

TUGAS AKHIR
POTENSI BIOENERGI
OXIDATION DITCH ALGA REAKTOR PADA PEMANFAATANNYA
UNTUK PENURUNAN LIMBAH DOMESTIK PERKOTAAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Drajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



MUHAMMAD RIZA FIRMANSYAH
(12513081)

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016

TUGAS AKHIR
POTENSI BIOENERGI
OXIDATION DITCH ALGA REAKTOR PADA PEMANFAATANNYA
UNTUK PENURUNAN LIMBAH DOMESTIK PERKOTAAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Drajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



MUHAMMAD RIZA FIRMANSYAH
(12513081)

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016

LEMBAR PENGESAHAN

POTENSI BIOENERGI

**OXIDATION DITCH ALGA REAKTOR PADA PEMANFAATANNYA
UNTUK PENURUNAN LIMBAH DOMESTIK PERKOTAAN**

**BIOENERGY POTENTIAL FROM OXIDATION DITCH ALGAE REACTOR ON
THE UTILIZATION TO REDUCE MUNICIPAL DOMESTIC WASTEWATER**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Drajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**

Disusun Oleh :

**Muhammad Riza Firmansyah
12513081**

Disetujui:

Dosen Pembimbing I

Any Juliani, ST., M.Sc. (Res.Eng)
Tanggal: 8/4-2016

Dosen Pembimbing II

Aulia Ulfah Farahdiba, M.Sc
Tanggal: 08 Nov 2016.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII

Hudori, S.T, M.T
Tanggal: 08 November 2016.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (apabila menggunakan software khusus)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan,

 MRF

MUHAMMAD RIZA FIRMANSYAH

NIM: 12513081

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur selalu tercurahkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah, rahmat, dan karunia-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillahirabbil'alamin atas segala limpahan rahmat, karunia, rizki, dan nikmat Allah SWT, sehingga saya dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan laporan tugas akhir yang diberi judul : **“POTENSI BIOENERGI OXIDATION DITCH ALGA REAKTOR PADA PEMANFAATANNYA UNTUK PENURUNAN LIMBAH DOMESTIK PERKOTAAN”**. Dimana laporan ini saya tujukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta sebagai salah satu syarat dalam memperoleh derajat sarjana strata satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan. Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan, motivasi, bantuan, bimbingan, doa, dan arahan serta adanya kerjasama dari berbagai pihak.

Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Allah SWT, yang telah membuat segala sesuatu yang menurut saya tidak mungkin menjadi mungkin.
2. Bapak Hudori, S.T., M.T, selaku kepala jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Aulia Ulfah Farahdiba, M.Sc dan Any Juliani, ST., M.Sc. (Res.Eng) selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan arahan dan bimbingan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Terimakasih atas pelajaran dan pengalaman yang diberikan semoga ilmu ini bermanfaat dikemudian hari.
5. Pak Tasyono, Mas Iwan, Mbak Diah, dan Mbak Nuri selaku laboran laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP yang banyak membantu dalam

penjelasan dan arahan selama saya melakukan pengujian di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII dan Mbak Ratna yang banyak membantu dalam urusan administrasi.

6. Kedua orangtua saya, Bapak Sudirman dan Ibu Supiyati, serta kakak kakak saya, Aprilia Karika Hidayah, Karlina Febri Nurahma, Winardi, Eka Bagus Setiawan yang selalu mencurahkan doa, kasih sayang, serta memberikan *support* dalam segala hal.
7. Citra Endah Nur Setyawati, yang selalu menjadi *supporter* nomer satu.
8. Sahabat Rizoma86 saya Sahran, Guntur, Iqbal Safri, Yusuf Ginanjar, Tegar, Farobbi, Apprilil, Sukmandaru, Tri Sofyan, Yakub, Rizal Subhan, Abdussalam, Mumtaz Aji, Rizal Ireng, Ishom, dan kawan kawan yang banyak.
9. Teman teman KKN tercinta Mas Ndaru, Arif, Jeffri, Hidayat, Ucrit, dan Maya.
10. Serta teman-teman Teknik Lingkungan UII Angkatan 2012 yang tidak bisa disebutkan satu-per satu, terima kasih atas kerjasamanya selama menimba ilmu bersama.

Akhir kata Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan laporan ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan agar penulisan berikutnya menjadi lebih baik dan semoga laporan ini bermanfaat sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, Agustus 2016

Penulis

ABSTRAK

*Isu kelangkaan bahan bakar fosil mendorong pemerintah dalam UU No 5/2006 yang menargetkan pada tahun 2025 kebutuhan energi nasional sebanyak 17% akan disediakan oleh energi baru dan terbarukan (EBT). Bioenergi termasuk energi dari biomasa diharapkan mampu memenuhi 5% dari EBT yang telah ditetapkan. Mikroalga merupakan salah satu biomassa yang potensial untuk menghasilkan biodiesel mengingat kecepatan tumbuhnya yang relatif cepat, kandungan minyak yang tinggi, serta mudah ditemukan di air tawar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat potensi alga sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yang dilihat dari kandungan minyak pada alga. Alga yang digunakan disini adalah jenis alga *Chlorella* sp. yang dikembangkan di pengolahan limbah Oxidation Ditch menggunakan limbah artifisial dan limbah greywater dari kantin mawar Universitas Islam Indonesia. Kemudian alga yang didapat dari hasil pengembangbiakan ini diekstraksi menjadi minyak menggunakan larutan n-heksan sebagai katalisnya. Selanjutnya minyak yang didapat dari alga dipisahkan dari pelarut n-heksan menggunakan evaporator waterbath yang menggunakan prinsip evaporasi dengan memanfaatkan perbedaan titik didih dari larutan. Alga yang terdapat di pengolahan limbah greywater dapat dijadikan sebagai bahan baku biodiesel yang menghasilkan 1,925 mL minyak alga per 10 liter air yang mengandung alga yang dikembangkan selama 13 hari masa kultivasi karena alga mengandung lemak (lipid) dan asam lemak (fatty acid) yang merupakan bahan baku utama pembuat biodiesel, serta Keistimewaan biodiesel yang berasal dari mikroalga yaitu dapat diperbaharui (renewable), nontoksik, dan dapat terurai. Hasil yang diperoleh dari ekstraksi alga menjadi ini berupa minyak mentah atau crude oil. Minyak ini belum dapat dikatakan biodiesel, butuh proses lebih lanjut agar minyak alga ini menjadi biodiesel.*

