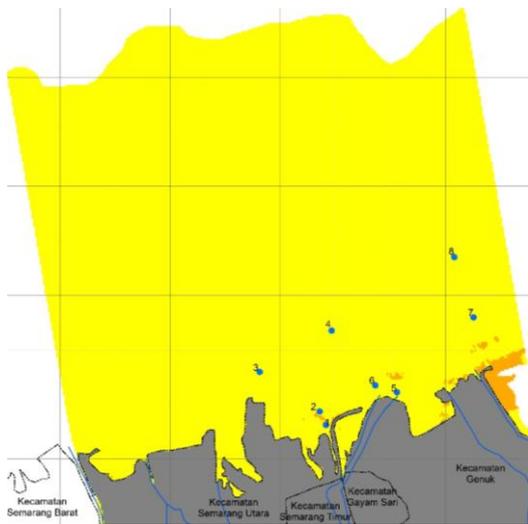
Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Tercemar Ringan	$1 < PI \leq 5$	5933,26	99,73%
Tercemar Sedang	$5 < PI \leq 10$	16,02	0,27%
Total (ha)		5949,28	100,00%

Dari hasil pengolahan konsentrasi *total suspended solid* menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004) didapatkan hasil berupa luasan lahan perairan banjir kanal timur kota semarang dengan klasifikasi indeks pencemaran, adapun hasil

dari pengklasifikasian tersebut diperoleh kelas tercemar ringan seluas 5933,26 hektar yang menempati 99,73% dari seluruh perairan banjir kanal timur yang menjadi tempat penelitian. Sedangkan kelas tercemar sedang seluas 16,02 hektar yang menempati 0,27% dari daerah penelitian. Daerah persebaran tercemar ringan lebih mendominasi daerah penelitian dan dapat dilihat bahwasannya distribusi tercemar ringan berada hampir diseluruh daerah penelitian seperti daerah tepi pantai, daerah lautan lepas, muara sungai dan daerah pelabuhan sedangkan distribusi tercemar sedang hanya berada pada daerah tepi pantai bagian timur.

IV.4.3. Hasil Perhitungan Pencemaran Air April 2003

Hasil perhitungan menggunakan indeks pencemaran yang dilakukan pada citra landsat 7 ETM+ tahun 2003 mendapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar IV.6 Distribusi Pencemaran Air Bulan April 2003

Tabel IV.9 Klasifikasi Pencemaran Air Bulan April 2003

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Tercemar Ringan	$1 < PI \leq 5$	613,28	99,05%
Tercemar Sedang	$5 < PI \leq 10$	58,95	0,95%
Total (ha)		6196,23	100,00%

Dari hasil pengolahan konsentrasi *total suspended solid* menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004) didapatkan hasil berupa luasan lahan perairan banjir kanal timur kota semarang dengan klasifikasi indeks pencemaran, adapun hasil dari pengklasifikasian tersebut diperoleh kelas tercemar ringan seluas 6137,28 hektar yang

menempati 99,05% dari seluruh perairan banjir kanal timur yang menjadi tempat penelitian. Sedangkan kelas tercemar sedang seluas 58,95 hektar yang menempati 0,95% dari daerah penelitian.

IV.4.4. Distribusi Nilai Pencemaran Air Multitemporal

Dari hasil pengolahan nilai TSS dengan menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004) dan mengklasifikasikannya berdasarkan indeks pencemaran maka didapatkan hasil distribusi pencemaran air secara multitemporal pada tahun 2003, 2014 dan 2016, adapun hasil dari pengolahan nilai pencemaran air itu sebagai berikut :

Tabel IV.10 Perbandingan Luas Daerah Pencemaran Air tahun 2003, 2014 dan 2016

Kelas	Nilai	Luas (ha) 2003	Luas (ha) 2014	Luas (ha) 2016
Tercemar Ringan	$1 < PI \leq 5$	6137,28	5933,26	5721,29
Tercemar Sedang	$5 < PI \leq 10$	58,95	16,02	227,52

