

JURNAL

**PEMANFAATAN MIKROALGA *Chlorella vulgaris* UNTUK
PENURUNAN KADAR POLUTAN PADA AIR LAUT MUARA ANGKE
TERCEMAR LIMBAH DOMESTIK**

OLEH

RISMA HARIATI TAMBUNAN



**FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN
UNIVERSITAS RIAU
PEKANBARU
2019**

PEMANFAATAN MIKROALGA *Chlorella vulgaris* UNTUK PENURUNAN KADAR POLUTAN PADA AIR LAUT MUARA ANGKE TERCEMAR LIMBAH DOMESTIK

Oleh

Risma Tambunan¹⁾, Aras Mulyadi²⁾, Dessy Yoswaty²⁾, Hanies Ambarsari³⁾

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan
Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia
rismahariati10@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April-Juni 2019, bertempat di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan (PTL)–Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Gedung 820 Geostech, Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* yang dikultur dalam air laut Muara Angke tercemar limbah domestik dan menganalisis kemampuannya untuk menurunkan kadar polutan berdasarkan parameter kimia dari air laut Muara Angke tercemar limbah domestik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan konsentrasi *C. vulgaris* berbeda terdiri dari 5% v/v, 15% v/v, dan 25% v/v dilakukan tiga kali pengulangan dan diberikan kontrol yaitu tanpa penambahan *C. vulgaris* dan diamati parameter fisik (Suhu) dan parameter kimia (DO, pH, COD, Fosfat, Nitrat, dan Ammonia). Data dianalisis statistik menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA) dan diuji lanjut menggunakan uji LSD dengan untuk membandingkan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alga *C. vulgaris* berpotensi menurunkan kadar polutan pada air laut tercemar limbah domestik, dan perlakuan terbaik dalam menurunkan kadar polutan pada air laut tercemar limbah domestik yaitu perlakuan C (25%) dengan memiliki persentase penurunan nilai COD sebesar 75,76%, Fosfat sebesar 80,72%, Nitrat sebesar 91,76% dan Ammonia sebesar 76,17% sehingga kadar polutan pada media yang digunakan sudah sesuai baku mutu untuk peruntukannya

Kata Kunci : *Chlorella vulgaris*, limbah domestik, COD, Fosfat, Nitrat, Ammonia

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru

²⁾ Dosen Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru

³⁾ Kepala Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan PTL-BPPT

2

THE USE OF MICROALGAE *Chlorella vulgaris* FOR REDUCTION OF POLLUTANT LEVELS IN SEA WATER OF MUARA ANGKE POLLUTED BY DOMESTIC WASTE

By

Risma Tambunan¹⁾, Aras Mulyadi²⁾, Dessy Yoswaty²⁾, Hanies Ambarsari³⁾

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine
University of Riau, Pekanbaru, Indonesia
rismahariati10@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted in April-June 2019, located at the Center for Environmental Technology Laboratory (PTL) - Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT), Geostech Building 820, Serpong Archipelago Puspitek, South Tangerang. The purpose of this study was to determine the growth of *C. vulgaris* microalgae cultured in Muara Angke seawater polluted by domestic waste and to analyze its ability to reduce pollutant levels based on chemical parameters from Muara Angke seawater polluted by domestic waste. The experimental design used was a Completely Randomized Design (CRD) with 3 treatments of different *C. vulgaris* concentrations consisting of 5% v / v, 15% v / v, and 25% v / v performed three times repetition and given control that was without the addition of *C. vulgaris* and observed physical parameters (Temperature) and chemical parameters (DO, pH, COD, Phosphate, Nitrate, and Ammonia). Data were analyzed statistically using Analysis Of Variance (ANOVA) and further tested using the LSD test to compare between treatments with a 95% confidence level. The results showed that algae *C. vulgaris* had the potential to reduce levels of pollutants in sea water polluted by domestic waste, and the best treatment in reducing levels of pollutants in sea water polluted by domestic waste was treatment C (25%) with the decrease in COD value of 75.76% , Phosphate at 80.72%, Nitrate at 91.76% and Ammonia at 76.17% so that the levels of pollutants in the media used are in accordance with quality standards for their designation.

Keyword: *Chlorella vulgaris*, domestic waste, COD, Phosphate, Nitrate, Ammonia

¹⁾Student of Faculty of Fisheries and Marine University of Riau, Pekanbaru

²⁾Lecturer of Faculty of Fisheries and Marine University of Riau, Pekanbaru

³⁾Head of Environment Microbiology Laboratory PTL-BPPT

PENDAHULUAN

Status mutu pencemaran terhadap perairan di Jakarta sebagian besar dalam kondisi cemar, terutama setelah melewati daerah pemukiman, industri dan pertanian (Suhartono, 2009). Salah satu perairan yang diduga telah mengalami pencemaran adalah Muara Angke. Ini disebabkan karena Muara Angke merupakan salah satu kawasan yang aktif, baik dari segi aktivitas rumah tangga, industri maupun aktivitas pelabuhan, pada kawasan ini juga beberapa sungai yang melintasi Tangerang Selatan di Kota Tangerang membawa berbagai bahan pencemar dan bermuara ke perairan Muara Angke, sehingga akan mengakibatkan mutu air Muara Angke semakin mengalami penurunan, dikarenakan seluruh limbah yang terbawa akan bermuara di Muara Angke.