Kata Kunci : Bioenergi, Biodiesel, Minyak Alga

ABSTRACT

The issue of fossil fuels scarcity encourage government to make the target that on 2025 there are 17% national energy requirements will be provided by the renewable energy which stated in UU No. 5/2006. Bioenergy, including energy from biomass is expected to meet 5% of renewable energy has been determined. Microalgae is one of the potential biomass expected to produce biodiesel because of the fast growth rate, high oil quality, and easily found in fresh water. The purpose of this study is to determine the potential of algae as a raw material to produce biodiesel. In this research, the species of algae used is Chlorella sp that bred in Oxidation Ditch sewage treatment using artificial wastewater and gray water from “Mawar” canteen in Islamic University of Indonesia. Then the algae were obtained from the breeding is extracted into oil using the solvent n-hexane as a catalyst. Furthermore, the oil derived from algae separated from the solvent n-hexane using water bath evaporator which uses the principle of evaporation by utilizing the boiling point of the solvent. Algae contained in waste treatment greywater can be used as raw material for biodiesel that produce algae oil 1,925 ml per 10 liters of water containing algae that developed during the 13-day period for algae cultivation in fat (lipid) and fatty acids (FAs) are is the main raw material of biodiesel maker, as well as the specialty of biodiesel derived from microalgae which can be updated (renewable), non-toxic, and biodegradable. The results obtained from the algae extraction is crude oil. This kind of oil can not be said as biodiesel, it has to take the further process to make the algae oil change into biodiesel.

Keywords: *Microalgae, Greywater, Oxidation ditch, Bioenergy*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
NOTASI DAN SINGKATAN	xv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bioenergi	4
2.2 Alga	5
2.2.1 Alga Hijau	6
2.2.2 Morfologi Alga	8
2.2.3 Klasifikasi Alga	8
2.2.4 Periode Pertumbuhan Alga	10
2.2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Alga	10
2.2.6 Lipid dan Asam Lemak	12
2.3 Parameter yang Mempengaruhi Pertumbuhan Alga	14
2.3.1 Klorofil-a	14

2.3.2	Cahaya	15
2.3.3	MLSS/MLVSS	15
2.4	Hubungan Alga dan Nutrient	15
2.5	Alga Sebagai Bahan Baku Biodisel	16
2.6	Faktor yang Mempengaruhi Minyak Alga	17
2.7	Keutamaan Alga	17
2.8	Oxidation Ditch	21
2.9	Penelitian Sebelumnya	24

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Kerangka Penelitian	25
3.2	Diagram Alir Penelitian	26
3.3	Lokasi Penelitian.....	27
3.4	Pengumpulan Data	27
3.5	Limbah Artifisial.....	28
3.6	<i>Seeding</i> dan Aklimatisasi.....	29
3.7	Metode Pengambilan Contoh dan Pengawetan Sampel	29
3.8	Klasifikasi Alga	29
3.9	Metode Pengujian TSS	30
3.10	Metode Pengujian Klorofil-a	30
3.11	Metode Ekstraksi Minyak	31
3.12	Analisis Data	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Umum	33
4.1.1	Jenis Alga	33
4.2	Analisa Klorofil-a pada Alga	35
4.3	Analisa TSS	37
4.3.1	Korelasi TSS terhadap Klorofil-a	39
4.4	Analisa Minyak Pada Alga	40
4.4.1	Ekstraksi Minyak Alga	40
4.4.2	Potensi Minyak Alga	43
4.4.3	Korelasi Minyak pada Alga terhadap Klorofil-a	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
5.3 Rekomendasi	48

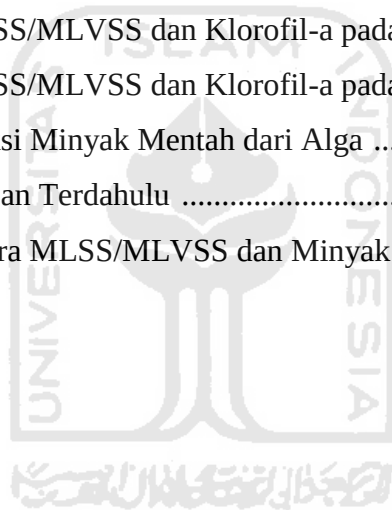
DAFTAR PUSTAKA	49
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	
-----------------------	--



DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 Klasifikasi Alga	9
TABEL 2.2 Kandungan Asam Lemak dalam Beberapa Spesies Mikroalga	13
TABEL 2.3 Kandungan Chlorella sp. (Rachamniah, dkk. 2010)	17
TABEL 2.4 Penelitian Sebelumnya	23
TABEL 3.1 Pedoman Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi	32
TABEL 4.1 Data Hasil Pengujian Klorofil-a	34
TABEL 4.2 Data Hasil Pengujian MLSS/MLVSS	36
TABEL 4.3 Korelasi MLSS/MLVSS dan Klorofil-a pada Greywater	39
TABEL 4.4 Korelasi MLSS/MLVSS dan Klorofil-a pada Artifisial	39
TABEL 4.5 Hasil Ekstraksi Minyak Mentah dari Alga	41
TABEL 4.6 Hasil Penelitian Terdahulu	43
TABEL 4.7 Korelasi antara MLSS/MLVSS dan Minyak Alga	45



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 Penampakan Alga Hijau	7
GAMBAR 2.2 Proses Dasar Meningkatkan Produksi Lipid dari Alga	20
GAMBAR 2.3 Siklus Alga Pond	21
GAMBAR 2.4 <i>Oxidation Ditch</i>	22
GAMBAR 3.1. Kerangka Penelitian	24
GAMBAR 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	25
GAMBAR 3.3 <i>Oxidation Ditch</i> Sebelum dan Sesudah Diisi Air	26
GAMBAR 3.4 Detail <i>Oxidation Ditch</i> Reaktor Alga	27
GAMBAR 4.1 Hasil Foto Menggunakan Mikroskop.....	33
GAMBAR 4.2 Grafik Perbandingan Klorofil-a Greywater dan Artifisial	35
GAMBAR 4.3 Grafik Perbandingan MLVSS Greywater dan Artifisial	37
GAMBAR 4.6 Rotavapor	41
GAMBAR 4.7 Grafik Hasil Ekstraksi Minyak Mentah dari Alga	42
GAMBAR 4.8 Gambaran Proses Trasesterifikasi	43
GAMBAR a.1 Ekstraksi Minyak Dari Alga	51
GAMBAR a.2 Langkah Kerja Uji Klorofil-a	52
GAMBAR a.3 Pengujian MLSS/MLVSS	53

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.	Langkah Kerja Ekastrasi Minyak Alga.....
LAMPIRAN 2.	Langkah Kerja Uji Klorofil-a
LAMPIRAN 3.	Langkah Kerja Uji MLSS/MLVSS
LAMPIRAN 4.	Perhitungan Hasil Ekstraksi Minyak
LAMPIRAN 5.	Contoh Perhitungan Hasil Uji Klorofil-a.....
LAMPIRAN 6.	Contoh Perhitungan Uji Konsentrasi MLSS/MLVSS
LAMPIRAN 7.	Detail Oxidation Ditch.....



