

PENGARUH pH DAN NUTRISI KALIUM TERHADAP PENYISIHAN PARAMETER TOTAL N DAN TOTAL P PADA REMEDIASI AIR RAWA PENING MENGGUNAKAN MIKROALGA

Irma Oktavia¹, Junaidi¹, Ganjar Samudro²

Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang
Email: irma.oktavia@ymail.com

ABSTRACT

Rawa Pening meets with environment degradation like others lakes in Indonesia which is cause by pollutant from the outside. Inputs of organic and inorganic substances derived from domestic waste in the form of nutrients, especially nitrogen and phosphate into an Rawa Pening aquatic that exceeds the ability of the ecosystem can lead to eutrophication. Remediation technologies using microalgae which utilize symbiotic microalgae - bacteria in the womb aside total excess nitrogen and total phosphate in Rawa Pening. In this study, the use of six (6) variations in nutrient enrichment element K in the form of KCl and (6) to determine the effect of pH variation of macro nutrients are best for performance microalgae. Variations penambahan KCl, among others : 0 mg / L 0.03 mg / L, 0.05 mg / L; 0.07 mg/L; 0.09 mg/L; and 1,10 mg/L, for pH variations include: 5, 6, 7, 8, 9, and 10. The best addition of KCl, the addition of KCl 0.07 mg / l at pH variations 7, 8, and 9, with the percentage of total nitrogen removal is 32.26 %, 40.04 % and 33.88 %. Percentage of total removal of the largest phosphate is as follows : 30.57 %, 46.27 % and 33.89 %.

Keywords: Remediation, Mikroalgae, Total Nitrogen, Total Phosphate, Macro Nutrients.

PENDAHULUAN

Limbah yang dibuang ke badan air dengan tanpa adanya pengolahan dapat menimbulkan masalah berupa tercemarnya badan air tersebut. Masukan zat organik maupun anorganik berupa nutrisi, terutama nitrogen dan fosfat ke dalam suatu perairan yang melebihi batas kemampuan ekosistem dapat menyebabkan penyuburan pertumbuhan organisme tertentu disebut eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan problem lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah yang mengandung fosfat (PO_4^{3-}), khususnya dalam ekosistem air tawar. Air dikatakan eutrofik jika konsentrasi total fosfat (TP)

dalam air berada dalam rentang 0,035 - 0,01 mg/L atau lebih (Supriharyono, 2000). Menurut Goldman & Horne (1983), total fosfat dan total nitrogen merupakan unsur pembatas dalam proses eutrofikasi apabila rasio N dan P > 12 . Pengertian dari unsur pembatas ekologi adalah suatu yang dapat menurunkan tingkat jumlah dan perkembangan dalam suatu ekosistem (Blackman, F.F, 1985). Berdasarkan hasil analisis laboratorium Teknik Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro (2013) menyebutkan kandungan total fosfat dan total nitrogen air Rawa Pening yaitu

sebesar 0,134 mg/L dan 4,898 mg/L dengan rasio N dan P > 36.

Berdasarkan rasio tersebut maka air Rawa Pening harus diolah dan salah satu alternatif pengolahan yang dapat diterapkan salah satunya adalah dengan remediasi menggunakan mikroalga. Pengolahan dengan memanfaatkan pertumbuhan mikroalga – bakteri ini dapat mereduksi nitrogen sebesar 28,88% – 49,35% dan fosfat sebesar 18,84% - 38,9% dengan pengolahan tanpa menggunakan aerasi (Ginting, 2002). Pertumbuhan mikroalga (fitoplankton) dipengaruhi oleh pH dan unsur nutrisi makro lainnya seperti unsur K. Dalam penelitian ini digunakan nutrisi dalam bentuk KCl karena unsur K berfungsi dalam metabolisme karbohidrat dan unsur Cl dimanfaatkan mikroalga untuk aktivitas kloroplas (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Pengkajian mengenai pertumbuhan mikroalga diperlukan guna mengetahui pertumbuhan mikroalga yang optimum berdasarkan variasi perbedaan parameter yaitu pH dan nutrisi dalam hal ini berupa kalium klorida (KCl). Kajian pengolahan air Rawa Pening menggunakan kinerja mikroalga adalah untuk mengurangi kandungan nutrisi N dan P air Rawa Pening akibat pencemaran limbah domestik agar laju pertumbuhan dan populasi eceng gondok dapat diturunkan sehingga Rawa Pening dapat dioptimalkan kembali pemanfaatannya.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan nutrisi kalium klorida (KCl) yang bervariasi terhadap penurunan kadar total nitrogen dan total fosfat pada air Rawa Pening.
2. Mengetahui pengaruh pH terhadap penurunan kadar total nitrogen dan total fosfat pada air Rawa Pening.
3. Menentukan pH dan dosis KCl optimum terhadap penyisihan kadar total nitrogen dan total fosfat di air Rawa Pening dengan remediasi menggunakan mikroalga.

Ruang Lingkup Kajian

1. Ruang Lingkup Penelitian

1. Biakan alga yang digunakan berasal dari air danau Rawa Pening.
2. Parameter pokok analisis adalah total nitrogen, total fosfat, *chlorophyll a*, pH dan COD.
3. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium.
4. Variabel kontrol adalah suhu.
5. Variasi yang digunakan adalah variasi dosis KCl dan pH.
6. Jenis mikroalga yang terdapat pada air Danau Rawa Pening yaitu *Chlorella sp*, *Ankistrodesmus sp*, *Schroederia sp*, dan *Scenedesmus sp*.

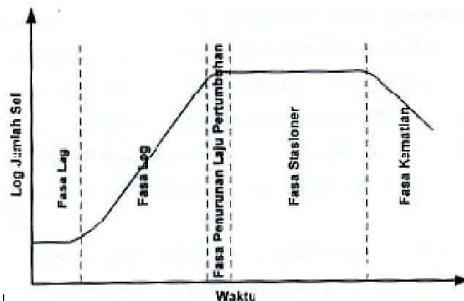
2. Ruang Lingkup Wilayah

1. Sampel penelitian ini berasal dari air Rawa Pening.
2. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Wahana dan Laboratorium Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

STUDI PUSTAKA

Mikroalga atau ganggang renik yang hidup di dalam air disebut fitoplankton. Ahli menyebutkan bahwa fitoplankton adalah organisme tumbuhan sangat kecil (mikroskopik) yang hidup melayang, mengapung dalam air dan memiliki kemampuan gerak yang terbatas (Goldman and Horne, 1983).

