

**KONSENTRASI KLOOROFIL-a, NITRAT DAN FOSFAT UNTUK MENILAI KESUBURAN  
MUARA SUNGAI WAKAK, KENDAL**

*Concentration of Chlorophyll-A, Nitrate and Phosphate to Assess Waters Productivity  
in the Estuary Wakak, Kendal*

**Dyah Prajna Swayati, Max Rudolf Muskananfolo, Siti Rudiyaniti**

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698  
Email: [prajnyahswayati@gmail.com](mailto:prajnyahswayati@gmail.com)

**ABSTRAK**

Muara sungai merupakan daerah dimana air tawar dan air laut bertemu dan bercampur secara aktif. Bahan organik, mineral-mineral dan sedimen yang terbawa oleh arus pasang surut dan limbah aktivitas darat dari hulu sungai bercampur pada muara tersebut. Zat hara seperti fosfat dan nitrat merupakan zat hara yang dapat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton, dimana fitoplankton digunakan sebagai indikator kualitas perairan. Penelitian ini bertujuan mengetahui (i) kandungan klorofil-a, nitrat dan fosfat; (ii) hubungan antara klorofil-a dengan nitrat dan fosfat dan (iii) nilai kesuburan perairan di Muara Sungai Wakak. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2014 sampai Januari 2015. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dan metode sampling menggunakan studi kasus. Lokasi penelitian di bagi menjadi tiga stasiun yaitu muara bagian atas (*upper estuary*), muara bagian tengah (*middle estuary*) dan muara bagian bawah (*lower estuary*). Pengambilan sampel air dilakukan pada saat pasang dan surut, dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Hasil penelitian pada waktu pasang menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a berkisar 0,62 – 1,92 µg/l, nitrat berkisar 0,45 - 1,35 mg/l dan fosfat berkisar, 0,12 - 1,04. Sebaliknya saat surut, konsentrasi klorofil-a berkisar 0,34 – 0,92 µg/l, nitrat berkisar 0,60 - 1,95mg/l dan fosfat berkisar 0,06 - 0,55 mg/l. Berdasarkan uji korelasi menunjukkan keeratan antara klorofil-a dengan nitrat dan fosfat saat pasang memiliki hasil sedang, saat surut memiliki hasil keterkaitan lemah. Kesuburan perairan Muara Sungai Wakak berdasarkan nilai TSI berkisar antara 55,12 – 65,42 saat pasang dan 50,75 - 60,84 saat surut. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa baik saat pasang dan saat surut di duga Muara Sungai Wakak berada dalam katagori eutrofik ringan hingga sedang.

**Kata kunci** : Klorofil-a; Nitrat; Fosfat; Kesuburan; Pasang Surut; Muara Sungai Wakak

**ABSTRACT**

*Estuary is area where fresh water and sea water meet and mix actively. Organic content, minerals and sedimentary that carried away by tidal currents and waste of land activities from headwaters mixed to the estuary. Nutrients such as phosphates and nitrates can influence the growth of phytoplankton, which phytoplankton was used as water quality. This research purpose were to know about (i) concentration of chlorophyll-a, nitrate and phosphate, (iii) corelation between chlorophyll-a with phosphate and nitrate and (iii) water productivity level. This study was conducted between December 2014 until January 2015. Research methode that used are surveying methode and sampling methode using study case. There ware sampling three stations which were upper estuary, middle estuary and lower estuary. Sampling water was conducted at high tide and low tide with three time replication. The results shows that at high tide, the concentration chlorophyll-a are 0,62 - 1,92 µg/l, nitrate are 0,45 - 1,35 mg/l and phosphate are 0,12 - 1,04 mg/l. at low tide, the concentration of chlorophyl-a are 0,34 – 0,92 µg/l, nitrate are 0,60 - 1,95mg/l and phospate are 0,06 - 0,55 mg/l. Based on correlation test, the relationship chlorophyll-a with nitrate and phosphate was middle correlation at high tide, while low tide was weak. The water productivity level of wakak estuary based TSI that are 55,12 – 6,42 at high tide and 50,75 – 60,84 at low tide, it mean that Wakak Estuary is categories as low until middle eutrophic.*

**Keywords** : Chlorophyll-a, Nitrate, Phosphate, Waters Productivity, Tidal Flow, Estuary Wakak

\*) Penulis penanggungjawab

## 1. PENDAHULUAN

Muara sungai merupakan suatu daerah bertemunya antara massa air laut dengan air tawar dari daratan dan memiliki tingkat kesuburan yang tinggi. Wilayah muara sungai dapat dikatakan sebagai wilayah yang sangat dinamis karena selalu terjadi proses dan perubahan lingkungan secara fisika, kimia dan biologi (Supriadi, 2001 dalam Hamzah dan Dwisasongko, 2013). Berkembangnya kegiatan penduduk di perairan pesisir pantai Kabupaten Kendal seperti bertambahnya pemukiman penduduk, kegiatan industri dan pertambangan, selain itu juga terdapat aktivitas di laut seperti kegiatan penangkapan dan industri. Kegiatan darat dan kegiatan laut di sekitar pesisir Kabupaten Kendal ini akan mempengaruhi kualitas perairan Muara Sungai Wakak yaitu kesuburan perairan.