Umumnya, limbah yang lebih mendominasi disebuah perairan adalah limbah yang berasal dari limbah kegiatan rumah tangga atau domestik. Limbah cair rumah tangga atau domestik adalah air buangan yang berasal dari penggunaan untuk kebersihan yaitu gabungan limbah dapur, kamar mandi, toilet, cucian, dan sebagainya (Puji dan Nur, 2009). Limbah tersebut biasanya dibuang ke lingkungan dan memasuki badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, sehingga dapat menurunkan mutu perairan itu sendiri. Oleh karena itu, tidak mengherankan apabila perairan Muara Angke mengalami pencemaran.

Salah satu upaya untuk mengurangi tingkat pencemaran pada perairan Muara Angke adalah menggunakan limbah tersebut sebagai media pertumbuhan mikroalga, dimana mikroalga mampu mengurangi beban cemar pada air limbah (Wang *et al.*, 2009). Mikroalga yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah salah satunya adalah *C. vulgaris*, karena mikroalga ini mempunyai kelebihan diantaranya dapat hidup pada salinitas rendah atau tinggi, dapat hidup pada berbagai tipe perairan (air tawar, payau, dan laut), dapat menggunakan bahan organik dalam limbah untuk metabolisme sel, serta dapat menyerap logam berat seperti Cd, Zn, Pb, dan Cu (Suresh and Ravishankar, 2004). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan mikroalga *C. vulgaris* yang dikultur dalam air laut Muara Angke tercemar limbah domestik serta menganalisis kemampuannya untuk menurunkan kadar polutan berdasarkan parameter kimia dari air laut Muara Angke tercemar limbah domestik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April - Juni 2019, bertempat di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan (PTL) - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Gedung 820 Geotech, Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan. Pengambilan sampel air laut dilakukan di area pelabuhan Kali Adem, Muara Angke, Jakarta Utara.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari 3 perlakuan, yaitu konsentrasi *C. vulgaris* dengan 3 taraf berbeda terdiri dari 5% v/v, 15% v/v, dan 25% v/v

dilakukan tiga kali pengulangan dan diberikan kontrol yaitu tanpa penambahan *C. vulgaris*, sehingga unit percobaan ada 12 buah. Perlakuan mengacu pada Hartini *et al.*, (2017) dengan konsentrasi diturunkan karena perbedaan media limbah cair yang digunakan.

Tabel 1. Komposisi perlakuan uji

Perlakuan	Mikroalga (mL)	Air laut tercemar limbah domestik (mL)	Total volume uji (L)
K (0%)	0	1000	1
A (5%)	50	950	1
B (15%)	150	850	1
C (25%)	250	750	1

Pengambilan Sampel Air Laut Tercemar Limbah Domestik

Sampel air laut tercemar limbah domestik diambil dari perairan Muara Angke, pengambilan sampel dilakukan dengan langsung menggunakan gayung atau wadah ember. Sampel air yang diambil ± 20 L, dimasukkan ke dalam wadah jerigen. Saat pengambilan sampel dilakukan pengambilan titik koordinat menggunakan GPS dan pengambilan data lingkungan in situ meliputi suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut (DO) dan selanjutnya di laboratorium dilakukan analisis COD, fosfat, nitrat, dan amonia.

Pembuatan Medium Tumbuh Biakan Mikroalga

Medium tumbuh yang digunakan untuk pertumbuhan biakan *C. vulgaris* dalam penelitian ini adalah medium Walne. Medium ini digunakan karena sesuai dengan medium stok murni dari BBRP2BKP Jakarta sehingga memudahkan adaptasi mikroalga *C. vulgaris*.

Perbanyakan Kultur Mikroalga

Perbanyakan kultur mikroalga diperlukan untuk membuat biakan stok dan biakan kerja dalam penelitian. Dalam pembuatan biakan stok, sebanyak 50 mL bibit *C. vulgaris* dengan nilai absorbansi yang diketahui dimasukkan ke dalam 450 mL medium Walne. Biakan tersebut diperbanyak hingga mencapai 1 liter, untuk selanjutnya disimpan dalam lemari inkubasi. Tahapan pembuatan biakan kerja, sama dengan pembuatan biakan stok, kemudian diperbanyak hingga mencapai 3 liter. Biakan kerja disimpan di dalam lemari inkubasi untuk selanjutnya digunakan sebagai biakan starter pada penelitian. Sebelum biakan diinokulasi, dilakukan pengukuran nilai absorbansi dan kerapatan biomassa mikroalga.

Pengukuran Optical Density

Pengukuran *optical density* dilakukan menggunakan Spektrofotometer sinar ganda (UV-VIS) Jasco V-530. Hasil dari pengukuran menggunakan Spektrofotometer sinar ganda (UV-VIS) Jasco V-530 berupa nilai absorbansi terhadap panjang gelombang. Panjang gelombang yang digunakan untuk pengukuran absorbansi *C. vulgaris* adalah 680 nm. Pengukuran dilakukan sebanyak 7 kali dalam 15 hari.