Seperti ganggang yang lain, fitoplankton tumbuh dan berkembang dari hasil fotosintesa, proses tersebut mengisyaratkan bahwa kehidupan dan pertumbuhan fitoplankton di alam sangat tergantung pada kandungan nutrient dan CO₂ dalam air serta energi matahari (Wirosaputro, 2002).



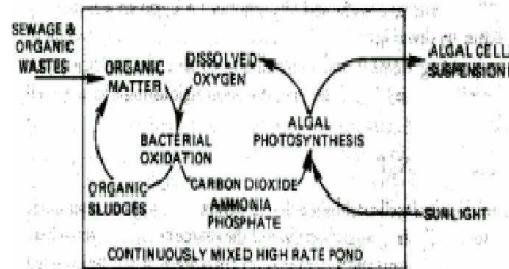
Gambar 1. Kurva Pertumbuhan Mikroalga

Sumber : Fogg, 1975

Apabila sejumlah kecil mikroalga diinokulasikan dalam medium kultur terbatas dan jumlah sel dihitung sebagai fungsi waktu, maka pola pertumbuhan berdasarkan jumlah sel dapat dikelompokkan menjadi 5 fase yaitu fasa tunda (lag phase), fase eksponensial (log phase), fase penurunan laju pertumbuhan , fase stasioner dan fase kematian (Fogg, 1975).

Menurut Effendi (2003), produksi mikroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, penetrasi cahaya, pH, ketersediaan, CO_2 , oksigen larut, nutrisi, dan salinitas. Teknologi yang dapat menggunakan mikroalga untuk menyisihkan polutan disebut dengan teknologi remediasi.

Dalam aplikasinya mikroalga mempunyai prinsip bekerja untuk mereduksi nitrogen dan fosfat dari air buangan, beberapa zat organik juga dapat diolah dan juga berhubungan dengan efisiensi carbon yang dibutuhkan dalam proses pengolahan dengan alga tersebut karena terdapat proses fotosintesis (Evans, Gareth. M. and Furlong. Judith C. 2003). Keuntungan pengolahan dengan menggunakan mikroalga antara lain, meliputi biaya rendah untuk operasional dan pemanfaatan hasil daur ulang nutrien yang terasimilasi menjadi biomassa alga sebagai pupuk (Wirosaputro, 2002).



Gambar 2 Simbiosis Antara Bakteri dan Alga Dalam Alga Pond

Sumber : Oswald dan Gotaas, 1957

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas merupakan variabel stimulus atau variabel yang mempengaruhi variabel lain. (Sugiyono, 2010). Pada studi ini, variabel bebas yang digunakan adalah pH dan penambahan KCl. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok pola faktorial 6×6 dengan 3 kali ulangan (triplo). Faktor I adalah variasi pH (5, 6, 7, 8, 9, dan 10) dan faktor II adalah penambahan KCl (0; 0,03; 0,05; 0,07; 0,09 dan 1,10) mg/L. Dari kedua faktor diperoleh kombinasi perlakuan seperti pada tabel 1.

Tabel 1

Rancangan Percobaan

KCl (mg/L)	Variasi pH					
	pH5 (K1)	pH 6 (K2)	pH7 (K3)	pH8 (K4)	pH7 (K5)	pH7 (K6)
0 (K1)	A1 K1	A2 K1	A3 K1	A4 K1	A5 K1	A6 K1
0,03 (K2)	A1 K2	A2 K2	A3 K2	A4 K2	A5 K2	A6 K2
0,05 (K3)	A1 K3	A2 K3	A3 K3	A4 K3	A5 K3	A6 K3
0,07 (K4)	A1 K4	A2 K4	A3 K4	A4 K4	A5 K4	A6 K4
0,09 (K5)	A1 K5	A2 K5	A3 K5	A4 K5	A5 K5	A6 K5
1,10 (K6)	A1 K6	A2 K6	A3 K6	A4 K6	A5 K6	A6 K6

Contoh keterangan kombinasi perlakuan:

A1K1: Remediasi pada pH 5 tanpa penambahan KCl

A2K1: Remediasi pada pH 6 tanpa penambahan KCl
 A3K1: Remediasi pada pH 7 tanpa penambahan KCl
 A4K1: Remediasi pada pH 8 tanpa penambahan KCl
 A5K1: Remediasi pada pH 9 tanpa penambahan KCl
 A6K1: Remediasi pada pH 10 tanpa penambahan KCl

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat adalah variabel bebas yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2010). Variabel pada penelitian ini didasarkan pada studi literatur yang menyatakan bahwa peningkatan penambahan KCl dapat meningkatkan konsentrasi *chlorophyll a* dan derajat keasaman (pH). Sedangkan peningkatan penambahan KCl berbanding terbalik dengan konsentrasi total nitrogen, total fosfat, dan COD (Rinjani, 2010). Pada penelitian ini yang dianggap variabel terikat adalah

konsentrasi *chlorophyll a*, COD, total fosfat, total nitrogen, dan pH. Variabel terikat pada penelitian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (*triplo*) bertujuan untuk mengkoreksi data hasil penelitian.

Alat dan Bahan

Alat : toples berukuran 2 liter sebanyak (108 toples), termometer, lux meter, pH meter, blower, pipet ukur, timbangan digital, *green house*, erlenmeyer, oven, pemanas, tabung kjehdahl, tabung reaksi, spektrofotometer, COD reaktor, labu ukur, dan penggaris.