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin langkanya bahan bakar konvensional, meningkatnya emisi gas rumah kaca, serta tingginya harga minyak bumi merupakan suatu rangkaian isu terkait energi yang mendesak penyelesaian dengan mengembangkan bahan baku alternatif biomassa. Ide pemanfaatan biomassa telah banyak diusung dan ditinjau berbagai kalangan praktisi, ilmuwan serta pihak-pihak terkait dalam pengembangan energi baru dan terbarukan. Sama halnya dengan di Indonesia, terkait sasaran pembangunan iptek dalam RPJMN 2010-2014 yang pertama adalah di bidang ketahanan pangan yang selanjutnya ketahanan energi. Dalam agenda riset nasional, Indonesia memiliki cadangan berbagai sumber energi walau tidak dalam jumlah yang besar. Prioritas di bidang energi adalah dengan pencapaian ketahanan energi nasional yang menjamin kelangsungan pertumbuhan nasional melalui restrukturisasi kelembagaan dan optimasi pemanfaatan energi alternatif seluas-luasnya (Agenda Riset Nasional, 2010).

Air limbah rumah tangga merupakan sumber utama pencemar badan air di daerah perkotaan dan diperkirakan 50 -75% dari beban organik sungai berasal dari limbah ini. Akibat pembuangan air limbah yang tidak pada tempatnya akan menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pencernaan dan penyakit lainnya. Kondisi pelayanan umum pengelolaan air limbah di Indonesia pada umumnya masih rendah. Dari data yang ada baik secara kualitas dan kuantitas pelayanan di bidang pengelolaan air limbah rumah tangga tidak meningkat secara berarti sejak tahun 1980, sehingga tidak dapat mengejar atau seimbang dengan kebutuhan air bersih rumah tangga yang terus meningkat akibat laju pertumbuhan penduduk. (Rukmana N., 1993)

Mikroalga sebagai alternatif pengembangan energi yang berkelanjutan merupakan salah satu dari sekian banyak alternatif sumber bahan baku lipid yang biomassa, memiliki laju produktifitas dan pertumbuhan yang cepat bila

dibandingkan dengan tanaman penghasil lipid lainnya, serta kultivasi mikroalga tidak memerlukan lahan yang luas dan subur sehingga tidak akan berkompetisi dengan produksi tanaman pangan. Mikroalga juga memiliki kemampuan memperbaiki CO₂ di dalam atmosfer atau karbon yang terlarut di dalam selnya selama masa pertumbuhan sementara secara bersamaan menangkap energi matahari dengan efisiensi 10-50 kali lebih besar dibandingkan dengan tanaman terestrial lain, yang tentunya merupakan suatu kesempatan emas dalam program pengurangan karbon (Ferrell & Reed, 2010; Brennan & Owende, 2010).

Pada dasarnya semua minyak nabati atau lemak hewan dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Pertimbangannya adalah dapatkah bahan tersebut dikembangkan secara luas sebagai bahan baku biodiesel. Pada saat ini telah dilakukan penelitian dan pengembangan biodiesel dengan beberapa bahan baku seperti minyak kelapa sawit, minyak jarak, minyak kedelai, dan minyak jelantah. Bahkan beberapa diantaranya sudah melakukan penelitian pemakaian biodiesel terhadap *performance engine*. Dalam hal ini seorang ilmuwan bernama Pallawagau La Puppung telah melakukan percobaan pada tahun 1986 menggunakan campuran solar dan minyak kelapa pada motor diesel putaran tinggi, ternyata minyak kelapa bisa digunakan sebagai bahan bakar diesel.

Konsep memilih bahan baku biodiesel adalah bukan sebagai pengganti bahan baku yang telah ada, tetapi untuk memenuhi kekurangan bahan baku pembuatan biodiesel. Berdasarkan realisasinya nanti dapat dibandingkan dan dibuat pilihan bahan apa yang lebih efektif untuk dikembangkan dalam skala besar sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Briggs, 2004). Dari sekian banyak potensi alam yang dimiliki oleh Indonesia, alga (ganggang) dapat dicoba untuk dikembangkan sebagai salah satu alternatif bahan baku pembuatan biodiesel.

Alga mengandung *vegetable oil* (minyak nabati) yang sangat tinggi, bahkan beberapa diantaranya mempunyai kandungan minyak lebih dari 50% (Briggs, 2004). Kandungan minyak nabati yang besar mengidentifikasikan kandungan senyawa *fatty acid* (asam lemak) yang besar dalam alga (Cohen, 1999). Dalam percobaan yang dilakukan oleh Aguk Zuhdi tahun 2003 dengan bahan baku minyak sawit dan minyak jarak, *fatty acid* inilah yang selanjutnya diproses menjadi

biodiesel. Semakin banyak kandungan *fatty acid* dalam suatu bahan maka semakin besar pula biodiesel yang dihasilkan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diketahui rumusan masalah adalah alga yang digunakan sebagai bahan pembuat bioenergi yang biasanya di kembangbiakkan dalam *pond* maupun dalam reaktor khusus untuk menumbuhkan alga, sementara itu pemanfaatan alga di unit-unit pengolahan air limbah seperti *oxidation ditch* dalam mengolah *greywater* masih jarang di jumpai. Dalam penelitian ini, memanfaatkan alga yang tumbuh dari unit pengolahan *greywater oxidation ditch*, guna mengetahui potensi *bioenergi oxidation ditch alga reaktor* pada pemanfaatannya untuk penurunan limbah domestik perkotaan.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui ada tidaknya potensi bioenergi dari alga dalam pengolahan limbah perkotaan pada pengolahan *greywater* pada *oxidation ditch* alga reaktor.
- b. Menghitung besaran potensi bioenergi pada alga dalam pengolahan limbah perkotaan pada pengolahan *greywater* pada *oxidation ditch* alga reaktor.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang potensi alga yang tumbuh di unit pengolahan air limbah *greywater oxidation ditch* saat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biofuel/biodiesel.