Dari **Tabel IV.10** dapat kita lihat bahwa pada tahun 2003 luas daerah yang tercemar ringan seluas 6137,28 hektar dan daerah yang tercemar sedang seluas 58,95 hektar. Pada tahun 2014 luas daerah yang tercemar ringan seluas 5933,26 hektar dan daerah yang tercemar sedang seluas 16,02 hektar. Pada tahun 2016 luas daerah yang tercemar ringan seluas 5721,29 hektar dan daerah yang tercemar ringan seluas 227,52 hektar. Dari data diatas kita dapat melihat bahwa dalam selang waktu 2003 sampai 2014 terdapat pengurangan luas daerah yang tercemar ringan sebesar 204,02 hektar dan luas daerah yang tercemar sedang berkurang sebesar 42,93 hektar. Sedangkan pada selang waktu 2014 sampai 2016 terdapat pengurangan luas daerah yang tercemar ringan sebesar 211,97 hektar dan luas daerah yang tercemar sedang bertambah sebesar 211,50 hektar. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa pada selang tahun 2003 sampai 2014 daerah Banjir Kanal Timur mengalami pengurangan luasan daerah tercemar ringan dan daerah tercemar sedang, hal ini dapat terjadi mungkin dikarenakan masih sedikitnya industri rumah tangga dan industri domestik yang dibangun disepanjang sungai Banjir Kanal Timur pada selang waktu 2003 sampai 2014, sedangkan pada selang waktu 2014 sampai 2016 terjadi peningkatan luasan daerah tercemar sedang dan penurunan luasan daerah tercemar ringan, hal ini dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan pencemaran pada selang waktu 2014 sampai 2016 yang mungkin dikarenakan oleh banyaknya industri domestik maupun industri rumah tangga yang dibangun disekitar sungai Banjir Kanal Timur yang

menyebabkan pencemaran didaerah muara Banjir Kanal Timur.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

Dari serangkaian proses dan analisis pada bab sebelumnya kita dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kandungan klorofil a di perairan Banjir Kanal Timur pada rentang waktu 2003 – 2016 memiliki variasi yang beragam. Dilihat dari status trofik perairannya pada tahun 2003, 2014 dan 2016 lebih didominasi pada rentang 0-2,6 mg/l, tersebar hampir diseluruh daerah penelitian mulai dari tepi pantai, muara sungai dan laut lepas. Untuk status trofik paling kecil pada tahun 2003, 2014 dan 2016 secara berurutan yaitu *eutrof* (7,3-56 mg/l), *mesotrof* (2,6-7,3 mg/l), *hipereutrof* (>56 mg/l), tersebar pada daerah muara sungai dan tepi pantai. Sedangkan untuk konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada rentang waktu 2003 sampai 2016 memiliki konsentrasi TSS yang didominasi oleh rentang konsentrasi TSS sebesar 84 – 504 mg/l, tersebar hamper disemua daerah penelitian. Untuk konsentrasi TSS terkecil berada pada rentang 504 -5048 mg/l yang berada pada bagian muara sungai dan daerah pelabuhan.
2. Algoritma terbaik yang sesuai untuk sebaran kandungan klorofil a di perairan Banjir Kanal Timur diantara algoritma Adkha (1994), algoritma Hasyim (1997) dan algoritma Nuriya *et al* (2010) adalah algoritma Nuriya *et al* (2010) dengan koefisien determinasi sebesar 93% dan RMSe sebesar 0.1992 mg/l. Sedangkan Algoritma terbaik yang sesuai untuk sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di perairan Banjir Kanal Timur diantara algoritma Woerd dan Pasterkamp (2004), algoritma Parwati (2000) dan algoritma Syarif Budhiman (2004) adalah algoritma Syarif Budhiman (2004) dengan koefisien determinasi sebesar 85% dan RMSe sebesar 41.03 mg/l.
3. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diketahui bahwa distribusi kesuburan air di perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003 sampai 2016 memiliki sebaran yang sangat beragam, untuk tahun 2003 status trofik *oligotrof* mendominasi hampir disetiap daerah penelitian dengan presentase luasan sebesar 98,89% dan status trofik paling rendah berada pada status trofik *eutrof* dengan presentase luasan sebesar 0,29%, untuk tahun 2014 status trofik *oligotrof* mendominasi daerah penelitian dengan presentase 99,44% dan dan status trofik paling rendah berada pada status trofik *mesotrof* dengan presentase 0,10%, untuk tahun 2016 status trofik *oligotrof* mendominasi daerah

penelitian dengan presentase 88,83% dan status trofik paling rendah berada pada status trofik *hipereutrof* dengan presentase 2,52%. Sedangkan distribusi pencemaran air dengan kategori tercemar ringan mengalami penurunan luas daerah dari tahun 2003, 2014 dan 2016 berturut-turut dengan luasan sebesar 6137,28 hektar, 5933,26 hektar dan 5721,29 hektar. Sedangkan untuk kategori tercemar sedang mengalami penurunan luas daerah dari tahun 2003 sampai 2014 seluas 42,93 hektar dan pada tahun 2014 sampai 2016 mengalami penambahan luasan sebesar 211,5 hektar.