Bahan : air Rawa Pening, pupuk NPK, KCl, NaOH, H_2SO_4 , aquades (untuk kultivasi, *seeding*, aklimatisasi, dan pelaksanaan penelitian)

Cara Kerja

Terdapat 6 tahapan penelitian dengan langkah kerja untuk masing – masing tahapan penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1
Tahapan Penelitian dan Langkah Kerja

No.	Tahapan Penelitian	Langkah Kerja
1.	Pengaturan cahaya dan suhu ruangan penelitian (<i>green house</i>)	a. Menyediakan kayu, polyethylene, <i>fiberglass</i> , paku, dan lem kayu. b. Pembuatan <i>green house</i> . c. Mengukur suhu dan intensitas cahaya dalam <i>green house</i> .
2.	Kultivasi mikroalga	a. Air Rawa Pening sebanyak 2L dimasukkan ke dalam wadah toples b. Penambahan pupuk NPK 2 mg/L ke dalam air Rawa Pening c. Dilakukan pengukuran <i>chlorophyll a</i> setiap harinya, sampai konsentrasi awal <i>chlorophyll a</i> sekitar $3,5 \pm 0,5$ mg/L
3.	Pembiakan mikroalga (<i>seeding</i> dan aklimatisasi)	a. Kultur air Rawa Pening ditambahkan ke dalam wadah yang berisi air Rawa Pening dengan perbandingan volume 25% kultur mikroalga dan 75% media kultur. b. Dilakukan pengukuran <i>chlorophyll a</i> setiap harinya, sampai konsentrasi awal <i>chlorophyll a</i> sekitar $3,5 \pm 0,5$ mg/L
4.	Penelitian Pendahuluan (Penentuan waktu pengambilan sampel)	a. Hasil dari pembiakan mikroalga dengan konsentrasi awal <i>chlorophyll a</i> sekitar $3,5 \pm 0,5$ mg/L dilakukan pengukuran parameter total nitrogen, total fosfat, dan <i>chlorophyll a</i> . b. Lakukan pengukuran sampai pada fase kematian. c. Gambar kurva pertumbuhan mikroalga.

No.	Tahapan Penelitian	Langkah Kerja
5.	Mengetahui pengaruh penambahan nutrisi kalium klorida (KCl) dan pH yang bervariasi terhadap penurunan kadar total nitrogen dan total fosfat pada air Rawa Pening.	<ol style="list-style-type: none"> Lakukan langkah kerja 2 dan 3. Penambahan KCl dan variasi kondisi pH sesuai rancangan percobaan pada masing – masing reaktor. Analisis parameter total nitrogen, total fosfat, <i>chlorophyll a</i>, COD, dan pH pada hari pertama dan hari pengambilan sampel yang telah ditentukan berdasarkan penelitian pendahuluan. Analisis data menggunakan SPSS 16.0 dan excel.
6.	Menentukan pH dan dosis KCl optimum terhadap penyisihan kadar total nitrogen dan total fosfat di air Rawa Pening dengan remediasi menggunakan mikroalga	<ol style="list-style-type: none"> Analisis data dengan menghitung persentase removal total nitrogen, total fosfat, dan COD. Penentuan pH dan dosis KCl yang optimum.

Sumber : Analisis Pribadi, 2013

Perhitungan Efisiensi

Perhitungan penyisihan kandungan zat polutan (total nitrogen dan total fosfor) didasarkan atas perbandingan pengurangan konsentrasi zat pada titik masuk dan keluar terhadap konsentrasi zat di titik masuk, efisiensinya dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut :

$$Eff - C = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100$$

Dimana :

Eff-C = persentase penyisihan konsentrasi zat (%)

C_{in} = Konsentrasi zat pada hari pertama (mg/l)

C_{out} = Konsentrasi zat pada hari ke – 8 (sesuai penelitian pendahuluan yang telah dilakukan) (mg/l)

Analisa dengan Software SPSS 16.0

Semua data hasil penelitian dikelompokkan dalam suatu tabel dan grafik. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi total nitrogen, total fosfat, *chlorophyll a*, pH dan COD. Data yang dianalisis dan dibahas adalah bagaimana pengaruh variasi penambahan nutrisi KCl dan pH terhadap penurunan konsentrasi total nitrogen, total fosfat, dan COD serta perubahan pH akhir dan konsentrasi *chlorophyll a* setelah proses remediasi menggunakan mikroalga. Analisis ini

digunakan untuk mengetahui kemampuan mikroalga dalam menurunkan konsentrasi total nitrogen, total fosfat, dan COD pada air Rawa Pening. Keseluruhan data yang diperoleh kemudian diolah dengan software SPSS 16.0, uji yang digunakan yaitu *One Sample Kolmogorov Smirnov* dan analisis *Korelasi Pearson*. Taraf signifikansi yang dipilih dalam uji statistik ini adalah 5%. (Riwidikdo, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, air sampel yang digunakan berasal dari Rawa Pening .Uji karakteristik awal kualitas air Rawa Pening ini bertujuan untuk mengetahui kadar bahan organik dan nutrien air Rawa Pening. Dari hasil analisa yang dilakukan, didapatkan kualitas air Rawa Pening pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2
Hasil Uji Pendahuluan Karakteristik Air Rawa Pening

Parameter	satuan	Air Rawa Pening	PP No. 82 Tahun 2001 (Gol II)
pH	-	7.69	
TSS	mg/L	218	
K	mg/L	0.051	
COD	mg/L	28.62	25
TKN	mg/L	0.530	

Parameter	satuan	Air Rawa Pening	PP No. 82 Tahun 2001 (Gol II)
N-Organik	mg/L	0,389	
NO ₃ -N	mg/L	4,170	10
NO ₂ -N	mg/L	0,144	0,06
TDS	mg/L	385	
Total N	mg/L	4,844	-
Total P	mg/L	0,159	0,2

Sumber: Laboratorium Wahana, 2013

Dari tabel 2, dapat dilihat bahwa konsentrasi COD air Rawa Pening pada analisis I berada di atas kriteria mutu air berdasarkan PP 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air pada golongan II yaitu sebesar 28,62 mg/L. Untuk indikator nutrisi yang terkandung di Rawa Pening dilakukan uji parameter nitrit, nitrat, N-Organik, TKN, dan total nitrogen dan total fosfat. Berdasarkan tabel 4.1 kadar nitrit air Rawa Pening berada di atas baku mutu kriteria air menurut PP 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air pada golongan II yaitu sebesar 0,144 mg/L sedangkan untuk kadar total fosfat walaupun masih berada dibawah standar baku mutu akan tetapi kadar total fosfat tersebut berada diatas kadar total fosfat pada kondisi eutrofik (0,035 mg/L – 0,100 mg/L) yaitu sebesar 0,159 mg/l. Jorgensen (1990) menambahkan bahwa tingkat eutrofik (kesuburan) suatu danau juga dapat dinyatakan berdasarkan kandungan total nitrogen (TN), total fosfat (TP), klorofil a, dan biomassa fitoplankton.