1.5. Batasan Penelitian.

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang maksimal, maka perlu dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka batasan masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tempat yang menjadi lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium FTSP dan Laboratorium FMIPA Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang Km 14,5.
2. Limbah yang akan digunakan adalah limbah artifisial yang digunakan saat kultivasi dan seeding serta limbah *greywater* dari kantin Mawar Universitas Islam Indonesia yang digunakan saat pengoperasian *Oxidation Ditch*.
3. Parameter yang akan diuji adalah :
 - a. Parameter utama, kadar minyak pada alga.
 - b. Variabel tambahan berupa Klorofil-a dan TSS.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bioenergi

Bioenergi adalah bahan bakar mesin diesel yang berupa *ester mono alkil* asam-asam lemak rantai panjang, yang diturunkan dari minyak tumbuh-tumbuhan atau lemak hewan. Biodiesel bisa digunakan dengan mudah karena dapat bercampur dengan segala komposisi dengan minyak solar, mempunyai sifat fisik yang hampir sama dengan solar biasa sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang telah ada hampir tanpa modifikasi, dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), memiliki angka cetana yang lebih baik dari minyak solar biasa, asap buangan biodiesel tidak hitam, tidak mengandung sulfur dan senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan. Angka cetana adalah bilangan yang menunjukkan ukuran baik tidaknya kualitas solar berdasarkan sifat kecepatan bakar dalam ruang bakar mesin. Semakin tinggi bilangan cetana, semakin cepat pembakaran dan semakin baik efisiensi termodinamisnya.

Dalam analisis biodiesel alkohol, katalis, dan *vegetable oil* direaksikan dalam reaktor, lalu masuk ke *settler* dimana *crude biodiesel* dan *crude glycerin* dipisahkan, *crude glycerin* terpisah dari *bottom settler*. *Crude glycerin* yang masih mengandung alkohol dilakukan netralisasi pada netralisasi distilasi dengan penambahan asam dimana alkohol bisa terlarut didalamnya membentuk asam lemak (*fatty acid*), alkohol sisa dan air menguap masuk ke alkohol *recovery*. Asam lemak dan *crude glycerin* kemudian masuk ke *settler* dimana pada alat ini asam lemak terpisahkan dari *crude glycerin*. *Crude glycerin* kemudian masuk evaporator dengan tujuan untuk menguapkan sisa alkohol dan sisa air untuk ditampung dalam alkohol *recovery*. Sedangkan *crude biodiesel* yang keluar dari *settler* lalu dilakukan proses *washing* yaitu proses penambahan air supaya alkohol yang tersisa dalam *crude biodiesel* larut lalu kemudian dilakukan proses *purification* yang dilanjutkan dengan proses evaporasi yaitu menguapkan sisa alkohol lalu sisa alkohol ditampung

dalam alkohol *recovery* untuk dimanfaatkan lagi. Dan dalam menghitung FFA atau nilai asam lemak bebas dapat diperoleh dengan rumus :

$$\text{Bilangan FFA} = \frac{\text{BM asam lemak dominan} \times \text{volume KOH} \times \text{Normalitas KOH}}{10 \times \text{bobot sampel minyak}}$$

2.2. Alga

Di dalam lautan terdapat bermacam-macam makhluk hidup baik berupa tumbuhan air maupun hewan air. Salah satu makhluk hidup yang tumbuh dan berkembang di laut adalah alga. Ada tiga divisi alga laut yaitu *Chlorophyta* (900 spesies), *Phaeophyta* (1000 spesies), dan *Rhodophyta* (2500 spesies). Mikroalga adalah organisme tumbuhan paling primitif berukuran seluler yang umumnya dikenal juga sebagai fitoplankton. Seluruh perairan di dunia merupakan habitat hidup alga, mulai dari samudera, laut, danau, sungai, dan perairan sejenis serta tempat-tempat lembab. (Kawaroe,dkk.2010)

Istilah alga pertama kali diperkenalkan oleh Linnaeus pada tahun 1754 pada mulanya penjelasan dijalankan berdasarkan warna. Penjelasan alga berdasarkan kepada ciri-ciri berikut:

1. Pigmen fotosintesis seperti klorofil dan karotenoid.
2. Komponen dinding sel

Bahan dinding sel terdiri dari polisakarida, lipid, dan bahan protein. Komponen khusus yang mencirikan dinding sel termasuk asam poliuronat, asam alginat (*Phaeophyta*), asam fusinat (banyak terdapat pada (*Phaeophyta*) dan komponen mukopeptida (*Cynophyta*). Ciri khas yang terdapat pada *Chrysophyta* ialah mempunyai dinding sel yang bersilika.

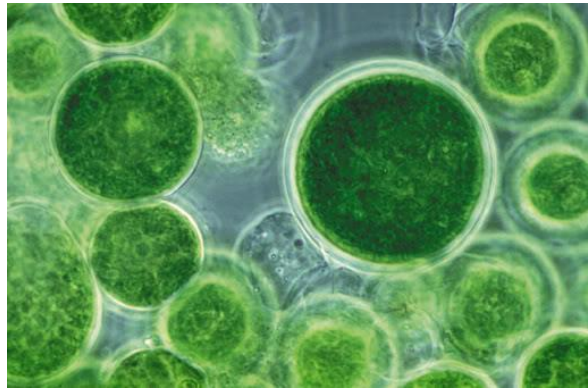
3. Aspek struktur sel

Ketiadaan membran yang memisahkan nukleus. Pembagian nukleus tidak berlaku secara mitosis seperti yang berlaku pada eukariot. Adanya dinding sel yang melindungi mukopeptida tertentu sebagai komponen yang menguatkannya. (Linnaeus,1754)

Sebagai salah satu jenis mikroorganisme eukariotik, alga, baik mikroalga maupun makroalga sudah banyak dimanfaatkan manusia dalam teknologi yang mendukung kehidupan manusia. Terutama sifat alaminya yang membutuhkan nutrisi dan zat organik untuk bertahan hidup digunakan dalam berbagai penelitian terkait removal zat organik dan nutrisi dalam pengolahan air limbah, serta keberadaan klorofil dan senyawa lain dalam alga membantu dalam proses fotosintesis. Namun pada alga, tidak ada keberadaan daun, batang, dan akar sejati seperti pada tanaman. Alga dapat dikategorikan sebagai mikroorganisme multiselular maupun uniselular. Sebagian besar alga termasuk *photoautotrophic* dan dapat melakukan fotosintesis. Beberapa jenis alga termasuk kemo heterotrof, beberapa jenis tersebut mendapatkan energi dengan reaksi kimia seperti nutrisi dan senyawa organik yang terkandung dalam air. Beberapa penelitian menyatakan bahwa mikroalga dapat mengurangi gas CO₂ dengan fotosintesis lebih baik daripada tumbuhan sejati. (Singh & Singh, 2014)