Perhitungan Biomassa

Perhitungan biomassa dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan mikroalga pada media yang digunakan, perhitungan biomassa kultur stok dilakukan dengan menggunakan rumus (BPPT,2013):

$$PB = \frac{\Delta W (W_0 - W_1)}{V}$$

Keterangan:

PB = Kerapatan Biomassa (gr/ml)

V = Volume (ml)

W₁ = Berat kertas saring + Berat kultur (gr)

W₀ = Berat Kertas saring (gr)

Analisis COD (SNI Tahun 2009)

Sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 1 mL dan ditambahkan 2 mL pereaksi destruksi deret kecil, lalu diaduk dengan *vortex* hingga homogen selama 30 detik. Setelah itu, sampel dimasukkan ke dalam *heating block* dan didestruksi selama 2 jam pada suhu 150°C. Selanjutnya, *heating block* dimatikan dan tabung reaksi dipindahkan ke dalam rak tabung untuk didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Sampel dimasukkan ke dalam kuvet pada alat Spektrofotometer Jasco V-530. Absorbansinya diukur pada panjang gelombang 600 nm dan hasilnya dicatat.

Analisis Fosfat (SNI Tahun 2005)

Sebanyak 5 mL sampel ditambahkan 0,8 mL pereaksi campuran kemudian diaduk dengan *vortex stirrer* dan didiamkan selama 30 menit. Serapan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm.

Analisis Nitrat (SNI Tahun 2005)

Sampel uji sebanyak 0,5 mL diambil menggunakan pipet mohr 2 mL, kemudian dimasukan kedalam tabung reaksi. Asam salisilat 5% ditambahkan sebanyak 1 mL kedalam masing-masing tabung reaksi. Larutan diaduk dengan pengaduk *vortex*, kemudian didiamkan selama 30 menit. Kemudian, ditambahkan NaOH 4 N sebanyak 10 mL. Larutan dikocok dengan pengaduk *vortex*, kemudian didiamkan selama 1 jam. Kemudian, dimasukan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer. Hasil serapan masuk, dibaca dan dicatat pada panjang gelombang 409 nm.

Analisis Amonia (SNI Tahun 2009)

Sebanyak 4 mL sampel ditambahkan ditambahkan 0,5 mL pereaksi salisilat ditambah 0,5 mL pereaksi dikloro asam sianurat, campuran kemudian diaduk dengan *vortex stirrer* dan didiamkan selama 30 menit. Serapan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 655 nm.

Indeks Pencemaran

Penentuan status pencemaran ditentukan dengan menggunakan indeks pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 sebagai berikut.

$$PI_j = \sqrt{\frac{(Ci/Lij)_M^2 + (Ci/Lij)_R^2}{2}}$$

Dimana:

Li : Konsentrasi parameter kualitas air dalam baku mutu peruntukan air (j)

Ci : Konsentrasi parameter kualitas air hasil survei

Pij : Indeks pencemaran bagi peruntukan (j)

(Ci/Lij)_M : Nilai Ci/Lij Maksimum

$(C_i/L_{ij})_R$: Nilai C_i/L_{ij} Rata-rata

Hubungan tingkat ketercemaran dengan kriteria indeks pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Penetapan Status Mutu Air sebagai berikut:

1. $0 \leq P_{Ij} \leq 1,0$: Memenuhi baku mutu (kondisi baik)
2. $1,0 < P_{Ij} < 5,0$: Tercemar ringan
3. $5,0 < P_{Ij} \leq 10$: Tercemar sedang
4. $P_{Ij} > 10$: Tercemar berat

Analisis Data

Data yang diperoleh berupa persentase penurunan beban pencemar dengan variasi konsentrasi mikroalga disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Kemudian data dianalisis statistik menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA) dan diuji lanjut menggunakan uji LSD dengan untuk membandingkan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95%. Selanjutnya data dibahas secara deskriptif berdasarkan literatur.

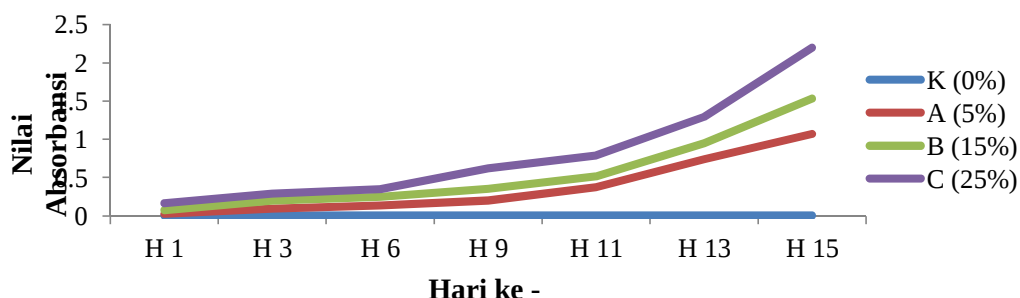
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan *Chlorella vulgaris*

C. vulgaris yang dikultivasi selama 15 hari dalam media air laut tercemar limbah domestik didalam wadah galon 2 L dengan fotoperiode 12 jam terang menggunakan lampu TL 36 watt dan 12 jam gelap tanpa menggunakan lampu dengan kisaran suhu $27,5-28,7^{\circ}\text{C}$ diberikan aerasi selama kultur berlangsung, dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100 kali. Hasil pengamatan menggunakan mikroskop dilihat bahwa *C. vulgaris* adalah mikrolaga yang termaksud ke dalam golongan alga hijau (chloropyta) karena memiliki zat warna hijau (klorofil). Bentuk sel berbentuk bulat lonjong dan tidak memiliki flagella.

Pengukuran Nilai OD (*Optical Density*)

Nilai OD (*Optical Density*) merupakan nilai absorbansi *C. vulgaris* terhadap panjang gelombang spektrofotometer dengan panjang gelombang 689 nm, hasil pengukuran disajikan dalam bentuk kurva untuk melihat kurva pertumbuhan berdasarkan OD yang dapat dilihat pada Gambar 1.