Eutrofikasi merupakan problem lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah yang mengandung fosfat (PO₄³⁻), khususnya dalam ekosistem air tawar. Air dikatakan eutrofik jika konsentrasi total fosfat (TP) dalam air berada dalam rentang 0,035 - 0,01 mg/L atau lebih (Supriharyono, 2000). Menurut Goldman dan Horne (1983), total fosfat dan total nitrogen merupakan unsur pembatas dalam proses eutrofikasi apabila rasio N dan P > 12. Berdasarkan hasil analisis laboratorium Teknik Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro (2013) menyebutkan kandungan total

fosfat dan total nitrogen air Rawa Pening yaitu sebesar 0,159 mg/L dan 4,844 mg/L dengan rasio N dan P > 36. Oleh sebab itu perlu dilakukan suatu pengolahan untuk mengurangi kadar nutrisi N dan P yang berlebih pada air Rawa Pening yaitu dengan pengolahan remediasi menggunakan mikroalga.

Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), menyatakan alga hijau (*Chlorophyceae*) banyak ditemukan terutama dalam lingkungan air tawar. Menurut penelitian Prayoga, Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas Diponegoro (2013) mengenai populasi mikroalga (fitoplankton) yang ada di perairan Rawa Pening, jenis fitoplankton yang dominan adalah *Chlorella sp.*

Berdasarkan hasil identifikasi mikroalga dominan yang terdapat di perairan Rawa Pening yaitu *Chlorella sp* yang merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam filum *Chlorophyta* atau yang sering kita kenal sebagai alga hijau. Jumlah populasi mikroalga (fitoplankton) dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3
Populasi Mikroalga air Rawa Pening

No	Nama Genus	Jumlah (Populasi)	Persentase %
1	<i>Chlorella</i> sp	19861	99,23
2	<i>Schroederia</i> sp	27	0,13
3	<i>Chroococcus</i> sp	19	0,09
4	Unidentified	1	0,00
5	<i>Ankistrodesmus</i> sp	40	0,20
6	<i>Characium</i> sp	13	0,06
7	<i>Scenedesmus</i> sp	22	0,11
8	<i>Diatoma</i> sp	2	0,01
9	<i>Paramecium</i> sp	15	0,07
10	<i>Cyclotella</i> sp	1	0,00
11	<i>Paramecium</i> sp2	2	0,01
12	<i>Acnanthes</i> sp	2	0,01
13	<i>Ulothrix</i> sp	1	0,00
14	<i>Nitzchia</i> sp	2	0,01
15	<i>Synedra</i> sp	1	0,00
16	<i>Zygnemopsis</i> sp	3	0,01
17	Unidentified	3	0,01
18	Unidentified	1	0,00
		Jumlah	20016
			100,00

Sumber : Laboratorium Biologi, FMIPA Universitas Diponegoro, 2013

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk menentukan waktu pengambilan sampel pada saat penyisihan polutan rata - rata untuk

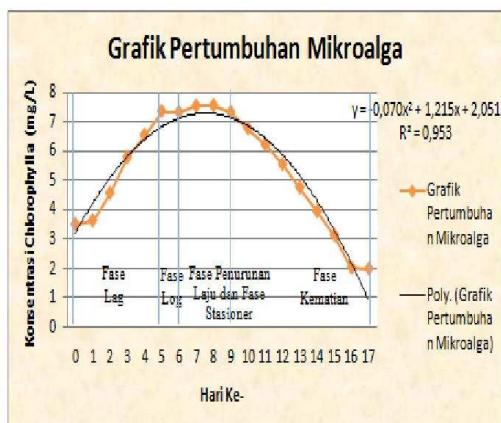
parameter yang diteliti yaitu total nitrogen dan total fosfat melalui perbandingan terhadap konsentrasi *chlorophyll a* pada kondisi pH 7 dan tanpa penambahan KCl. Pola pertumbuhan mikroalga yaitu fasa tunda (lag phase), fase eksponensial (log phase), fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner dan fase

kematian (Fogg, 1975). Menurut Caron, D.A, *et.al* untuk mengetahui penyisihan polutan rata – rata dapat diketahui pada saat pertumbuhan mikroalga dalam fase stasioner kondisi pH normal karena pada fase ini dapat mewakili gambaran pertumbuhan jumlah sel mikroalga dalam berbagai kondisi pH. Selama fase ini jumlah sel cenderung konstan.