Proses pasang surut mempengaruhi dinamika keberadaan zat hara di muara sungai. Zat hara adalah suatu zat yang mempunyai peranan dalam melestarikan kehidupan, karena dimanfaatkan oleh fitoplankton dalam peningkatan pertumbuhan yang mendukung produktivitas primer. Fosfat dan nitrat merupakan zat hara yang penting bagi pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton yang merupakan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan. Kandungan zat hara (nitrat dan fosfat) yang diperoleh dari proses penguraian memacu pertumbuhan fitoplankton, dan meningkatkan konsentrasi klorofil-a. Apabila limbah yang mengandung zat hara dalam konsentrasi yang sangat besar dan melebihi ambang batas maka akan terjadi eutrofikasi yaitu kondisi perairan yang mengalami pengkayaan zat hara yang ditandai dengan terjadinya *blooming* fitoplankton. Fenomena ini akan menyebabkan kematian berbagai jenis biota laut dan mengancam jiwa manusia. Oleh karena itu perlu adanya penelitian tingkat kesuburan berdasarkan konsentrasi klorofil-a, nitrat dan fosfat saat pasang dan surut di ekosistem muara sungai.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2014 hingga Januari 2015, dengan tujuan untuk mengetahui (i) kandungan klorofil-a, nitrat dan fosfat; (ii) nilai kesuburan perairan di Muara Sungai Wakak dan (iii) hubungan antara klorofil-a dengan nitrat dan fosfat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi yang bermanfaat bagi pengelolaan dan pengembangan sumber daya pesisir dan laut khususnya kawasan perairan Muara Sungai Wakak Kendal dalam meningkatkan pemanfaatan sumber daya pesisir dan laut serta sumber daya perikanan

## 2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

### a. Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah sampel air yang diambil untuk menguji kadar nitrat, fosfat, klorofil-a dan beberapa variabel fisika kimia perairan yang diperoleh dari perairan Muara Sungai Wakak. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Nitrat Ver5 *Nitrate* digunakan sebagai pereaksi nitrat, Phos Ver3 digunakan sebagai pereaksi fosfat, aseton digunakan sebagai pereaksi klorofil-a, sedangkan alat yang digunakan yaitu termometer untuk mengukur suhu, *Secchi disc* untuk mengukur kecerahan, DO meter untuk mengukur kadar oksigen terlarut; *refraktometer* untuk mengukur nilai salinitas, GPS yaitu untuk menentukan letak posisi geografis; pH paper untuk mengukur nilai pH perairan; aluminium foil untuk membungkus sampel klorofil-a, dan *cool box* berisi es batu digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara botol-botol sampel air; tabung reaksi untuk menyimpan kertas saring yang kemudian direndam dengan larutan aseton; *centrifudge* digunakan untuk menghomogenisasi larutan air sampel klorofil-a sebelum diukur ke *spektrofotometer*; dan *spektrofotometer* yaitu digunakan untuk analisa nilai nitrat, fosfat dan klorofil-a.

### b. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei, yang mana metode ini dilakukan dengan pengumpulan data dengan mencatat sebagian kecil dari populasi namun hasil yang diperoleh diharapkan dapat menggambarkan sifat populasi yang menjadi objek penelitian. Menurut Purwanto dan Dyah (2007), metode survei ini merupakan metode yang secara kuantitatif dapat menentukan generalisasi (pengambilan keputusan atau kesimpulan secara umum) bagi keadaan lingkungan atau populasi yang dipelajari.

### Penentuan lokasi sampling

Stasiun pengambilan sampel dibagi menjadi tiga, yaitu muara bagian bawah (*lower estuary*) merupakan stasiun 1, muara bagian tengah (*middle estuary*) merupakan stasiun 2 dan muara bagian atas (*upper estuary*) merupakan stasiun 3. Penentuan jarak dilakukan atas pertimbangan dampak aktivitas darat dan laut oleh proses pasang surut.

### Pengambilan sampel

Pengambilan sampel air di lakukan pada bagian permukaan air. Air sampel diambil sebanyak 1500 ml dengan menggunakan botol sampel gelap. Pengambilan air sampel dilakukan pada saat proses pasang dan surut di tiga stasiun pada perairan Muara Sungai Wakak. Kemudian pada tiap stasiun dilakukan tiga kali pengulangan. Interval waktu pengambilan sampel air memiliki interval yang berbeda-beda di karenakan waktu pengambilan mengikuti cuaca dan kondisi yang terjadi saat penelitian. Pengukuran variabel fisika kimia perairan seperti: suhu, kecerahan, kecepatan arus, pH, salinitas dan DO dilakukan secara *in situ*. Uji kadar nitrat, fosfat dan klorofil-a dilakukan di laboratorium Pengembangan Sumberdaya Ikan dan Lingkungan, Universitas Diponegoro.

### Analisa laboratorium

Analisis klorofil-a menggunakan metode Radojevic dan Bashkin (1999) dalam Nontji (2008):

$$\text{Klorofil - a} = \frac{Ca \times Va}{V \times d}$$

Keterangan:

- Ca = (11,85xE664)-(1,54xE647)-(0,08xE630)  
 Va = Volume aseton  
 V = Volume sampel air yang disaring  
 d = Diameter cuvet  
 E = Absorbansi pada panjang gelombang yang berbeda (yang dikoreksi panjang gelombang 750 nm)

Penilaian kesuburan Muara Sungai Wakak menggunakan rumus trofik indeks dari Carlson's (Carlson's trophic state index, TSI) (Carlson, 1977) yaitu:

- TSI -TP = 14,42 x Ln (TP) + 4,15 ( µg/l )  
 TSI -Kla = 30,6 + 9,81 x Ln [Klorofil-a] (µg/l)  
 TSI -SD = 60 - 14,41 x Ln[Secchi] ( meter)

$$\text{Rata-rata TSI} = \frac{(\text{TSI - P} + \text{TSI - Kla} + \text{TSI - SD})}{3}$$

Keterangan :

- TSI -TP = Nilai indeks kesuburan untuk total fosfat  
 TSI -Kla= Nilai indeks kesuburan untuk klorofi- a dan  
 TSI - SD= Nilai indeks kesuburan untuk ke dalam Secchi Disk

Untuk mendapatkan angka konsentrasi total fosfor digunakan konversi orthofosfat ke total fosfor (Resh, 2004) sebagai berikut:

$$\text{TP} = \frac{PO_4}{3,07}$$

Dimana:

- TP = Total Fosfor (mg/l)  
 PO<sub>4</sub> = Orthofosfat (mg/l)

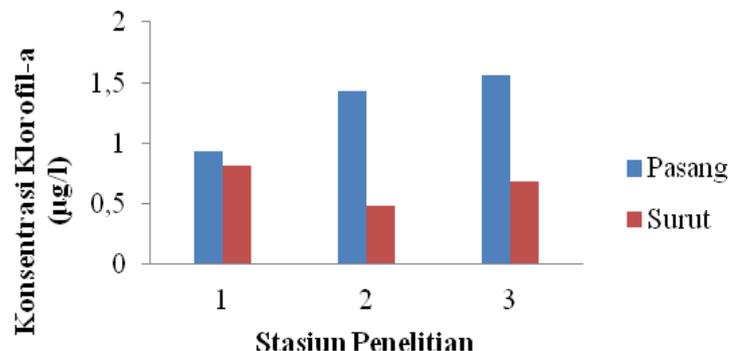
### Analisi data

Analisis data hubungan antara klorofil-a dengan kandungan nitrat dan fosfat menggunakan analisis korelasi. Analisis data menggunakan korelasi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antar variabel yang diamati. Menurut Santosa dan Ashari (2005), analisis korelasi digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel. Hasil dari korelasi adalah koefisien korelasi yang menunjukkan kekuatan dan kelemahan dari suatu hubungan. Nilai koefisien korelasi ini akan berada pada kisaran angka minus satu (-1) sampai plus satu (+1). Koefisien korelasi minus menunjukkan hubungan yang terbalik, dimana pengaruh yang terjadi adalah pengaruh negatif. dan begitu pula sebaliknya koefisien korelasi positif menunjukkan hubungan yang searah, dimana pengaruh yang terjadi adalah pengaruh positif.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kandungan klorofil-a

Hasil dari analisis kandungan klorofil-a tersaji pada gambar 1 dibawah ini:

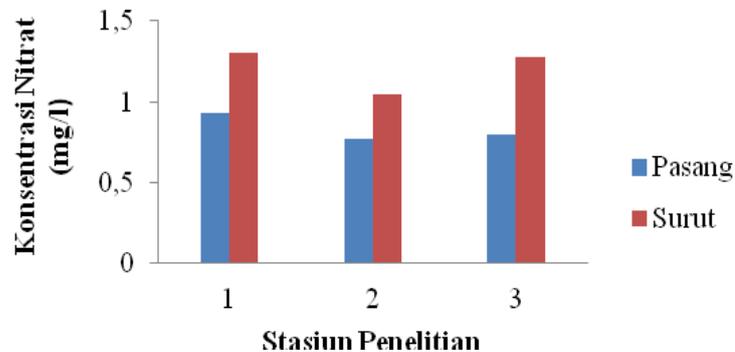


Gambar 1. Konsentrasi Klorofil-a selama penelitian

Berdasarkan gambar 1 diperoleh hasil pada waktu pasang, stasiun 1 merupakan stasiun dengan rerata konsentrasi klorofil-a terendah yaitu 0,93  $\mu\text{g/l}$ , sedangkan rerata konsentrasi klorofil-a tertinggi terdapat pada stasiun 3 yakni 1,56  $\mu\text{g/l}$ . Pada saat surut rerata konsentrasi klorofil-a tertinggi sebesar 0,81  $\mu\text{g/l}$ , sedangkan rerata konsentrasi klorofil-a terendah terdapat pada stasiun 2 yakni 0,48  $\mu\text{g/l}$ . Kandungan klorofil-a pada ketiga stasiun pengamatan termasuk dalam kategori oligotrofik. Menurut Hakanson dan Bryann (2008), kandungan klorofil-a memiliki keterkaitan dengan tingkat kesuburan suatu perairan. Kandungan klorofil-a < 2  $\mu\text{g/l}$  termasuk kategori perairan oligotrofik.

#### B. Kandungan Nitrat

Hasil dari analisis kandungan nitrat tersaji pada gambar 2 dibawah ini:

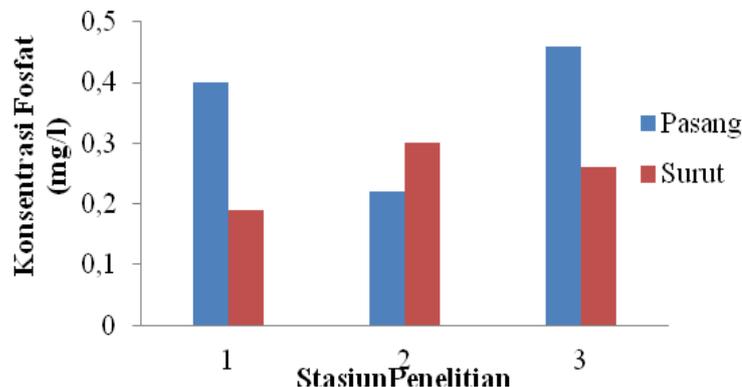


Gambar 2. Konsentrasi Nitrat selama penelitian

Berdasarkan gambar 2 diperoleh nilai konsentrasi nitrat saat waktu pasang, stasiun 2 merupakan rerata konsentrasi nitrat terendah yaitu 0,77 mg/l; sedangkan rerata konsentrasi nitrat tertinggi terdapat pada stasiun 1 yakni 0,93 mg/l. Nilai konsentrasi nitrat saat surut, stasiun 1 merupakan stasiun dengan nilai rerata nitrat tertinggi yaitu 1,30 mg/l. Hasil rerata konsentrasi nitrat terendah terdapat pada stasiun 2 yakni 1,05 mg/l. Berdasarkan nilai nitrat ketiga stasiun pengamatan pada waktu pasang termasuk dalam kategori eutrofik. Sedangkan pada waktu surut ketiga stasiun pengamatan berada pada katagori hipertrofik. Menurut Hakanson dan Bryann (2008), kandungan nitrat memiliki keterkaitan dengan tingkat kesuburan suatu perairan. Kandungan nitrat >0,94 mg/l termasuk kategori perairan hipertrofik.