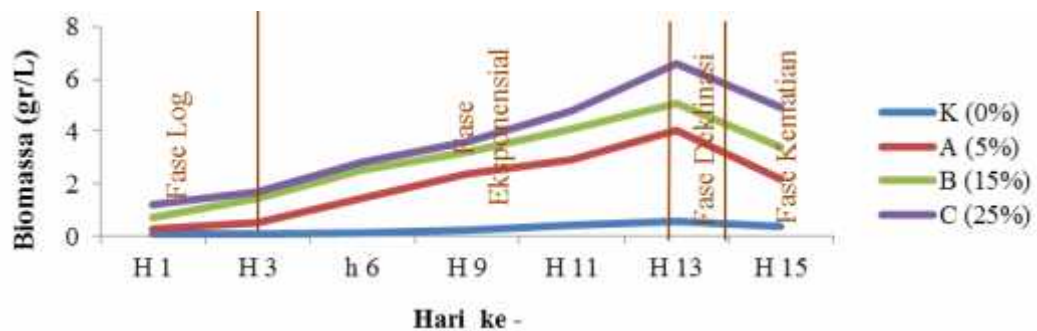
Gambar 1. Kurva nilai absorbansi biakan *C. vulgaris*

Berdasarkan Gambar 1 dilihat bahwa nilai OD mengalami peningkatan pada setiap pengamatan pada masing-masing konsentrasi, dimana OD tertinggi terdapat pada perlakuan C dengan penambahan mikroalga *C. vulgaris* 25% v/v

yaitu 2,1975 dan diikuti dengan B (15%) dan selanjutnya A (5%). Pada kontrol terdapat nilai OD yang sangat kecil dikarenakan pada kontrol tidak ada penambahan mikroalga.

Perhitungan Biomassa *Chlorella vulgaris*

Perhitungan biomassa dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan *C. vulgaris* yang di kultur dalam media air laut tercemar limbah domestik selama penelitian. Hasil pengamatan tersebut disajikan dalam bentuk kurva untuk melihat kurva pertumbuhan berdasarkan biomassa, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva pertumbuhan biomassa *C.vulgaris* pada air laut tercemar limbah domestik

Berdasarkan kurva pertumbuhan pada Gambar 2 diperoleh bahwa pada pengamatan pertama yaitu hari ke-1 sampai dengan memasuki hari ke-3 merupakan fase lag yang ditunjukkan dengan terjadi penambahan biomassa dalam jumlah yang sedikit. Pada pengamatan kedua sampai pengamatan keenam yaitu pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-13 terjadi fase eksponensial. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah mikroalga secara pesat dibandingkan dengan awal pengamatan. Biomassa tertinggi dicapai pada hari ke-13 dengan jumlah 6,5714 g/L yaitu pada perlakuan C dengan konsentrasi 25% v/v. Pada pengamatan ketujuh yaitu memasuki hari ke-15 mulai terjadi penurunan biomassa, sehingga diketahui pada hari tersebut memasuki fase deklinasi. Mikroalga mengalami fase kematian yang ditandai dengan penurunan biomassa yang cukup besar, disebabkan laju kematian sel lebih tinggi daripada laju pertumbuhan sel sehingga biomassa semakin menurun.

Kualitas Air Laut di Pelabuhan Muara Angke

Hasil pengamatan kualitas air pada penelitian ini dibandingkan dengan baku mutunya sebagai acuan yaitu berdasarkan Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 Tanggal 12 Juni 1995, Baku Mutu Limbah Domestik Menurut Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 112 Tahun 2003 Tanggal 10 Juli 2003, dan Baku Mutu Berdasarkan Kepmen-LH 51 Tahun 2004 (untuk biota laut) dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini,

Tabel 2. Nilai pengukuran parameter fisik dan kimia air laut di Pelabuhan Muara Angke

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
FISIK				
1.	Kecerahan ^a	(m)	1,65	> 3 ^{***})
2.	Suhu ^b	(°C)	31	Alami ^b ***)
KIMIA				
3.	Salinitas ^c	Ppt	30	Alami ^c ***)
4.	DO	(mg/L)	4,47	> 5 ^{***})
5.	pH ^d	-	7	6,0 - 9,0 ^{*)}
6.	NO ₃	(mg/L)	11,08	10,0 ^{*)}
7.	PO ₄	(mg/L)	1,11	0.015 ^{***})
8.	COD	(mg/L)	304	100 ^{*)}
9.	Ammonia	(mg/L)	2,86	10 ^{**})

Keterangan :

- *) Baku Mutu Berdasarkan Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 Tanggal 12 Juni 1995
- **) Baku Mutu Limbah Domestik Menurut Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 112 Tahun 2003 Tanggal 10 Juli 2003
- ***) Baku Mutu Berdasarkan Kepmen-LH 51 Tahun 2004 (Untuk Biota Laut)
- Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam, dan musim)
 - a. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalam *eupotic*
 - b. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 2°C dari suhu alami
 - c. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 5% salinitas rata-rata
 - d. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 0,2 satuan pH

Berdasarkan Tabel 2 memperlihatkan beberapa parameter yang sudah melebihi nilai ambang baku mutu (NAB) pada perairan di Pelabuhan Muara Angke, Jakarta Utara. Nilai yang berada diatas NAB yaitu pada parameter kecerahan (1,65 m), DO (4,47 mg/l), NO₃ (11,08 mg/L), PO₄ (1,11 mg/L) dan COD (304 mg/L).