2.2.1. Alga Hijau

Hanya kira-kira 10% dari 7000 spesies alga hijau (*Divisi Chlorophyta*) ditemukan di laut, selebihnya di air tawar. Dikenali dengan warna hijau rumput yang dihasilkan adanya klorofil α dan β yang lebih dominan dibanding pigmen lain. Pigmen-pigmen terdapat dalam plastid dan sangat tahan terhadap cahaya panas. Dinding sel lapisan luar terbentuk dari bahan pektin sedangkan lapisan dalam dari selulosa. Contohnya : *Enteromorpha*, *Caulerpa*, *Halimeda* dan *Spirulina*. Alga termasuk tumbuhan autotrof, yang tidak tergantung pada makhluk hidup lain dan termasuk tumbuhan fotosintesis. Dua hal pokok yang dibutuhkan alga dalam pertumbuhannya adalah sinar matahari yang cukup dan karbondioksida (CO₂). Salah satu jenis alga yang sudah dikenal dan dibudidayakan di Indonesia adalah *seaweed* (rumput laut). Alga dapat tumbuh dan berkembang pada air asin dan air tawar, tetapi kebanyakan spesiesnya hidup pada perairan laut yang dangkal (Graham, Linda E, 2000). Hal ini sangat sesuai dengan kondisi perairan Indonesia sebagai negara kepulauan yang menyediakan banyak perairan dangkal dengan sinar matahari yang cukup bagi pertumbuhan alga.



Sumber : Ovic Pedia

Gambar 2.1 Penampakan Alga Hijau

Klasifikasi *Chlorella sp.* yang termasuk dalam kelas alga hijau adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plcmfoe (Hoeckel, F366)
Subkingdom	: Viridaeplantae (Cavalier-Smith, 1981)
Phylum	: Chlorophyta
Class	: Chlorophyceae (T. Christensen, 1994)
Order	: Chlorococcales
Family	: Oocystaceae
Genus	: Chlorella sp (Beijerinck, 1890)

Mikroalga jenis *Chlorella sp.* berwarna hijau, pergerakannya tidak mitil dan struktur tubuhnya tidak memiliki flagel. Selnya berbentuk bola berukuran sedang dengan diameter 2-10 μm , bergantung pada spesiesnya, dengan kloroplas berbentuk seperti cangkir.

Cadangan makanan berupa pati, dinding sel terdiri dari selulosa, xylan, dan manan. Beberapa spesies tidak memiliki dinding sel. Mikroalga hijau ini banyak terdapat di ekosistem perairan, dan diduga sebagai asal muasal tumbuhan. Organisasi selnya berbentuk uniseluler melimpah baik di habitat air maupun tanah. Organisme ini hanya melakukan reproduksi secara asexual. *Chlrollera sp* dapat tumbuh dengan baik pada salinitas 0-35% dan yang optimal pada 10-20% dengan kisaran suhu optimal 25-30⁰ C dan suhu maksimum 40⁰ C.

Menurut Becjer (1994), *Chlorella sp* mengandung 51-58% protein, 12-26% karbohidrat, 2-22% stearat. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kawaroe et al., (2009), asam lemak yang terkandung di *Chlorella sp* diantaranya adalah asam laurat (0,02%), asam stearat (29,50%), asam palminat (8,09%), asam oleat (2,41%), asam valerat (10,06%), asam palmitoelat (11,49%). *Chlorella sp* mengandung juga minyak squalene yang merupakan minyak yang sangat penting untuk kosmetik.

2.2.2. Morfologi Alga

Alga memiliki morfologi yang bermacam-macam tergantung spesies dan jenisnya karena merupakan organisme uniseluler dan multiseluler, ada beberapa jenis alga yang hanya memiliki satu sel, dan ada juga yang hidup berkoloni dan dianggap sebagai multisel. Alga, sebagaimana protista eukariotik yang lain, mengandung nukleus yang dibatasi oleh membran.

Benda-benda lain yang ada di dalamnya adalah pati dan butir-butir seperti pati, tetesan minyak dan vakuola. Setiap sel mengandung satu atau lebih kloroplas yang dapat berbentuk pita atau seperti cakram-cakram diskrit (satuan-satuan tersendiri) sebagaimana yang terdapat pada tumbuhan hijau. Di dalam matriks kloroplas terdapat gelembung-gelembung pipih bermembran yang dinamakan tilakoid. Membran tilakoid berisikan klorofil dan pigmen-pigmen pelengkap yang merupakan suatu reaksi cahaya pada fotosintesis (Pelczar & Chan, 2005).

2.2.3. Klasifikasi Alga

Terdapat beberapa divisi dalam klasifikasi alga. Berikut adalah pengelompokan berdasarkan warna pigmen yang terkandung dalam alga beserta habitat biasa jenis tersebut ditemukan dan jumlah flagel yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.:

Tabel 2.1. Klasifikasi Alga

Divisi	Nama Umum	Pigmen	Jumlah Flagel	Habitat
<i>Cyanophyta</i>	cyanobacteria ; mikroalga hijau-biru	klorofil-a, klorofil-c, betakaroten, dan xantofil	tidak ada	Air tawar, air laut, air payau
<i>ProChlorophyta</i>		Klorofil-a dan klorofil-b, 7 karotenoid	tidak ada	Air laut
<i>Chlorophyta</i>	mikroalga hijau	Klorofil a (klorofil-b kadang termasuk)	1, 2-8	Air tawar, air laut, air payau
<i>Charophyta</i>	stonewarts	klorofil-a, b, alpha, beta, dan gamma karoten, xantofil, thylakoid	2	Air tawar, air payau
<i>Euglenophyta</i>	euglonoid	klorofil-a, c, betakaroten, fukosantin, xantofil, thylakoid	1,2,3	Air tawar, air laut, air payau
<i>Phaeophyta</i>	mikroalga coklat	klorofil-a, c, betakaroten, fukosantin, xantofil, thylakoid	2	Air tawar (jarang), air laut, air payau
<i>Chrysophyta</i>	mikroalga emas dan hijau-kuning (termasuk diatoms)	klorofil-a, c, alpha dan betakaroten, minyak chrysolaminaran	1,2	Air tawar, air laut, air payau
<i>Phyrrhophyta</i>	dinoflagelata	klorofil-a, c, alpha dan betakaroten, xantofil, thylakoid	2	Air tawar, air laut, air payau
<i>Cryptophyta</i>	cryptomonads	klorofil-a, c, alpha dan betakaroten, fikobilin, thylakoid	2	Air tawar, air laut, air payau
<i>Rhodophyta</i>	mikroalga merah	klorofil -a, d, R-C-fikosianin, R-C-fikoeritrin, alfa, beta karoten, xantofil, thylakoid	tidak ada	Air tawar (beberapa), air laut, air payau

2.2.4. Periode Pertumbuhan Alga

Ganggang (Alga) bereproduksi terdiri atas dua cara yakni seksual dan aseksual. Reproduksi secara aseksual melalui pembelahan sel, fragmentasi, dan pembentukan zoospora. Sedangkan secara seksual melalui isogami dan oogami.