Tabel 4
Waktu Pengambilan Sampel Penyisihan Polutan Rata - rata

Hari ke-	Konsentrasi <i>chlorophyll a</i> (mg/L)	Kadar Total N (mg/L)	Kadar Total P (mg/L)	% Removal Total N (%)	% Removal Total P (%)
0	3,49	4,210	0,132	0,00	0,00
1	3,62	4,201	0,131	0,21	8,39
2	4,56	4,186	0,13	0,57	9,09
3	5,78	4,176	0,127	0,81	11,19
4	6,54	3,996	0,126	5,08	11,89
5	7,93	3,912	0,124	7,08	12,59
6	7,33	3,856	0,125	8,41	12,59
7	7,54	3,775	0,123	10,33	13,99
8	7,56	3,701	0,122	12,09	14,69
9	7,33	3,698	0,121	12,16	15,38
10	6,77	3,602	0,121	14,44	15,38
11	6,22	3,545	0,12	15,80	16,08
12	5,54	3,502	0,12	16,82	16,08
13	4,76	3,498	0,119	16,91	16,78
14	3,94	3,497	0,119	16,94	16,78
15	3,12	3,476	0,118	17,43	17,48
16	2,01	3,452	0,117	18,00	18,18
17	1,97	3,420	0,117	18,76	18,18
Percentase Removal Rata - rata				10,66	14,06

Sumber : Laboratorium Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro dan Laboratorium Wahana, 2013



Gambar 3. Grafik Pertumbuhan Mikroalga

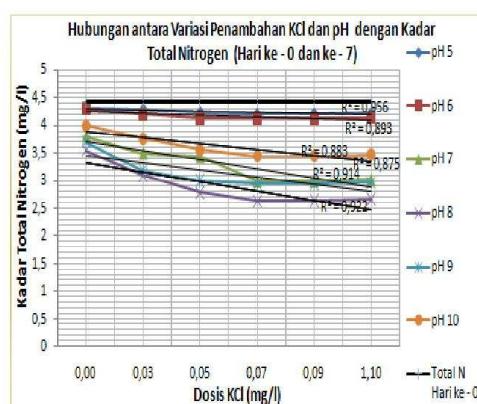
Berdasarkan Tabel 4 persentase removal rata – rata untuk total nitrogen dan total fosfat masing – masing yaitu sebesar 10,66% dan 14,06%. Persentase penyisihan total nitrogen dan total fosfat pada fase pertumbuhan konstan (fase stasioner) yang mendekati dengan persentase removal rata – rata yaitu pada hari ke-7. Oleh sebab itu, pengambilan sampel pada setiap reaktor uji diambil pada hari ke – 7 untuk penyisihan rata – rata total nitrogen dan total fosfat.

Fase pertumbuhan positif pada kultur massal mikroalga ditunjukkan pada selang hari 0 – 5 dengan bentuk fase lag dan logaritmik dimana pada saat fase lag setelah pemberian inokulum ke dalam media kultur, terjadi fase tunda yang disebabkan oleh penyesuaian lingkungan yang baru sebelum memulai pembiakan (pembelahan sel). Pada fase logaritmik sel membelah dengan cepat, sel-sel berada dalam keadaan stabil, dan jumlah sel bertambah dengan kecepatan konstan. Penurunan pertumbuhan terjadi pada hari ke – 6 fase ini disebabkan laju pertumbuhan sel menurun akibat adanya kompetisi yang tinggi dalam media hidup, dan zat makanan yang tersedia dalam media tidak mencukupi kebutuhan populasi yang bertambah. Konsentrasi *chlorophyll a* meningkat kembali pada hari ke – 7 hingga hari ke – 8 fase ini disebut dengan fase stasioner. Pada hari ke – 9 sampai dengan hari ke – 17 terjadi tahap terakhir pada fase

pertumbuhan mikroalga yaitu fase kematian. Pada fase ini terjadi penurunan jumlah populasi. Jumlah sel yang mati per satuan waktu perlambahan bertambah dan akhirnya kecepatan mati dari sel-sel menjadi konstan.

Analisis Kadar Total Nitrogen

Setelah hari ke - 7 dilakukan pengambilan sampel mikroalga setiap variasi uji reaktor. Hasil analisis parameter total nitrogen dan pengaruh penambahan variasi KCl dan variasi pH terhadap total nitrogen yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Variabel dengan Konsentrasi Total N

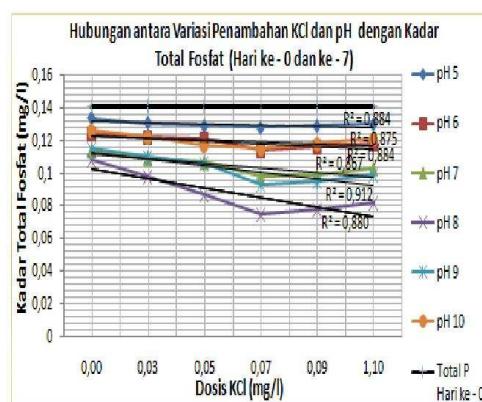
Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa nilai *percentase removal* (%) total nitrogen 3 tertinggi terjadi pada variasi pH 7, 8, dan 9 dengan penambahan KCl 0,07 mg/l masing – masing sebesar 32,26%; 40,04%; dan 33,88%. Persentase removal tersebut berada dalam rentang persentase removal untuk total nitrogen dengan remediasi menggunakan mikroalga tanpa aerasi yaitu 28,88% - 49,35% (Ginting, 2002).

Senyawa anorganik yang merupakan hasil perombakan bakteri heterotrof seperti NH₃, NH₄, N₂, NO₂, dan NO₃ dapat dimanfaatkan kembali oleh mikroalga sebagai nutrisi. Effendi, 2003 menyatakan bahwa bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi (ada yang melibatkan mikrobiologi dan ada yang tidak) sebagai bagian dari siklus nitrogen.

Transformasi nitrogen secara mikrobiologi mencakup asimilasi nitrogen anorganik (nitrat dan ammonium) oleh tumbuhan dan mikroorganisme (bakteri autotrof) untuk membentuk nitrogen organik misalnya asam amino dan protein.