Status Pencemaran Kualitas Air

Penentuan indeks pencemaran dilakukan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003. Hasil analisis tingkat pencemarannya di sajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Status Pencemaran Air Laut di Muara Angke

No	Parameter	Indeks Polusi	Status Pencemaran
FISIK			
1.	Kecerahan ^a	0,55	Memenuhi baku mutu
2.	Suhu ^b	-	-
KIMIA			
3.	Salinitas ^c	-	-
4.	DO	0,253	Memenuhi baku mutu
5.	pH ^d	0,5	Memenuhi baku mutu
6.	NO ₃	1,108	Tercemar ringan
7.	PO ₄	74	Tercemar berat
8.	COD	3,04	Tercemar ringan
9.	Ammonia	0,28634	Memenuhi baku mutu

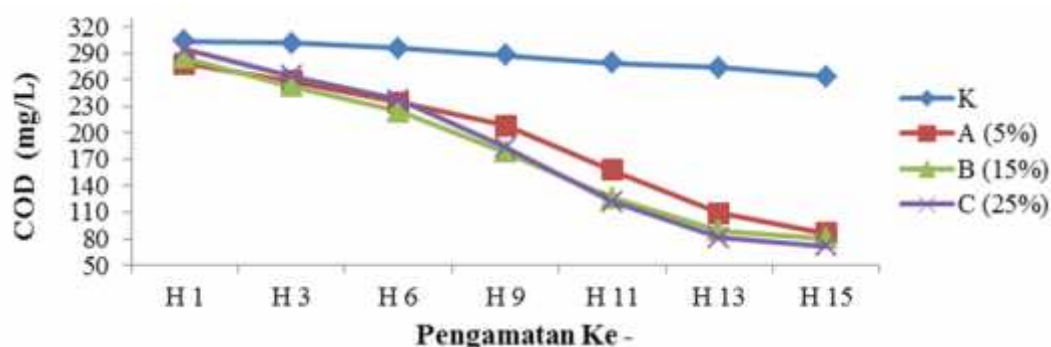
Berdasarkan Tabel 3 memperlihatkan bahwa beberapa parameter kualitas air di Pelabuhan Muara Angke menunjukkan telah tercemar. Parameter kecerahan, suhu, DO, pH, dan amonia masih memenuhi baku mutu karena nilai indeks polusi lebih dari 0 dan lebih kecil dari 1,0, nitrat termasuk pada kategori tingkat pencemaran ringan karena nilai indeks polusi sebesar 1,108 yaitu lebih dari 1 dan lebih kecil dari 5,0, COD termasuk pada kategori tingkat pencemaran ringan karena nilai indeks polusi sebesar 3,04 yaitu lebih dari 1 dan lebih kecil dari 5,0 sedangkan fosfat sudah termasuk tingkat pencemaran berat karena nilai indeks polusi sebesar 74 yaitu lebih dari 10. Berdasarkan hasil analisis secara umum menunjukkan bahwa kualitas air di Pelabuhan Muara Angke telah mengalami pencemaran dari pencemaran ringan sampai pencemaran berat.

Pengukuran Parameter Kualitas Air selama Kultivasi

Parameter kualitas air yang diamati selama kultivasi adalah parameter fisik (Suhu) dan parameter kimia (DO, pH, COD, Fosfat, Nitrat, dan Ammonia). Nilai rata-rata suhu selama penelitian berkisar pada 27,5-28,7°C, DO berkisar berkisar 5,44-8,93 mg/L, dan pH berkisar 7-8.

Pengamatan COD selama kultivasi

Pada penelitian ini, nilai COD awal dari kultivasi berkisar 278,33 – 304 mg/L, dan mengalami penurunan sampai pada hari ke – 15. Penurunan kadar COD disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Kurva penurunan kadar COD oleh *C. vulgaris*

Berdasarkan Gambar 3 didapat bahwa konsentrasi COD pada air laut tercemar limbah domestik mengalami penurunan cukup signifikan pada setiap perlakuan. Nilai COD terendah diperoleh dari perlakuan C dengan konsentrasi 25% v/v yaitu sebesar 71,33 mg/L. Penurunan nilai COD terjadi karena adanya aktifitas fotosintesis oleh mikroalga yang dapat menurunkan kadar COD, ini diperkuat dengan penelitian Istiyanie (2011) yang mengatakan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga dimanfaatkan oleh bakteri aerob yang tumbuh selama masa kultivasi untuk mengoksidasi bahan organik yang terdapat pada COD media limbah. Efisiensi penggunaan *C. vulgaris* dalam menurunkan kadar COD pada air tercemar limbah disajikan pada Tabel 5.

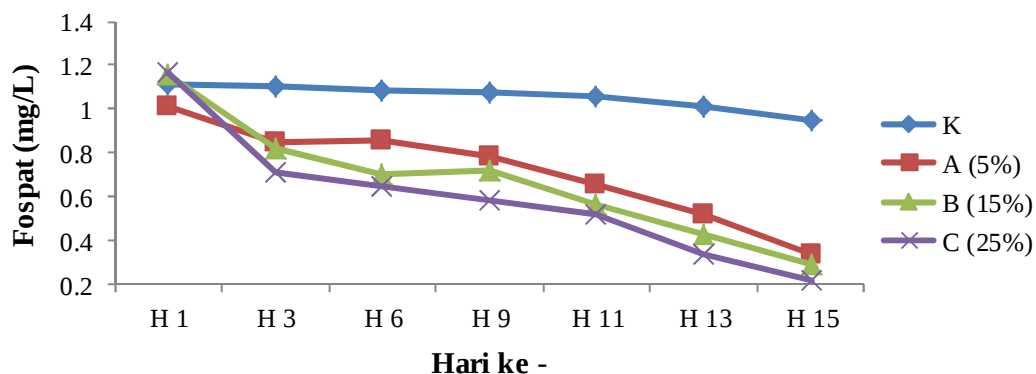
Tabel 5. Efisiensi penyerapan kadar COD oleh *C. vulgaris*.