#### c. Kandungan Fosfat

Hasil dari analisis kandungan fosfat tersaji pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Konsentrasi Fosfat selama Penelitian

Berdasarkan gambar 3 diperoleh hasil pada waktu pasang, stasiun 2 merupakan rerata konsentrasi fosfat terendah yakni 0,22 mg/l; sedangkan rerata konsentrasi fosfat tertinggi terdapat pada stasiun 3 yakni 0,46 mg/l. Pada saat surut stasiun 2 merupakan stasiun yang memiliki rerata fosfat tertinggi sebesar 0,30 mg/l, sedangkan rerata konsentrasi fosfat terendah terdapat pada stasiun 1 yakni sebesar 0,19 mg/l. Berdasarkan nilai fosfat, ketiga stasiun pengamatan pada waktu pasang dan surut termasuk dalam kategori hipertrofik. Menurut Hakanson dan Bryann (2008), kandungan fosfat memiliki keterkaitan dengan tingkat kesuburan suatu perairan. Kandungan fosfat >0,13 mg/l termasuk kategori perairan hipertrofik

#### Variabel Fisika-kimia

Suhu perairan Muara Sungai Wakak, diperoleh suhu air saat pasang pada masing-masing stasiun penelitian menunjukkan kisaran suhu 30 - 33,1  $^{\circ}\text{C}$ , sedangkan saat surut memiliki kisaran suhu sebesar 28 - 32 $^{\circ}\text{C}$ . Suhu air pada setiap stasiun menunjukkan bahwa suhu perairan di Muara Sungai Wakak tidak berada dalam kisaran suhu yang sesuai dengan pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Menurut Irawati (2014), kisaran

suhu yang sesuai untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 20 - 30°C. Suhu air selain mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton, dapat juga mempengaruhi kehadiran nitrat dari proses nitrifikasi dan kehadiran fosfat dari proses perubahan polifosfat menjadi ortofosfat. Menurut Effendi (2003), suhu optimum dalam proses nitrifikasi adalah 20 - 25°C. Pada kondisi kurang atau lebih dari kisaran tersebut akan mempengaruhi kecepatan proses nitrifikasi.

Kedalaman perairan yang diperoleh saat pasang berkisar antara 155 – 199 cm dan saat surut berkisar antara 86 – 175 cm. Kedalaman dapat mempengaruhi kesuburan suatu perairan, dikarenakan fitoplankton sebagai produsen primer hanya terdapat pada daerah atau kedalaman dimana sinar matahari masih dapat menembus badan perairan. Menurut Hutabarat dan Evans (1985), fitoplankton sebagai produsen primer hanya didapat pada daerah atau kedalaman dimana sinar matahari masih dapat menembus badan perairan. Sinar matahari yang masuk ke laut akan semakin berkurang energinya karena diserap (absorpsi) dan disebarkan (*scattering*) oleh molekul-molekul di laut. Selain berkurang energinya, sinar matahari yang masuk akan mengalami pula perubahan kualitas dalam komposisi spektrumnya.

Kecepatan arus yang diperoleh saat pasang berkisar antara 0,05 – 0,16 m/s dan pada saat surut berkisar antara 0,07 – 0,25 m/s. Arus air selama penelitian dapat mempengaruhi nilai klorofil-a, nitrat dan fosfat dikarenakan terjadi pertemuan massa air, sehingga terjadinya variasi sifat fisika dan sifat kimia dari satu stasiun ke stasiun penelitian. Menurut Raharjo dan Harpasis (1982), proses oseanografi sangat mempengaruhi daerah-daerah di dekat pantai seperti muara-muara sungai, teluk, muara dan sekitarnya. Selain di perairan pantai, proses ini terjadi pula di laut bebas, di tempat-tempat pertemuan beberapa massa air, baik fisika maupun sifat kimiawi, umumnya bervariasi dari tempat yang satu ke tempat yang lain.

Kecerahan perairan yang diperoleh saat pasang berkisar antara 25,5 – 43,5 cm dan pada saat surut lebih rendah yaitu berkisar antara 20 – 32,5 cm. Kecerahan di muara Sungai Wakak dapat mempengaruhi nilai kesuburan di perairan muara sungai tersebut, karena kecerahan akan mempengaruhi intensitas cahaya. Apabila nutrisi dan intensitas cahaya matahari tersedia cukup, maka konsentrasi klorofil akan tinggi begitu pula sebaliknya. Menurut Nuriya *et al* (2010), ketersediaan nutrisi dan intensitas cahaya matahari sangat mempengaruhi konsentrasi klorofil-a suatu perairan.