Dalam mengembangbiakkan alga, alga dapat dipanen dalam waktu singkat kurang lebih selama 7-10 hari alga sudah siap dipanen karena merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-30 μm , baik sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut yang lazim disebut fitoplankton. Di dunia mikrobia, mikroalga termasuk eukariotik, umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah (fikoeritrin). Morfologi mikroalga berbentuk uniseluler atau multiseluler tetapi belum ada pembagian tugas yang jelas pada sel-sel komponennya. Hal itulah yang membedakan mikroalga dari tumbuhan tingkat tinggi (Romimohtarto, 2004). Menurut Wulamni (2010), parameter pertumbuhan fitoplankton mencakup pH, Salinitas, suhu, cahaya, karbondioksida, nutrient dan aerasi.

2.2.5. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Alga

Semua jenis makhluk hidup memiliki faktor yang mempengaruhi tumbuh kembangnya, begitu juga dengan alga. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan alga antara lain :

1. Suhu

Suhu optimal untuk kultivasi mikroalga antara 24-30 $^{\circ}\text{C}$, dan bisa berbeda-beda bergantung lokasi, komposisi media yang digunakan serta jenis mikroalga yang dikultivasi. Namun sebagian besar mikroalga dapat mentoleransi suhu antara 16-35 $^{\circ}\text{C}$. Temperatur dibawah 16 $^{\circ}\text{C}$ dapat memperlambat pertumbuhan dan suhu diatas 35 $^{\circ}\text{C}$ dapat menimbulkan kematian pada beberapa spesies mikroalga. Sedangkan menurut Reynolds (1990), suhu optimal bagi pertumbuhan mikroalga adalah 25-40 $^{\circ}\text{C}$. Suhu perairan di Indonesia sangat mendukung pertumbuhan mikroalga yang dikultivasi pada kolam-kolam budidaya dan peningkatan suhu sebesar 10 $^{\circ}\text{C}$ (misalnya dari 10 $^{\circ}\text{C}$ ke 20 $^{\circ}\text{C}$) akan meningkatkan laju fotosintesis

maksimal (P_{max}) menjadi dua kali lipat. Secara tidak langsung, suhu menentukan struktur hidrologis perairan dalam hal kerapatan air (*water density*). Semakin dalam perairan, suhu akan semakin rendah dan kerapatan air meningkat sehingga menyebabkan laju penenggelaman fitoplankton berkurang.

2. Salinitas

Salinitas secara umum dapat disebut sebagai jumlah kandungan garam dari suatu perairan yang dinyatakan dalam permil (‰). Dalam Widigdo (2001) disebutkan bahwa pada umumnya salinitas disebabkan oleh tujuh ion utama yaitu natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), klorit (Cl), sulfat (SO₄), dan bikarbonat (HCO₃). Salinitas penting di perairan untuk mempertahankan tekanan osmosis antara tubuh organisme dan perairan. Variasi salinitas dapat menentukan kelimpahan dan distribusi fitoplankton. Salinitas merupakan salah satu parameter yang menentukan jenis-jenis fitoplankton yang terdapat dalam suatu perairan, tergantung dari sifat fitoplankton tersebut apakah eurihalin atau stenohalin. Secara umum, salinitas optimum bagi pertumbuhan mikroalga antara 25 – 35‰.

Selama pertumbuhannya fitoplankton dapat mengalami beberapa fase pertumbuhan (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995), yaitu :

a. Fase Lag (Fase Istirahat)

Dimulai setelah penambahan inokulum ke dalam media kultur hingga beberapa saat sesudahnya. Pada fase ini peningkatan paling signifikan terlihat pada ukuran sel karena secara fisiologis fitoplankton menjadi sangat aktif. Proses sintesis protein baru juga terjadi dalam fase ini. Metabolisme berjalan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat karena fitoplankton masih beradaptasi dengan lingkungan barunya.

b. Fase Logaritmik (Fase Eksponensial)

Fase ini dimulai dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan yang meningkat secara intensif. Bila kondisi kultur optimum maka laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai maksimal dan pola laju pertumbuhan dapat

digambarkan dengan kurva logaritmik. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), *Chlorella sp.* dapat mencapai fase ini dalam waktu 5-7 hari.

c. Fase Pengurangan Pertumbuhan

Pembelahan sel tetap terjadi pada fase ini, namun tidak seintensif fase sebelumnya, sehingga laju pertumbuhan juga mengalami penurunan dibandingkan fase sebelumnya.

d. Fase Stasioner

Pada fase ini laju reproduksi dan laju kematian relatif sama. Penambahan dan pengurangan jumlah fitoplankton seimbang sehingga kepadatannya relatif tetap (stasioner).

e. Fase Kematian

Fase ini ditandai dengan laju kematian yang lebih besar daripada laju reproduksi sehingga jumlah sel mengalami penurunan secara geometrik. Penurunan kepadatan sel fitoplankton ditandai dengan perubahan kondisi optimum yang dipengaruhi oleh suhu, cahaya, pH media, ketersediaan hara, dan beberapa faktor lain yang saling terkait satu sama lain.

2.2.6. Lipid dan Asam Lemak

Total kandungan minyak dan lemak dari mikroalga berkisar antara 1% sampai 70% dari berat kering. Kandungan lipid dalam mikroalga biasanya dalam bentuk gliserol dan asam lemak dengan panjang rantai C14 sampai C22. Mereka bisa tersaturasi atau tidak tersaturasi. Beberapa spesies mikroalga hijau-biru khususnya spesies berfilamen, cenderung memiliki konsentrasi asam lemak jenis PUFA (*polyunsaturated fatty acid*) yang tinggi (25% sampai 60%). Jenis mikroalga hijau-biru yang lain, terutama spesies yang menunjukkan fotoasimilasi CO₂ anoksigenik fakultatif dengan *sulfide* sebagai donor ion elektron, mengandung PUFA yang sangat sedikit dalam kandungan lemaknya.

Mikroalga eukariotik memiliki keunggulan dalam kandungan jenis MFA (*monosaturated fatty acid*) dan SFA (*saturated fatty acid*). Trigiserida merupakan salah satu jenis yang paling umum yang terkandung dalam minyak mikroalga dan bisa mencapai 80% dari total fraksi lipid. Disamping trigiserida, kandungan lipid utama lainnya adalah digliserida, monogalaktosil digliserida (MGDG), digalktosik digliserida (DGCG), letisin, fosfatidil gliserol, dan fosfatidil inositol.