Perlakuan	COD H-1 (mg/L)	COD H-15 (mg/L)	Efisiensi penurunan (%)
K (0%)	302	262	13,24
A (5%)	278,33	86,33	68,73
B (15%)	284,66	80,66	71,60
C (25%)	294,33	71,33	75,55

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa penurunan kadar COD paling tinggi terdapat pada perlakuan C (25%) dengan persentase penurunan sebesar 75,76%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *C. vulgaris* dapat menurunkan konsentrasi COD yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Kontrol (0%) yang hanya sebesar 13,15%. Berdasarkan uji *Oneway ANOVA* pada tabel *Test of Homogeneity of Variances* diperoleh nilai *Significant* sebesar 0,067 dimana jika nilai *Significant* > 0,05 maka efisiensi penurunan setiap perlakuan adalah homogen. Hasil uji ANOVA diperoleh nilai *f* hitung sebesar 147,238 dan nilai *f* tabel sebesar 3,89 artinya jika nilai *f* hitung > *f* tabel menggambarkan terdapat perbedaan terhadap penambahan mikroalga terhadap penurunan kadar COD yang signifikan (berbeda nyata). Maka perlu dilakukan uji lanjut LSD untuk melihat konsentrasi mana yang berbeda. Dari hasil uji lanjut LSD diperoleh perbedaan yang signifikan antara perlakuan kontrol (0%) dengan A (5%), B (15%), dan C (25%) sedangkan antar perlakuan diperoleh tidak berbeda nyata.

Pengamatan Fosfat selama kultivasi

Pada penelitian ini, nilai Fosfat awal dari kultivasi berkisar 1,01-1,17 mg/L, dan mengalami penurunan sampai pada pengamatan ketujuh atau pada hari ke-15. Penurunan kadar Fosfat oleh *C. vulgaris* disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Kurva penurunan kadar Fosfat oleh *C. vulgaris*

Berdasarkan Gambar 4 didapat bahwa konsentrasi fosfat pada air laut tercemar limbah domestik mengalami penurunan. Penurunan kadar fosfat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan biomassa, itu dikarenakan semakin padat *C. vulgaris* maka semakin banyak nutrisi yang dibutuhkan untuk proses metabolismenya. Hal inilah yang membuat tingkat penurunan fosfat lebih tinggi pada Perlakuan C (25%) dibandingkan perlakuan lainnya. Efisiensi penggunaan *C. vulgaris* dalam menurunkan kadar fosfat pada air tercemar limbah disajikan pada Tabel 6.

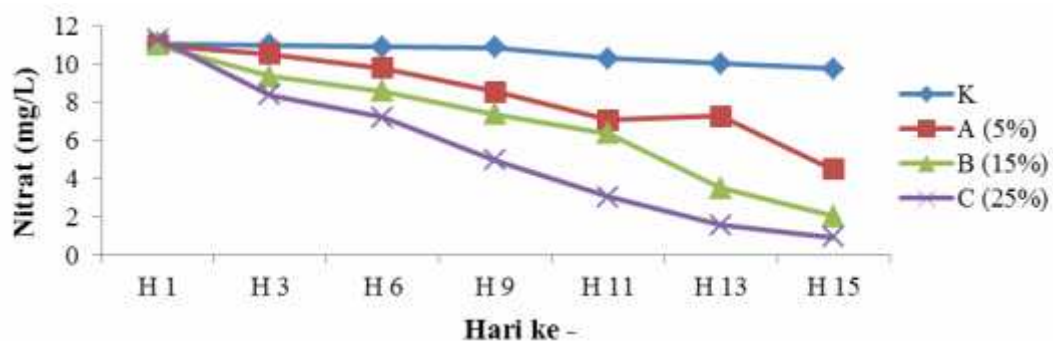
Tabel 6. Efisiensi penyerapan kadar Fosfat oleh *C. vulgaris*.

Perlakuan	Fosfat H-1 (mg/L)	Fosfat H-15 (mg/L)	Efisiensi penurunan (%)
K (0%)	1,10	0,94	14,40
A (5%)	1,01	0,34	65,74
B (15%)	1,16	0,29	74,42
C (25%)	1,17	0,22	80,70

Berdasarkan uji *Oneway ANOVA* pada tabel *Test of Homogeneity of Variances* diperoleh nilai *Significant* sebesar 0,061 dimana jika nilai *Significant* > 0,05 maka efisiensi penurunan setiap perlakuan adalah homogen. Hasil uji *ANOVA* diperoleh nilai *f* hitung sebesar 1583,739 dan nilai *f* tabel sebesar 3,89 artinya jika nilai *f* hitung > *f* tabel menggambarkan terdapat perbedaan terhadap penambahan mikroalga terhadap penurunan kadar fosfat yang signifikan (berbeda nyata). Maka perlu dilakukan uji lanjut *LSD* untuk melihat konsentrasi mana yang berbeda. Dari hasil uji lanjut *LSD* diperoleh perbedaan yang signifikan antara perlakuan kontrol (0%) dengan A (5%), B (15%), dan C (25%), perlakuan A (5%) dengan kontrol (0%), B (15%), dan C (25%), perlakuan B (15%) dengan kontrol (0%), A (5%), dan C (25%), dan perlakuan C (25%) dengan kontrol (0%), A (5%), dan B (15%). Berdasarkan hasil yang diperoleh didapatkan bahwa konsentrasi yang paling bagus dalam menurunkan kadar Fosfat yaitu konsentrasi 25% dengan total penyerapan sebesar 80,72%.