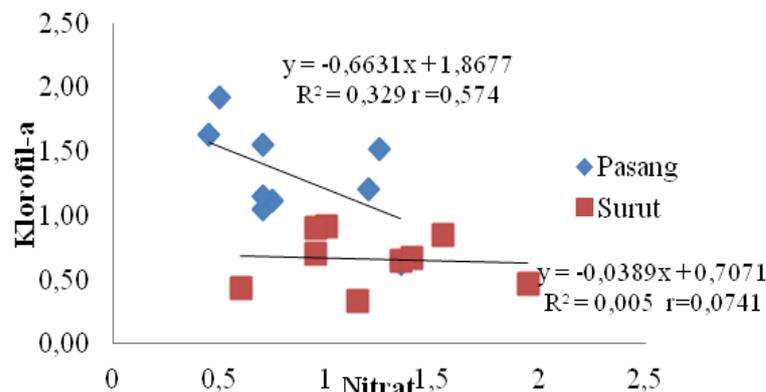
Rata-rata nilai derajat keasaman di setiap stasiun penelitian baik saat pasang dan surut memiliki nilai 8, dapat dikatakan bahwa perairan bersifat basa. Hal ini diduga karena pengaruh dari substrat di setiap stasiun yang berupa tanah pasir berlumpur. Menurut Ramadhani (2014) dalam Syahfitri *et al* (2014), pada umumnya tanah dengan jenis substrat lempung berpasir mengandung alkali yang tinggi, sehingga menyebabkan perairan menjadi basa

Rata-rata nilai oksigen terlarut yang diperoleh saat pasang berkisar antara 2,59 - 2,66 mg/l dan pada saat surut cenderung lebih tinggi yaitu berkisar antara 2,62 – 3,02 mg/l. Terdapat perbedaan hasil oksigen terlarut di karenakan pengaruh dari bahan organik yang terdapat di setiap stasiun penelitian. Limbah organik dari daratan seperti nitrat dan fosfat dapat mempengaruhi keberadaan oksigen terlarut di suatu perairan. Menurut Mukhtasor (2007), oksigen terlarut akan menurun apabila banyak limbah, terutama limbah organik yang masuk ke sistem perairan. Hal ini dikarenakan oksigen di perairan tersebut digunakan oleh bakteri-bakteri aerobik dalam proses pemecahan bahan-bahan organik yang berasal dari limbah yang mencemari perairan tersebut.

Rata-rata nilai salinitas yang diperoleh saat pasang berkisar antara 27 - 37 ‰ dan pada saat surut cenderung lebih rendah yaitu berkisar antara 24 – 33 ‰. Hal ini dikarenakan saat pasang jumlah air laut dari pantai lebih banyak mempengaruhi salinitas di setiap stasiun bila dibandingkan saat surut. Menurut Nybakken (1992), gambaran dominan lingkungan muara ialah berfluktuasinya salinitas. Saat pasang salinitas akan naik karena pengaruh air laut (asin), sedangkan saat surut salinitas akan menurun karena pengaruh masuknya air sungai (air tawar).

## Analisis Data

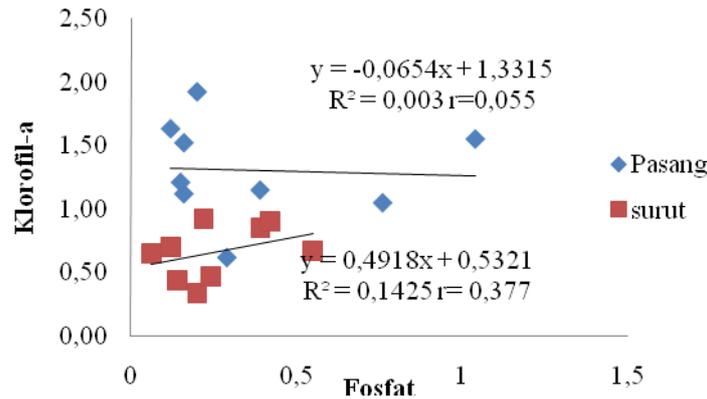
### a. Hubungan klorofil-a dengan nitrat



Gambar 4. Grafik Hubungan Klorofil-a dan nitrat

Berdasarkan Gambar 4, koefisien determinasi pada saat pasang sebesar 0,329 yang berarti besar pengaruh nitrat terhadap klorofil-a sebesar 32,9 % dan sisanya sebesar 67,1% dipengaruhi oleh variabel lain. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada saat surut sebesar 0,005 yang berarti 0,5 % variabel x (nitrat) mempengaruhi variabel y (klorofil-a) dan 99,5 % dipengaruhi oleh variabel lain. Koefisien korelasi ( $r$ ) pada saat pasang sebesar 0,574 yang berarti pada saat pasang terdapat hubungan yang cukup kuat antara klorofil-a dengan nitrat. Hasil analisis korelasi pada saat surut menunjukkan koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,0741 yang berarti terdapat hubungan yang sangat lemah antara klorofil-a dengan nitrat. Menurut Tritoni (2006), koefisien 0,001 - 0,2 merupakan korelasi yang sangat lemah dan koefisien 0,401-0,6 merupakan koefisien cukup kuat.

**b. Hubungan klorofil-a dengan fosfat**



Gambar 5. Grafik Hubungan klorofil-a dan fosfat

Hasil dari analisis data menggunakan korelasi mendapat hasil korelasi yang berbeda pada saat pasang dan pada saat surut. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada saat pasang sebesar 0,003 artinya besar pengaruh fosfat terhadap klorofil-a sebesar 0,3 % dan sisanya 99,7 % dipengaruhi oleh variabel lain. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,1425 % pada saat surut artinya besar pengaruh fosfat terhadap klorofil-a sebesar 14,25 % dan sisanya 85,75 % dipengaruhi oleh faktor lain. Koefisien korelasi ( $r$ ) klorofil-a dan fosfat pada saat pasang sebesar 0,055. yang berarti terdapat keamatan yang sangat lemah antara klorofil-a dengan fosfat. Hubungan klorofil-a dan fosfat pada saat surut di dapatkan hasil koefisien korelasi ( $r$ ) saat surut sebesar 0,375, yang berarti pada saat surut terdapat keamatan yang lemah antara klorofil-a dengan fosfat. Menurut Razak (1991), keamatan koefisien korelasi yaitu berkisar antara 0,00 – 0,20 (hubungan sangat lemah); 0,21 – 0,40 (hubungan lemah).