Analisis Kadar Total Fosfat

Setelah hari ke - 8 dilakukan pengambilan sampel mikroalga setiap variasi uji reaktor. Hasil analisis parameter total nitrogen dan pengaruh penambahan variasi KCl dan variasi pH terhadap total fosfat yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 5 berikut :

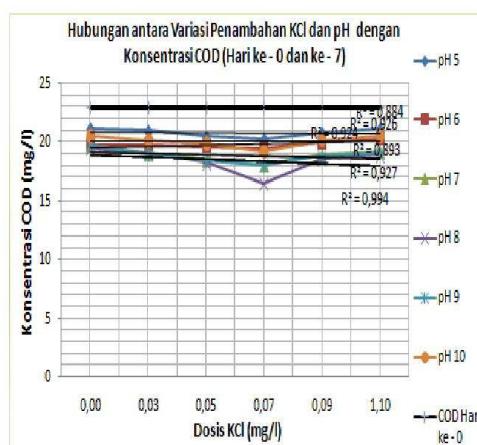


Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Variabel dengan Konsentrasi Total P

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa nilai *persentase removal (%)* total fosfat 3 tertinggi terjadi pada variasi pH 7, 8, dan 9 dengan penambahan KCl 0,07 mg/l masing - masing sebesar 30,57%; 46,27%; dan 33,89%, persentase removal tersebut berada dalam rentang persentase removal untuk total fosfat dengan remediasi menggunakan mikroalga tanpa aerasi yaitu 18,84% - 38,9% (Ginting, 2002). Pada penyisihan total fosfat terjadi akibat adanya proses pemakaian makanan hasil hidrolisis untuk membentuk (seintesis) protoplasma baru. Proses asimiliasi merupakan kebalikan dari proses digesti (hidrolisis), karena proses asimilasi membentuk senyawa-senyawa kompleks dari senyawa-senyawa sederhana.

Analisis Kadar COD

Analisis parameter uji COD dilakukan untuk mengetahui besar penurunan konsentrasi COD yang mampu dilakukan oleh kinerja simbiosis mikroalga-bakteri dalam air Rawa Pening. Data pengamatan nilai parameter COD yang telah didapatkan disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 6 berikut:

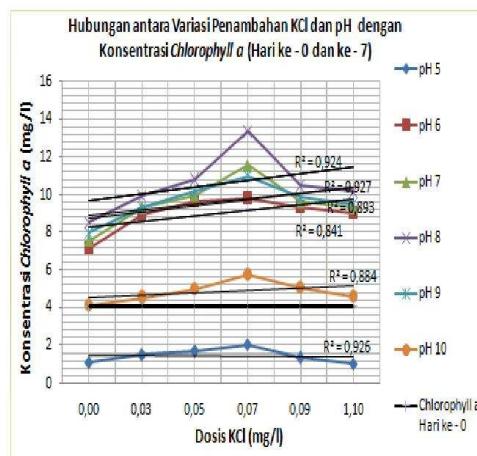


Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Variabel dengan Konsentrasi COD

Penurunan konsentrasi COD ini berbanding lurus dengan konsentrasi klorofil yang semakin besar karena air Rawa Pening memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan mikroalga untuk tumbuh. Semakin besar nutrisi total nitrogen, total fosfat, dan penambahan unsur K dalam bentuk KCl maka konsentrasi *chlorophyll* a akan meningkat pula sebanding dengan kebutuhan nutrisi oleh mikroalga. Oksigen terlarut yang dihasilkan oleh mikroalga meningkatkan kinerja bakteri dalam menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air Rawa Pening. Penurunan nilai COD ini terjadi karena proses oksidasi yang dilakukan oleh bakteri. Adanya simbiosis antara mikroalga dan bakteri heterotrof dalam proses metabolismenya mengubah unsur-unsur dalam limbah menjadi bahan anorganik yang kemudian diserap oleh alga dalam proses fotosintesis dengan produknya yang berupa air, energi, dan oksigen (Aslan S., and Kapdan I. K, 2006).

Analisis Konsentrasi *Chlorophyll a*

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran parameter konsentrasi *chlorophyll a*. *Chlorophyll a* merupakan pigmen hijau alga dan paling penting dalam proses fotosintesis. Fungsi *chlorophyll a* pada alga adalah menyerap energi dari sinar matahari untuk digunakan dalam proses fotosintesis. Data pengamatan nilai parameter konsentrasi *chlorophyll a* yang telah didapatkan disajikan dalam tabel 8 dan grafik pada gambar 7 berikut



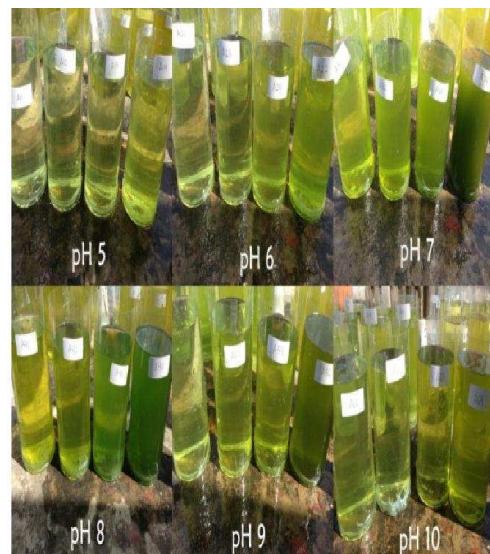
Gambar 7. Grafik Hubungan antara Variabel dengan Konsentrasi *chlorophyll a*

Hasil konsentrasi *chlorophyll a* hari ke – 7 pada kondisi pH 6 – 10 mengalami peningkatan dibandingkan dengan konsentrasi *chlorophyll a* hari ke – 0 yaitu dengan konsentrasi *chlorophyll a* awal sebesar 4,01 mg/l, sedangkan pada kondisi pH 5 konsentrasi *chlorophyll a* mengalami penurunan nilai konsentrasi *chlorophyll a* menjadi 1,09 – 1,99 mg/l. Hal ini disebabkan karena konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam cairan sel dan protoplasma sangat penting bagi fisiologis mikroalga.

Mikroalga umumnya hidup dengan baik pada pH netral (pH 7). Colman dan Gehl (1983), menyatakan bahwa aktivitas fotosintesis akan turun menjadi maximum 33% pada pH 5.