Komposisi asam lemak mikroalga juga bervariasi secara kuantitatif dan kualitatif dengan kondisi pertumbuhan dan aspek ini akan didiskusikan kemudian. Selain asam lemak yang sudah disebutkan, mikroalga juga mensintesis beberapa kelas asam lemak yang baru seperti klorosulipid yang dilaporkan telah ditemukan dalam *Chrysophyceae*, *Chlorophyceae*, dan *Cyanophyceae*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kwaroe *et al.*, (2009), data tabel 2.1 dijabarkan kandungan senyawa asam lemak dalam beberapa spesies yang ada di laboratorium mikroalga Pusat Penelitian Surfactan dan Bioenergi LPMM IPB (Kwaroe *et al.*, 2009).

Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak dalam Beberapa Spesies Mikroalga

No	Nama Senyawa	Scenedesmus sp.	Chorella sp.	Nannochloropsis sp.	Isochrysis sp.	Nitzschia sp.	Tetraselmis sp.	Spirulina sp.
1	Asam kapriat	0,07	–	0,3	–	–	–	0,07
2	Asam laurat	0,22	0,02	0,99	–	2,04	0,18	0,08
3	Asam mysrilat	0,34	–	7,06	0,33	1,3	0,12	2
4	Asam Stearat	13,85	29,5	–	20,21	2,29	0,21	3,5
5	Asam palminat	20,29	8,09	23,07	0,93	11,52	1,05	17,28
6	Asam oleta	–	2,41	12,25	37,63	14,8	1,4	22,58
7	Asam valerat	–	10,06	–	–	–	–	–
8	asam margarit	–	–	–	34,25	0,05	–	–
9	Asam polmitoleat	9,78	2,15	42,32	–	0,07	–	0,24
10	Asam polmitolineat	–	–	–	2,06	0,16	–	–
11	Asam linoleat	25,16	45,07	2,47	–	6,37	0,57	9,93
12	Asam linolenat	16,16	11,49	–	–	–	–	–
13	Griserol trilaurat	3,73	–	–	–	46,5	–	–
14	Vinil laurat	35,52	–	–	–	46,7	–	–

Sumber : (Mukjizat Kwaroe, 2011) Mikroalga IPB Press

2.3. Parameter yang Mempengaruhi Pertumbuhan Alga

Terdapat empat parameter yang mempengaruhi pertumbuhan alga ini. Parameter ini menjadi acuan penting sebagai parameter yang mempengaruhi pertumbuhan alga.

2.3.1. Klorofil-a

Dring (1990) menyatakan bahwa klorofil-a merupakan satu-satunya pigmen yang dapat mendistribusikan energi cahaya yang mereka serap kepada proses fotosintesis, sementara pigmen-pigmen lainnya hanya mentransfer energi cahaya yang diserapnya ke klorofil-a. Oleh karena itu, secara umum dipercayai bahwa klorofil-a merupakan pigmen yang terlibat secara langsung dalam proses transformasi energi cahaya menjadi energi kimia.

Klorofil-a merupakan pigmen yang paling umum terdapat pada fitoplankton sehingga konsentrasi fitoplankton sering dinyatakan dalam konsentrasi klorofil-a. Konsentrasi klorofil-a di perairan dapat mewakili biomassa dari alga atau fitoplankton. Jumlah klorofil-a pada setiap individu fitoplankton tergantung pada jenis fitoplankton, oleh karena itu komposisi jenis fitoplankton sangat berpengaruh terhadap klorofil-a di perairan (Effendi dan Susilo, 1998).

Menurut Arinardi (1996), tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a fitoplankton dapat digunakan sebagai petunjuk kelimpahan sel fitoplankton dan juga potensi organik di suatu perairan. Klorofil-a digunakan sebagai indikator dari kelimpahan fitoplankton, sementara kelimpahan fitoplankton berhubungan dengan siklus alami dari ketersediaan nutrisi dan dengan input nitrat dan fosfat. Kandungan klorofil-a fitoplankton di suatu perairan dapat digunakan sebagai ukuran biomassa fitoplankton dan dijadikan petunjuk dalam melihat kesuburan perairan. Kualitas perairan yang baik merupakan tempat hidup dan berkembang yang baik bagi fitoplankton, karena kandungan klorofil-a fitoplankton itu sendiri dapat dijadikan indikator tinggi rendahnya produktivitas suatu perairan.

2.3.2. Intensitas Cahaya

Cahaya terutama cahaya matahari merupakan faktor penting dalam fotosintesis alga. Tanpa cahaya, alga tidak dapat berfotosintesis dan menghasilkan oksigen. Karena itu ketersediaan dan intensitas sangatlah penting. Kedalaman juga menjadi faktor penting terhadap intensitas cahaya yang diterima alga. Setiap peningkatan kedalaman akan ada penurunan intensitas cahaya yang diterima. Selain itu banyaknya biomassa atau alga yang terkandung dalam air juga mempengaruhi pemerataan intensitas cahaya yang diterima. Cahaya diserap oleh pigmen dalam alga yang kemudian disebarkan ke seluruh sel. Namun jika sel alga sudah jenuh dengan intensitas cahaya maka cahaya bias jadi dibiaskan ke tempat lain. (Shuterlands, dkk. 2015)

2.3.3. TSS

Total Suspended Solids (TSS) adalah konsentrasi padatan tersuspensi, dalam tangki aerasi selama proses lumpur aktif, yang terjadi selama pengolahan air limbah yang dilakukan dengan menggunakan metode Gravimetri. Tujuan dari analisis TSS adalah untuk mengetahui konsentrasi mikroorganisme alga sehingga diperoleh nantinya perbandingan biomassa dan alga pada reaktor. Unit TSS terutama diukur adalah dalam miligram per liter (mg/L). MLSS sebagian besar terdiri dari mikroba dan zat tersuspensi non – biodegradable.

Limbah yang kaya akan bahan organik mudah terurai merupakan media tumbuh mikroorganisme yang baik, karena mengandung berbagai zat organik dan inorganik yang esensial untuk menunjang pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme memegang peranan penting dalam daur unsur melalui kemampuannya dalam menguraikan dan memineralisasi bahan-bahan organik.

2.4. Hubungan Alga dan Nutrient

Unsur hara merupakan faktor penting dalam proses pertumbuhan dan reproduksi fitoplankton. Kandungan nutrisi dapat mempengaruhi kelimpahan fitoplankton dan sebaliknya fitoplankton yang padat dapat menurunkan kandungan

nutrien dalam air. Perubahan komposisi fitoplankton selanjutnya dapat mempengaruhi komposisi zooplankton dan komunitas plankton secara keseluruhan dalam suatu ekosistem. Nitrogen dan fosfor merupakan nutrien yang paling berpengaruh terhadap produksi fitoplankton. Kedua unsur tersebut menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Hal ini dikarenakan kedua unsur tersebut dibutuhkan dalam jumlah banyak, tetapi keberadaannya sedikit di perairan. Odum (1971) membagi nutrien yang dibutuhkan oleh tumbuhan menjadi makro dan mikro nutrien. Fitoplankton dalam pertumbuhannya memerlukan unsur hara makro (C, H, O, N, S, P, Mg, Ca, Na, Cl) dan unsur mikro (Fe, Mn, Cu, Zn, Si, Mo, V dan Co) (Reynolds, 1990). Unsur N dan P sebagai faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton di perairan alami, bila dalam jumlah yang berlebih maka keduanya bisa menjadi penentu terjadinya pertumbuhan fitoplankton yang sangat pesat (*blooming*).