**c. Hubungan Klorofil dengan nitrat dan fosfat**

Korelasi klorofil-a dengan nitrat dan fosfat berdasarkan uji korelasi dan regresi berganda tersaji pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Uji Korelasi dan Regresi Berganda Klorofil-a dengan Nitrat dan Fosfat

Waktu	Persamaan Regresi Berganda	r	$R^2$
Pasang	$y = 1,986 - 0,708 x_1 - 0,220x_2$	0,601	0,362
Surut	$y = 0,630 - 0,08 x_1 - 0,480x_2$	0,351	0,123

Sumber : Hasil penelitian, 2014

Berdasarkan hasil Tabel 1, diperoleh persamaan regresi berganda saat pasang adalah  $y = 1,986 - 0,708 x_1 - 0,220x_2$ , sedangkan saat surut adalah  $y = 0,630 - 0,08 x_1 - 0,480x_2$ . Hasil koefisien korelasi ( $r$ ) pada saat pasang sebesar 0,601, yang berarti pada saat pasang terdapat keamatan yang sedang. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada saat pasang sebesar 0,362, artinya besar pengaruh nitrat dan fosfat terhadap klorofil-a sebesar 36,2% dan sisanya 63,8 % dipengaruhi oleh faktor lain. Hasil koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada saat surut adalah 0,123, artinya besar pengaruh nitrat dan fosfat terhadap klorofil-a sebesar 12,3 % dan sisanya 87,7 % dipengaruhi oleh variabel lain. Hasil koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,351 yang berarti terdapat keamatan yang lemah antara klorofil-a dengan nitrat dan fosfat. Menurut Razak (1991), keamatan koefisien korelasi dengan 0,21 – 0,40 memiliki hubungan lemah dan 0,41 – 0,70 memiliki hubungan sedang.

**Tingkat kesuburan perairan**

Hasil dari analisa tingkat kesuburan muara sungai wakak berdasrkan rumus TSI (Carlson, 1977) tersaji pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Tingkat Kesuburan Perairan selama Penelitian

Waktu Pengambilan	Stasiun Penelitian	Pengulangan	TSI-Chloro-a	TSI-TP	TSI SD	TSI CARLSON	Tingkat Kesuburan
Pasang	Stasiun 1	17 Des 2014	31,07	83,63	79,69	64,80	Eutrofik sedang
		28 Des 2014	25,91	69,73	75,98	57,21	Eutrofik ringan
		25 Jan 2015	31,71	61,17	75,55	56,14	Eutrofik ringan
	Stasiun 2	17 Des 2014	35,39	57,01	77,84	56,75	Eutrofik ringan
		28 Des 2014	34,71	61,16	74,13	56,67	Eutrofik ringan
		25 Jan 2015	31,97	74,01	75,13	60,37	Eutrofik sedang
	Stasiun 3	17 Des 2014	37,00	64,38	71,99	57,79	Eutrofik ringan
		28 Des 2014	32,47	60,23	72,67	55,12	Eutrofik ringan
		25 Jan 2015	34,90	88,15	73,20	65,42	Eutrofik sedang
Surut	Stasiun 1	17 Des 2014	26,67	47,01	78,87	50,75	Eutrofik ringan
		28 Des 2014	29,01	69,73	81,82	60,19	Eutrofik sedang
		25 Jan 2015	29,89	65,75	79,98	58,54	Eutrofik ringan
	Stasiun 2	17 Des 2014	26,67	78,96	76,88	60,84	Eutrofik sedang
		28 Des 2014	20,02	64,38	78,09	54,16	Eutrofik ringan
		25 Jan 2015	22,55	59,23	77,35	53,04	Eutrofik ringan
	Stasiun 3	17 Des 2014	29,57	75,08	76,20	60,28	Eutrofik sedang
		28 Des 2014	23,19	67,01	78,09	56,10	Eutrofik ringan
		25 Jan 2015	27,10s	57,01	77,59	53,90	Eutrofik ringan

Sumber : Hasil penelitian, 2014

Status trofik Muara Sungai Wakak berdasarkan rumus perhitungan TSI (Carlson, 1977) yang ditunjukkan pada Tabel 2 didapatkan angka kesuburan berkisar antara 55,12 – 65,42 saat pasang dan 50,75 – 60,84 saat surut; dapat dikatakan bawah saat pasang di seluruh stasiun berada pada tingkat kesuburan eutrofik ringan hingga sedang baik saat pasang dan surut. Menurut Carlson (1977), tingkat kesuburan eutrofik ringan hingga sedang merupakan tingkat kesuburan perairan yang memiliki kecerahan air sedang. Perairan dengan tingkat kesuburan eutrofik ringan, pada tingkat kesuburan ini perairan telah mengalami penurunan kecerahan air, terjadi problem tanaman air, hanya ikan-ikan yang mampu hidup di air hangat; sedangkan eutrofik sedang memiliki ciri penggumpalan problem tanaman air sudah ekstensif.

**Kepmen LH No. 115 tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air**

Hasil analisa status mutu kualitas air Muara Sungai Wakak menurut Kepmen LH No. 115 tahun 2003 tersaji pada Tabel 3. dan Tabel 4. berikut:

Tabel 3. Hasil Analisis Kepmen LH No. 115 tahun 2003 tentang Pedomen Penentuan Status Mutu Air di Muara Sungai Waka saat Pasang

No.	Variabel	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran			Skor
				Maksimum	Minimum	Rata-Rata	
Fisika							
1.	Suhu	°C	28-32	33,1	30	31,93	-1
Kimia							
2.	Ph		6 – 8,5	8	8	8	0
3.	Do	mg/l	>5	2,74	2,53	2,62	-10
4.	Nitrat	mg/l	0,008	1,35	0,45	0,91	-10
5.	Fosfat	mg/l	0,015	1,04	0,12	0,44	-10
Skor							-31

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Hasil analisis Kepmen LH No. 115 tahun 2003 tentang pedoman penentuan mutu air yang dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, selanjutnya digunakan untuk menentukan status mutu air. Penentuan status ini dengan pendekatan STORET. Berdasarkan Tabel 3, didapatkan informasi bahwa jumlah skor Muara Sungai Wakak yaitu -31 dan status mutu airnya tergolong tercemar berat untuk biota laut.