Pengamatan Nitrat selama kultivasi

Selama kultivasi, nitrat dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya, hal ini ditandai dengan menurunnya kadar nitrat pada media yang disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Kurva penurunan kadar Nitrat oleh *C. vulgaris*

Berdasarkan Gambar 5 dilihat bahwa kadar nitrat mengalami penurunan pada masing-masing perlakuan. tingkat penurunan nitrat lebih tinggi pada perlakuan C (25%) dibandingkan perlakuan A (5%) dan B (15%) dan sangat berbeda dengan Kontrol (0%) tanpa penambahan *C. vulgaris*. Efisiensi penggunaan *C. vulgaris* dalam menurunkan kadar nitrat pada air tercemar limbah disajikan pada Tabel 7.

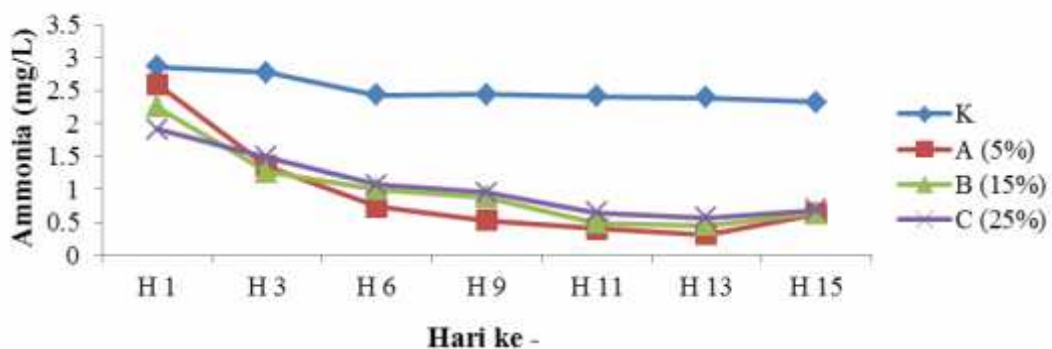
Tabel 7. Efisiensi penyerapan kadar Nitrat oleh *Chlorella vulgaris*.

Perlakuan	Nitrat H-1 (mg/L)	Nitrat H-15 (mg/L)	Efisiensi penurunan (%)
K (0%)	11,07	9,75	11,59
A (5%)	11,00	4,49	65,74
B (15%)	11,00	2,05	81,36
C (25%)	11,29	0,93	91,76

Berdasarkan uji *Oneway ANOVA* pada tabel *Test of Homogeneity of Variances* diperoleh nilai *Significant* sebesar 0,065 dimana jika nilai *Significant* > 0,05 maka efisiensi penurunan setiap perlakuan adalah homogen. Hasil uji *ANOVA* diperoleh nilai *f* hitung sebesar 176,639 dan nilai *f* tabel sebesar 3,89 artinya jika nilai *f* hitung > *f* tabel menggambarkan terdapat perbedaan terhadap penambahan mikroalga terhadap penurunan kadar fosfat yang signifikan (berbeda nyata). Maka perlu dilakukan uji lanjut *LSD* untuk melihat konsentrasi mana yang berbeda. Dari hasil uji lanjut *LSD* diperoleh perbedaan yang signifikan antara perlakuan kontrol (0%) dengan A (5%), B (15%), dan C (25%), perlakuan A (5%) dengan kontrol (0%), B (15%), dan C (25%), perlakuan B (15%) dengan kontrol (0%), A (5%), dan C (25%), dan perlakuan C (25%) dengan kontrol (0%), A (5%), dan B (15%). Kandungan nilai nitrat terendah terdapat pada perlakuan C (25%) sebesar 0,93 mg/L dengan nilai efisien sebesar 91,76%.

Hasil Pengamatan Amonia selama kultivasi

Kadar amonia selama kultivasi mengalami penurunan, penurunan kadar tersebut disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Kurva penurunan kadar Amonia oleh *C. vulgaris*

Berdasarkan Gambar 6 didapat bahwa konsentrasi amonia pada air laut tercemar limbah domestik mengalami penurunan cukup signifikan pada setiap perlakuan sampai memasuki hari ke-13 dan pada saat memasuki hari ke-15 kadar amonia mengalami peningkatan dikarenakan pada fase ini sebagian mikroalga sudah ada yang mengalami kematian, mikroalga yang sudah mati ini menyebabkan kadar amonia meningkat. Pada kontrol juga mengalami penurunan tetapi sangat sedikit dikarenakan pada kontrol juga diberikan aerasi yang sama sehingga memberikan peningkatan nilai DO pada kontrol. Efisiensi penggunaan *C. vulgaris* dalam menurunkan kadar amonia pada air tercemar limbah disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Efisiensi penyerapan kadar Ammonia oleh *C. vulgaris*.