Gambar 8. Warna chlorophyll Reaktor Uji hari ke – 7

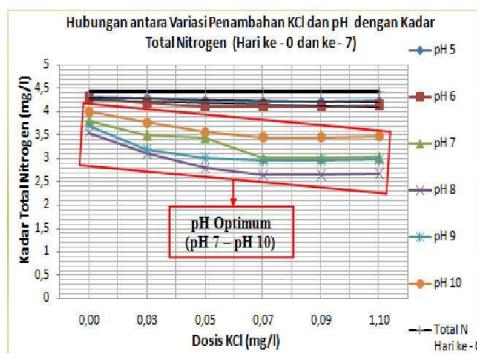


Gambar 9. Warna chlorophyll Reaktor Uji hari ke – 7

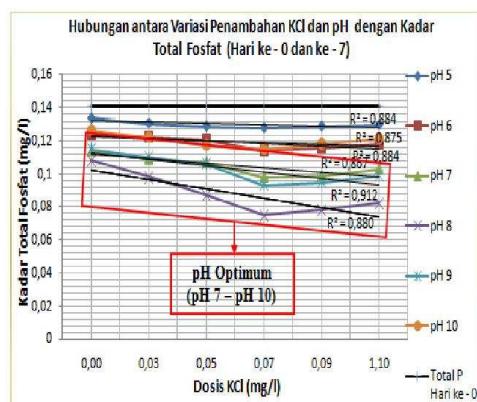
Penentuan pH dan KCl Optimum

1. Penentuan pH Optimum

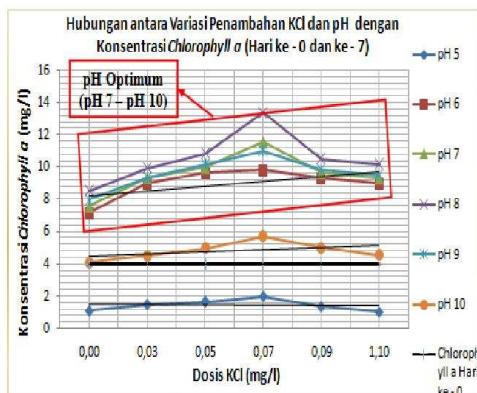
Penelitian ini menggunakan variasi pH pada hari ke – 0 dengan variasi pH yaitu masing – masing sebesar 5, 6, 7, 8, 9 dan 10. Penentuan pH optimum yang didapat berdasarkan rentang efisiensi penurunan total nitrogen dan total fosfat. Menurut Ginting (2002) untuk penyisihan total nitrogen 22,30% - 40,04% dan 19,19% - 46,27% untuk penyisihan total fosfat. Hal ini berpengaruh pada penurunan parameter yang terjadi diikuti juga oleh peningkatan konsentrasi *chlorophyll a* yang berbeda-beda.



Gambar 10. Grafik Penentuan pH Optimum (Total N)



Gambar 11. Grafik Penentuan pH Optimum (Total P)



Gambar 12. Grafik Penentuan pH Optimum (Chlorophyll a)

pH optimum untuk pertumbuhan mikroalga pada penelitian ini yaitu berada pada rentang 7 – 10, berdasarkan pada konsentrasi *chlorophyll a* yang terus meningkat pada rentang pH tersebut.

Konsentrasi *chlorophyll a* hari ke – 7 air Rawa Pening tertinggi berada pada kondisi pH 8. Hal ini berbanding terbalik dengan kadar total nitrogen dan total

fosfat air Rawa Pening, dimana seiring peningkatan pertumbuhan mikroalga, maka kadar total nitrogen dan total fosfat akan semakin rendah.

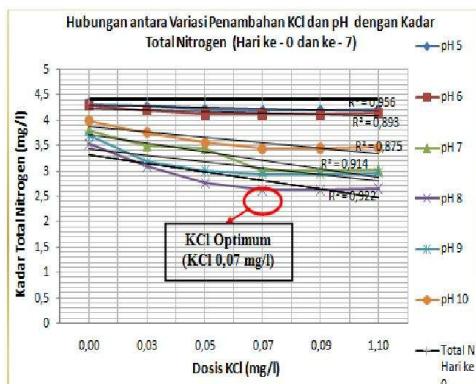
pH optimum untuk penyisihan total nitrogen dan total fosfat dengan teknologi remediasi menggunakan mikroalga pada air Rawa Pening yaitu pada rentang pH tersebut persentase removal yang dihasilkan sesuai dan melebih efisiensi penyisihan total nitrogen dan total fosfat menurut Ginting (2002) yaitu 22,30% - 40,04% untuk penyisihan total nitrogen dan 19,19% - 46,27% untuk penyisihan total fosfat.

2. Penentuan KCl Optimum

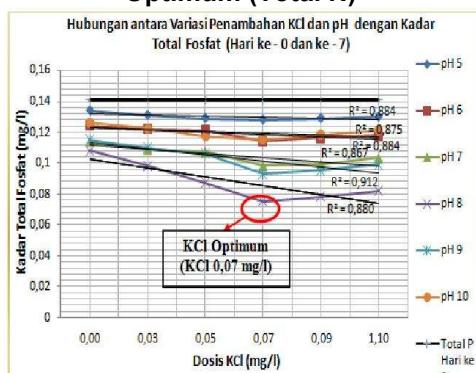
Dimana pada KCl terdapat unsur K yang berfungsi dalam metabolisme karbohidrat dan unsur Cl dimanfaatkan untuk aktivitas kloroplas. Setelah dilakukan analisa kadar total nitrogen, total fosfat dan *chlorophyll a*, selanjutnya dapat ditentukan penambahan KCl optimum yang didapat berdasarkan kadar total nitrogen dan total fosfat terendah.

Hal ini didasarkan penurunan kadar total nitrogen dan total fosfat yang terjadi diikuti juga oleh peningkatan konsentrasi *chlorophyll a* yang berbeda-beda. Menurut Ginting (2002) rentang persentase penurunan kadar total nitrogen dan total fosfat dengan teknologi remediasi menggunakan mikroalga tanpa aerasi yaitu masing – masing sebesar 22,30% - 40,04% untuk penyisihan total nitrogen dan 19,19% - 46,27% untuk penyisihan total fosfat.