Tabel 4. Hasil Analisis Kepmen LH No. 115 tahun 2003 tentang Pedomen Penentuan Status Mutu Air di Muara Sungai Waka saat Surut

No.	Variabel	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran			Skor
				Maksimum	Minimum	Rata-Rata	
Fisika							
1.	Suhu	°C	28-32	32	27	29,78	0
Kimia							
2.	Ph		6 – 8,5	8	8	8	0
3.	Do	mg/l	>5	3,09	2,58	2,83	-10
4.	Nitrat	mg/l	0,008	1,95	0,65	1,24	-10
5.	Fosfat	mg/l	0,015	0,55	0,06	0,26	-10
						Skor	-30

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Hasil analisis Kepmen LH No. 115 tahun 2003 tentang pedoman penentuan mutu air yang dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, selanjutnya digunakan untuk menentukan status mutu air. Penentuan status ini dengan pendekatan STORET. Berdasarkan Tabel 4, didapatkan informasi bahwa jumlah skor Muara Sungai Wakak yaitu – 30 dan status mutu airnya tergolong tercemar ringan untuk biota laut.

#### Tingkat Kesuburan Perairan

Hasil konsentrasi klorofil-a, nitrat dan fosfat, menunjukkan hasil tingkat kesuburan yang berbeda-beda. Tingkat kesuburan menurut konsentrasi klorofil-a baik saat pasang dan surut adalah oligotrofik Berdasarkan konsentrasi nitrat pada ketiga stasiun pengamatan pada saat pasang termasuk dalam kategori eutrofik. Sedangkan pada saat surut ketiga stasiun pengamatan berada pada kategori hipertrofik. Berdasarkan konsentrasi fosfat ketiga stasiun pengamatan pada saat pasang dan surut termasuk dalam kategori hipertrofik. Tingkat kesuburan menurut konsentrasi klorofil-a termasuk dalam oligotroik di karenakan angka konsentrasi yang rendah bila di bandingkan dengan nilai konsentrasi nitrat dan fosfat. Menurut Levinton (1982) dalam Zulfia dan Aisyah (2013), kandungan klorofil-a di suatu perairan bergantung pada kandungan nitrogen dan fosfor. Kenyataan di lapangan nitrogen dan fosfor tinggi tapi klorofil-a rendah. Klorofil-a yang rendah diduga karena produktivitas di kolom air rendah yang disebabkan oleh kekeruhan dari komponen abiotik.

Keterkaitan antara unsur hara dengan klorofil a tersebut dapat diketahui dengan menghitung analisis regresi linear. Analisis regresi berganda antara kandungan nitrat dan fosfat terhadap klorofil a yang ditunjukkan pada Tabel 1, berdasarkan hasil analisis regresi berganda terdapat keterkaitan antara klorofil a (pengguna) dengan unsur hara (nitrat dan fosfat). Tampak perbedaan keterkaitan klorofi-a, nitrat dan fosfat saat pasang dan surut, pada saat pasang terlihat hasil keterkaitan sedang, sedangkan saat surut memiliki hasil keterkaitan lemah. Perbedaan ini diduga unsur hara di Muara Sungai Wakak lebih di pengaruhi oleh aktivitas dari daerah laut yang dibawa oleh pasang dari pada aktivitas darat yang dibawa oleh arus surut.

Hasil tingkat kesuburan yang ditunjukkan berdasarkan konsentrasi klorofil-a, nitrat dan fosfat memiliki perbedaan, sehingga diperlukan analisis tingkat kesuburan menggunakan TSI Carlson untuk mendapatkan hasil tingkat kesuburan Muara Sungai Wakak. TSI Carlson dapat diterapkan sebagai salah satu alternatif pengukuran status kesuburan perairan tropis di tawar maupun laut. Hasilnya tetap perlu dibandingkan dengan Kepmen LH No.115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air dan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, dengan demikian diperoleh hasil yang representatif untuk menggambarkan status kesuburan suatu perairan Muara Sungai Wakak yang di teliti.

Hasil *Trophic State Index* (TSI) Carlson dengan Kepmen LH No.115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air dan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut memiliki kesesuaian hasil. Hasil di kedua metode tersebut menunjukkan Muara Sungai Wakak berada pada status eutrofik ringan hingga sedang baik saat pasang dan surut; dan berada pada status mutu air tercemar berat hingga sedang saat pasang, sedangkan pada saat surut berada pada tercemar ringan. Fakta di lapangan berdasarkan informasi warga sekitar, terjadi penurunan biomassa ikan di sekitar Muara Sungai Wakak ini. Hal ini terjadi diduga karena angka kandungan unsur hara ( $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$ ) yang melebihi baku mutu.

Angka kandungan unsur hara ( $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$ ) yang melebihi baku mutu di duga akibat aktivitas di sekitar Muara Sungai Wakak seperti pertambangan, penangkapan ikan dan pembuangan limbah pabrik akan memberikan beban pada kandungan unsur hara ( $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$ ) Muara Sungai Wakak. Menurut Rahmawati (2014), kegiatan yang terdapat di sekitar muara sungai seperti aktivitas manusia, pariwisata, industri rumah tangga, pertambangan, serta jalur pelayaran yang terus berlangsung tanpa pengelolaan yang baik dapat menyebabkan perubahan kondisi fisika, kimia, biologi sehingga akan berpengaruh terhadap konsentrasi bahan organik, nutrien, dan kelangsungan hidup organisme di dalamnya.