Perlakuan	Amonia H-1 (mg/L)	Amonia H-15 (mg/L)	Efisiensi penurunan (%)
K (0%)	2,86	2,32	18,67
A (5%)	1,91	0,68	63,96
B (15%)	2,25	0,66	70,25
C (25%)	2,60	0,58	77,42

Berdasarkan uji *Oneway ANOVA* pada tabel *Test of Homogeneity of Variances* diperoleh nilai *Significant* sebesar 0,142 dimana jika nilai *Significant* > 0,05 maka efisiensi penurunan setiap perlakuan adalah homogeny. Hasil uji *ANOVA* diperoleh nilai *f* hitung sebesar 1583,739 dan nilai *f* tabel sebesar 3,89 artinya jika nilai *f* hitung > *f* tabel menggambarkan terdapat perbedaan terhadap penambahan mikroalga terhadap penurunan kadar fosfat yang signifikan (berbeda nyata). Maka perlu dilakukan uji lanjut *LSD* untuk melihat konsentrasi mana yang berbeda. Dari hasil uji lanjut *LSD* diperoleh perbedaan yang signifikan antara perlakuan kontrol (0%) dengan A (5%), B (15%), dan C (25%), perlakuan A (5%) dengan kontrol (0%) dan C (25%), perlakuan B (15%) dengan kontrol (0%), dan perlakuan C (25%) dengan kontrol (0%) dan A (5%), sedangkan antar perlakuan B (15%) dengan A (5%) dan perlakuan C (25%) dengan B (15%) diperoleh perbedaan yang tidak berbeda nyata. Perlakuan C (25%) merupakan konsentrasi yang paling efisien untuk penurunan kadar nitrat yaitu sebesar 76,17%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa *C. vulgaris* yang dikultivasi dalam air laut tercemar limbah domestik dapat tumbuh dengan memanfaatkan kandungan bahan organik dan unsur hara lainnya yang terdapat pada air laut tercemar limbah domestik untuk nutrisi pertumbuhannya. Penambahan mikroalga *C. vulgaris* dengan beberapa variasi konsentrasi dapat menurunkan kandungan polutan pada air laut tercemar limbah domestik. Variasi konsentrasi penambahan *C. vulgaris* memberikan pengaruh beda sangat nyata (*significant* < 0,05) terhadap nilai COD, Fosfat, Nitrat, dan Ammonia dengan Kontrol tanpa penambahan *C. vulgaris*.

Dalam menurunkan pencemaran pada air laut tercemar limbah domestik, perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan C (25%) dengan memiliki persentase penurunan nilai COD sebesar 75,76%, Fosfat sebesar 80,72%, Nitrat sebesar 91,76% dan Ammonia sebesar 76,17% sehingga kadar polutan pada media yang digunakan sudah sesuai baku mutu untuk peruntukannya.

Disarankan untuk penelitian selanjutnya perlu ditambahkan parameter kualitas air lainnya, mengingat masih ada beberapa parameter yang belum diukur, diharapkan penggunaan mikroalga *C. vulgaris* sebagai bioremediasi air tercemar limbah dapat dilakukan sebelum limbah dibuang ke badan perairan dan dengan skala kultur yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

BPPT. 2013. *Development of Planning and Policy Support for Improving the Potential Production of Biogas as Renewable Energy in Indonesia's*

Tofu Industries, Renewable Energy-Efficiency Energy Partnership (REEEP) Environmental Technology Centre , The agency for the Assessment and Application of Technology.

- Hartini, F., R. Fajar dan D. Tengku. 2017. Pemanfaatan Mikroalga *Chlorella* Sp Dalam Menurunkan Baku Mutu Polutan Limbah Cair Industri Sagu. *JOM FAPERTA*. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Istiyanie, D. 2011. Pemanfaatan Emisi CO₂ dari PLTU Batubara dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Berbasis Mikroalga. [Tesis]. Universitas Indonesia, Jakarta. 192 hlm.
- KepMenLH (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup) Nomor 115 Tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air.
- Puji dan R. Nur. 2009. Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob. [Skripsi]. Universitas Diponegoro, Fakultas Teknik. Semarang.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia 6989.2. 2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri. Jakarta (ID): BSN.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia 06-6989.31. 2005. Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometri Secara Asam Askorbat. Jakarta (ID): BSN.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia PO/CBN-LAB.AIR/02. 2005. Cara Uji Kadar Amonia pada Air Limbah secara Spektrofotometri. Jakarta (ID): BSN.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia 06-6989.30. 2005. Cara Uji Kadar Amonia pada Air Limbah secara Spektrofotometri. Jakarta (ID): BSN
- Suhartono, E. 2009. Identifikasi Kualitas Perairan Pantai Akibat Limbah Domestik Pada Monsun Timur Dengan Metode Indeks Pencemaran (Studi Kasus Di Jakarta, Semarang, Dan Jepara). *Wahana TEKNIK SIPIL*. Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Semarang. 14:51-62.
- Suresh, B and G. A. Ravishankar. 2004. *Phytoremediation-A Novel and Promising Approach for Enviromental Clean-up*. *Bull.Critical reviews in Biotechnology*. 24(2-3): 97-124.
- Wang, L., M. Min., Y. Li., P. Chen., Y. Chen., Y. Liu., Y. Wang And R. Ruan. 2009. *Cultivation of Green Algae Chlorella sp. in Different Wastewaters From Municipal Wastewater Treatment Plant*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 162(4),1174-1186.