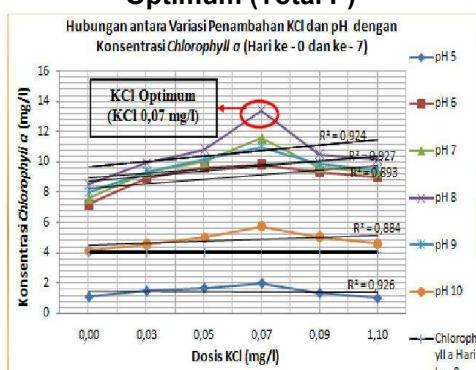
Penambahan KCl yang paling optimum untuk pertumbuhan mikroalga pada penelitian ini yaitu berada pada penambahan KCl 0,07 mg/L. Pada penambahan KCl 0,07 mg/L terjadi peningkatan konsentrasi *chlorophyll a* yang tertinggi diantara semua variasi penambahan KCl lainnya (penambahan KCl 0,03; 0,05; 0,07; 0,09; dan 1,10 mg/L) dengan konsentrasi *chlorophyll a* tertinggi yaitu sebesar 13,31 mg/L pada kondisi pH 8.



Gambar 13. Grafik Penentuan KCl Optimum (Total N)



Gambar 14. Grafik Penentuan KCl Optimum (Total P)



Gambar 15. Grafik Penentuan KCl Optimum (Chlorophyll a)

Hal ini berbanding terbalik dengan kadar total nitrogen dan total fosfat air Rawa Pening, dimana seiring peningkatan pertumbuhan mikroalga, maka kadar total nitrogen dan total fosfat akan semakin menurun.

Penambahan KCl optimum untuk penyisihan total nitrogen dan total fosfat dengan teknologi remediasi menggunakan mikroalga pada air Rawa Pening yaitu pada penambahan KCl

0,07 mg/L. Dimana pada penambahan KCl tersebut persentase penurunan kadar total nitrogen dan total fosfat yang dihasilkan sesuai dengan efisiensi penyisihan total nitrogen dan total fosfat menurut Ginting (2002) yaitu 20,07% - 40,04% untuk penyisihan total nitrogen dan 22,92% - 46,27% untuk penyisihan total fosfat.

KESIMPULAN

1. Pengaruh penambahan nutrisi KCl pada pengolahan air Rawa Pening dengan remediasi mikroalga yaitu berkorelasi negatif dimana semakin besar penambahan KCl maka semakin menurun kadar total nitrogen dan total fosfat. Penambahan nutrisi KCl pada pengolahan air Rawa Pening dengan remediasi mikroalga dapat menurunkan kadar total nitrogen dan total fosfat hingga kadar terendah masing - masing sebesar 2,632 mg/L dan 0,075 mg/L.
2. Pengaruh pH pada pengolahan air Rawa Pening dengan remediasi mikroalga yaitu pada pH 7 – 10 dapat menurunkan kadar total nitrogen dan total fosfat hingga kadar terendah masing - masing sebesar 2,632 mg/L dan 0,075 mg/L.
3. pH dan penambahan KCl optimum yaitu pada rentang pH 7 – 10 dengan penambahan KCl 0,07 mg/L dimana kadar chlorophyll a meningkat hingga 13,37 mg/L pada hari ke – 7 dengan persentase penurunan kadar total nitrogen dan total fosfat hingga 40,04% untuk penyisihan total nitrogen dan 46,27% untuk penyisihan total fosfat.

Saran

1. Bagi penelitian selanjutnya, pada saat penelitian remediasi menggunakan mikroalga, dilakukan kultur mikroalga dengan mikroalga yang spesifik.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk variasi penambahan KCl yang lainnya agar di dapatkan rentang variasi yang lebih kecil selisihnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. *Introduction to soil microbiology*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Aslan, S., dan Kapdan, I., K., (2006), "Batch Kinetics of Nitrogen and Phosphorus Removal From Synthetic Wastewater By Algae", Ecological Engineering.
- Blackman, F.F. 1985. *Optima and Limiting Factors Annals of Botany*. Oxford University Press. London.
- Caron, D.A., E.L. Lim, J. Kunze, E.M.Casper, and D.M. Anderson.1989. *Trophic interactions between nano-micro-zooplankton and the brown tide*. In: Cosper, E.M., V.M. Bricelj, and E.J. Carpenter (eds.), *Novel phytoplankton blooms: Causes and impacts of recurrent brown tides and other unusual blooms*. Berlin: Springer-Verlag.
- Colman dan Gehl. 1983. *Effect of External pH on the Internal pH of Chlorella sp*. J Plant Physiol.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit: Kanisius. Yogyakarta.
- Evans, Gareth. M. and Furlong. Judith C. 2003. *Environmental Biotechnology Theory and Application*. John & Son, Ltd.
- Fogg, G. E. 1975. *Algae Culture and Phytoplankton Ecologi*. 2nd Ed. Penerbit University of Winconsin Press, Maddison. P. 19
- Ginting, P., 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah*. Penerbit Pustaka Sinar Harapan. Jakarta
- Goldman, C.R., & A.J. Horne. 1983. *Limnology*. Mc Graw-Hill International Book Company. New York.
- Isnansetyo Alim dan Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton Zooplankton. Pakan Alam untuk pembenihan organism laut*. Kanisius. Yokyakarta.
- Jorgensen. K., 1990. *Bivalve filter feeding: Hydrodynamic, Bioenergetics, Physiology and Ecology*. Olsen and Olsen, Denmark.
- Oswald W.J., Gotaas H.B., Golueke, C.G. dan Kellen, W.R. 1957. *Algae in Wastewater Treatment. Sewage ind. Waste*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1999). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Rinjani. 2010. *Kultur Mikroalga Skala Intermediet dan Skala Massal*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Riwidikdo,Handoko, S. Kp. 2010. *Statistik Kesehatan*. Yogyakarta : Mitra Cendekia Press.
- Sugiyono, Dr. 2010. *Metode penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Penerbit: Alfabeta. Bandung.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wirosaputro,S. 2002. *Chlorella untuk Kesehatan Global, teknik Budidaya dan Pengolahan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.