Tingkat kesuburan perairan berdasarkan konsentrasi nitrat, fosfat dan klorofil-a perlu di diperhatikan. Pencampuran unsur hara baik dari air tawar yang berasal dari sungai dan air laut yang berasal dari aktivitas laut

akan membawa bahan organik di muara sungai sehingga akan mendukung produktivitas perairan dan bila tidak diperhatikan akan terjadi eutrofikasi pada perairan tersebut. Menurut Rahmawati (2014), perairan muara sungai dicirikan adanya fluktuasi bahan organik dari aktivitas luar. Bahan organik yang terlalu besar dapat berpotensi menurunkan kualitas lingkungan perairan muara sungai tersebut. Bahan organik selanjutnya bersama dengan variabel kimia dan fisika khususnya seperti pasang surut, arus, pengadukan akan masuk ke dalam ekosistem laut. Percampuran baik air tawar dan air laut yang membawa bahan organik apabila keduanya bertemu dan tingkat pencampurannya tergantung pada faktor lingkungan pada satu sisi akan dapat memasok nutrisi penting yang mendukung produktivitas perairan muara sungai tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada waktu pasang didapatkan hasil kandungan klorofil-a berkisar antara 0,66 - 1,98 µg/l, nitrat berkisar antara 0,45 - 1,35 mg/l, dan fosfat berkisar antara 0,12 - 1,04 mg/l. Sedangkan pada waktu surut didapatkan hasil kandungan klorofil-a berkisar antara 0,39 - 0,96 µg/l, nitrat berkisar sebesar 0,60 - 1,95 mg/l dan fosfat berkisar 0,06 - 0,55 mg/l. Keeratan antara klorofil-a dengan nitrat dan fosfat saat pasang memiliki hasil sedang, sedangkan saat surut memiliki hasil keterkaitan lemah; dan tingkat kesuburan Muara Sungai Wakak berdasarkan nilai TSI (*Trophic State Index*) baik pada waktu pasang dan surut termasuk dalam tingkat kesuburan eutrofik rendah hingga sedang.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditunjukkan kepada Bapak Mukaror yang telah membantu penelitian lapangan. Ucapan terima kasih ditunjukkan kepada Prof. Norma Afiati, M.Sc. Ph.D; Dr. Ir. Suryanti M.Pi; dan Dr. Ir. Djuwito, M.S. selaku tim Penguji

## DAFTAR PUSTAKA

- Carlson, Robert E. 1977. *A Trophic State Index for Lakes*. Limnological Research Center, 22(2):361-369
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 25 hlm.
- Hakanson, L and A.C. Bryann. 2008. *Eutrophication in the Baltic Sea Present Situation, Nutrien Transport Processes, Remedial Strategies*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 261 hlm.
- Hamzah F. Dan P. Dwisasongko. 2013. Pola Sebaran Logamberat dan Nutrient pada Musim Kemarau di Estuari Perancak Bali. *Jurnal Segara*, 9(2):117-127
- Hutabarat, S. dan S.M, Evans. 1985. Pengantar Oseanografi. UI Press Jakarta. 49 hlm.
- Irawati, N. 2014. Pendugaan Kesuburan Perairan Berdasarkan Sebaran Nutrient dan Klorofil-a di Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. *FPIK. Universitas Halu Oleo. Kendari. Sulawesi Tenggara. Aquasains*, 3(1):193-199.
- MENLH (Menteri Negara Lingkungan Hidup). 2004. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.KEP-51/MENLH/ 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, Lampiran III.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. PT. Pradnya Paramita. Jakarta 99 hlm.
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Cetakan ke-3. Penerbit Djambatan, Jakarta: 372 hlm.
- Nuriya, H., Z. Hidayah dan Wahyu A.N. 2010. Pengukuran Konsentrasi Klorofil-a dengan Pengolahan Citra Landsat-ETM 7 dan Uji Laboratorium di Perairan Selat Madura Bagian Barat. *Jurnal Kelautan*, 3(1): 60-65.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. PT. Gramedia, 459 hlm (diterjemahkan oleh M. Eidman, Koesoebiono, D.G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukardjo).
- Purwanto, E. A. dan Dyah, R. S. 2007. Metode Penelitian Kuantitatif untuk Administrasi Publik dan Masalah-Masalah Sosial. Gava Media: Yogyakarta.
- Raharjo, S. dan Harpasis S. S. 1982. Oseanografi Perikanan 1. CV. Petra Djaja. Jakarta.
- Rahmawati, I. Ign. Boedi H. P dan Pujiono W.P. 2014. Fluktuasi Bahan Organik dan Sebaran Nutrien serta Kelimpahan Fitoplankton dan Klorofil-a di Muara Sungai Sayung Demak. *Jurnal Diponegoro of Maquares*, 3(1): 27-36.
- Razak, A. 1991. Statistika Bidang Pendidikan. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Resh, Howard M. 2004. *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook of Soilless Food-Growing Methods*. Newconcept Press, Inc. New Jersey-USA. 66p.
- Santosa, P.B. dan Ashari. 2005. Analisis Statistik dengan Microsoft Excell dan SPSS. Penerbit Andi, Yogyakarta. 282 hlm
- Syahfitri. T. A, H. Wahyumingsih dan R. Leidonald. 2014. Produktivitas Primer Perairan Estuari Berdasarkan Kandungan Klorofil-a di Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara. *Aquacoastmarine*, 5(4):11-19
- Tritoni. P. B. 2006. SPSS13.0 Terapan Riset Statistik Parameter. Penerbit Andi. Yogyakarta, 52 hlm.
- Zulfia, N. dan Aisyah. 2013. Status Trofik Rawa Pening ditinjau dari Kandungan Unsur Hara (NO<sub>3</sub> dan PO<sub>4</sub>) dan Klorofil-a. *Bawal*. 5(3): 189-199.