V.2. Saran

Dari beberapa kesimpulan di atas maka dapat dikemukakan saran-saran yang berguna untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Dalam pengambilan sampel klorofil a dan *total suspended solid* sebaiknya dilakukan dengan hati-hati dan ditempatkan pada tempat khusus seperti *cooling box* agar menjaga kondisi klorofil a dan *total suspended solid* agar tidak rusak sehingga pada saat uji laboratorium didapatkan hasil yang sesuai dengan keadaan dilapangan.
2. Sebaran sampel sebaiknya dilakukan lebih banyak dan merata agar lebih dapat mewakili daerah yang dikaji.
3. Dalam pengambilan sampel sebaiknya dilakukan pada kedalaman ± 30 cm sehingga kandungan klorofil-a dan konsentrasi TSS dalam keadaan stabil.
4. Waktu pengambilan sampel klorofil a dan *total suspended solid* sebaiknya dilakukan pada waktu yang bersamaan dengan data perekaman citra satelit.
5. Sebaiknya ketika data citra landsat yang digunakan sebagai data validasi lapangan tertutup oleh awan, maka sebaiknya dilakukan overlay dengan data citra pada tahun yang sama yang tidak berawan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astirin O.P., A.D. Seryawan, & M. Harini. 2002. Keanekaragaman Plankton Sebagai Indikator Kualitas Air Sungai di Kota Surakarta. Jurusan Biologi FMIPA UNS. Surakarta. Jurnal. Biodiversitas vol.3, No.2. Hal. 236-241.
- Bird, Tony. 1987. Kimia Fisik untuk Universitas. Jakarta: Gramedia.
- Dix, H. M. 1981. *Environmental Pollution*. John Wiley and Sons Inc. Chischester. New York.

- Carlson, R.E. and J. Simpson. 1996. *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*. North American Lake Management Society. 96 pp.
- Effendi, H. 2000. Telaahan Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. hal 12-18.
- Effendi, Hefni. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan
- Hatta, M. 2002. Hubungan Antara Klorofil-a dan Ikan Pelagis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Krismono. 2010. Hubungan Antara Kualitas Air Dengan Klorofil-A Dan Pengaruhnya Terhadap Populasi Ikan Di Perairan Danau Limboto. LIMNOTEK (2010) 17 (2) : 171-180.
- Kamali. 2004. Komunitas Fitoplankton. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lukman, Sulastri, D.S. Said, T. Tarigan, & T. Widiyanto. 2006. Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2006 "Pengelolaan Sumberdaya Perairan Darat secara terpadu di Indonesia. Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. Bogor.
- Nemerow, N.L. dan Sumitomo, H. 1970. *Benefits of Water Quality Enhancement. Report No. 16110 DAJ, prepared for the U.S. Environmental Protection Agency*, Desember 1970. Syracuse University, Syracuse, NY.
- Nemerow, N.L. 1974. *Scientific Stream Pollution Analysis*. McGraw-Hill Book Co.
- Nontji, A. 2006. *Plankton*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia-Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta.
- Sinurat, G. 2009. Studi Tentang Nilai Produktivitas Primer di Pangururan Perairan Danau Toba. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Wiradisastra US. 1996. deliniasi Agro-ecological Zone. Bahan Kuliah Pelatihan Apresiasi Metodologi Delineasi Agroekologi. Bogor, 8-17 Januari 1996. Kerjasama Proyek Pembinaan Kelembagaan Penelitian dan Pengembangan Pertanian/AMRP dengan Fakultas Pertanian-IPB. Bogor.
- Wulandari, Sri Yulina. 2012. Status Perairan Banjir Kanal Timur Semarang Ditinjau dari Kadar Logam Berat *Chromium* dalam air, sedimen dan Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granosa*). Buletin Oseanografi Marina. Vol.1. 1-7.
- Yatim, W. 2003. Kamus Biologi. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.

Pustaka dari Peraturan KMLH

- MENLH. 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51/MENLH/2004 Tahun 2004. Tentang Penetapan Baku Mutu Air Laut Dalam Himpunan Peraturan di Bidang Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Permeneg LH. Nomor 01 Tahun 2010. Tentang Laksana Pengendalian Pencemaran Air.

- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Nomor 28 Tahun 2009. Tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau Dan/Atau Waduk.

Pustaka dari situs internet :

- Aunurohim. 2008. Fitoplankton Penyebab Harmfull Algae Blooms (HABs) di Perairan Sidoarjo. Biologi FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. http://fisika.brawijaya.ac.id/bss_ub/proceeding.pdf. Diakses tanggal 5 Maret 2016.
- Fachrul, M.F., H. Haeruman, & L.C. Sitepu. 2005. Komunitas Fitoplankton Sebagai Bio-Indikator Kualitas Perairan Teluk Jakarta. Seminar Nasional MIPA 2005. FMIPA UI Depok, 24-26 November 2005. <http://melati@trisakti.ac.id>. Diakses tanggal 5 Maret 2016