2.5. Alga Sebagai Bahan Baku Biodiesel

Alga dapat tumbuh cepat, bahkan dalam waktu tujuh hari sudah bisa panen (Cohen, 1999). Sementara tanaman jarak pagar misalnya, enam bulan baru bisa dipanen, dengan waktu efektif mencapai tiga tahun. Luas lahan budidaya mikroalga juga dapat dimaksimalkan dengan bantuan teknologi fotobioreaktor. Dari segi kualitas, mikroalga merupakan mikroorganisme laut dengan kandungan minyak tinggi (mencapai lebih dari 50%), bahkan spesies mikroalga yang hidup di air tawar, *Botryococcus braunii* memiliki kandungan lemak hingga 70%.

Pembuatan biodiesel dapat berasal dari berbagai bahan yang memiliki kandungan minyak yang cukup tinggi baik dari tumbuhan dan mikroalga. Kandungan minyak mikroalga yang cukup tinggi merupakan salah satu alasan pengembangan biodiesel dari mikroalga oleh negara-negara maju di Eropa, selain alasan yang terkait dengan lingkungan.

Komposisi asam lemak pada mikroalga yang sangat bervariasi menyebabkan karakteristik biodiesel yang dihasilkan juga beragam. Biodiesel dapat menjadi alternatif bahan bakar yang menjanjikan, dengan mengkonversi

minyak dari sumber bahan baku menjadi biodisel melalui berbagai metode, salah satu metode paling sederhana adalah esterifikasi – transesterifikasi.

Mikroalga merupakan mikro organisme yang menjadi salah satu sumber minyak terbaik di dunia dan mikroalga yang sering dipakai untuk menghasilkan biodiesel adalah *Chlorella sp.* Hal ini dikarenakan *Chlorella sp.* dalam kondisi kering memiliki kadar lemak yang lebih tinggi dari pada kondisi basah, yaitu 17.18% (Raachmaniah, dkk. 2010). Pada Tabel 2.3 disajikan kandungan *Chlorella sp.* yang menjadi salah satu potensi penghasil biodiesel.

Tabel 2.3 Kandungan *Chlorella sp.* (Rachamniah, dkk. 2010)

Komponen (% berat)	Hasil Analisa	
	Basah	Kering
Protein	0,48	0,79
Minyak	4,24	17,18
Kadar Air	71,8	N.A
Lain-lain	23,48	N.A

N.A : Not Analyzed

2.6. Faktor yang Mempengaruhi Minyak Alga

Faktor lingkungan yang mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan perolehan sel dalam kultivasi juga berdampak pada kadar lipid dan minyak serta komposisinya dalam mikroalga. Faktor yang paling mudah diketahui sampai saat ini adalah pembatasan nitrogen. Sebagian besar, namun tidak semua, pertumbuhan sel mikroalga bisa tumbuh di bawah kondisi N yang terbatas. Pengecualian untuk hal ini terlihat pada alga hijau *Dunaliella sp* dan *Tetraselmis suecica*, dimana pemiskinan N memiliki efek yang sangat kecil atau bahkan tidak ada terhadap kandungan lipid.

2.7. Keutamaan Alga

Selama ini mikroalga sudah dikenal luas sebagai bahan obat-obatan yang dimanfaatkan untuk mengobati dan mencegah berbagai macam penyakit. Mikroalga mengandung protein lemak asam lemak tak jenuh, pigmen, dan vitamin. Kandungan yang ada di dalamnya sangat berguna untuk kesehatan manusia sebagai

sumber gizi penting. Beberapa jenis mikroalga yang sudah sangat luas pemanfaatannya adalah *Chlorella sp.* yang mengandung protein sekitar 40-60% dari berat kering. Selain itu mikroalga ini juga mengandung asam lemak tak jenuh omega-3 eikosapentaenoat DHA dan eikosa-heksanoat DHA yang berfungsi untuk menurunkan kolesterol dalam darah.

Kandungan lemak (lipid) dan asam lemak (*fatty acid*) yang ada didalam mikroalga merupakan sumber energi kandungan ini dihasilkan dari proses fotosintesis yang merupakan hidrokarbon dan diduga dapat menghasilkan energi yang belum digali dan dimanfaatkan sepenuhnya.

Melalui beberapa proses terjadinya fotosintesis maupun fermentasi mikroalga mampu menghasilkan energi hidrogen. Hasil ini sangat mudah dikonversi menjadi panas, listrik, bahan bakar, dan tanpa menghasilkan senyawa beracun sebagai hasil samping seperti halnya bahan bakar yang ada saat ini. Akumulasi lemak yang terjadi di dalam tubuh mikroalga memiliki kecenderungan untuk mengalami peningkatan jika organisme tersebut berada pada kondisi lingkungan yang mengalami tekanan. Selain itu kandungan lemak yang terdapat pada mikroalga sangat bervariasi tergantung dari kondisi lingkungan tempat tumbuhnya mikroalga tersebut. Pada beberapa kasus, kandungan lemak akan mengalami peningkatan sebagai akibat dari kondisi lingkungan yang kurang baik dan dirincikan oleh kandungan nutrisi yang rendah seperti kondisi kekurangan unsur nitrogen. Dan pada kondisi Indonesia yang sedang mengalami krisis energi, maka alternatif potensi kandungan bahan bakar biofuel yang berasal dari mikroalga ini menjadi sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan.

Pemilihan mikroalga sebagai alternatif pembuatan biofuel adalah karena komposisi kandungan minyak alami yang dimilikinya sangat unik untuk menghasilkan biofuel. Meskipun mikroalga adalah tumbuhan yang memiliki tingkatan paling primitif, namun mekanisme fotosintesisnya bersama dengan tumbuhan tingkat tinggi, bahkan kemampuannya untuk mengkonversi energi matahari jauh lebih efisien karena struktur selulernya yang lebih sederhana.

Habitat mikroalga di lingkungan perairan merupakan faktor pendukung yang efektif dan efisien dalam mengakses air, CO₂, dan nutrisi yang dibutuhkan

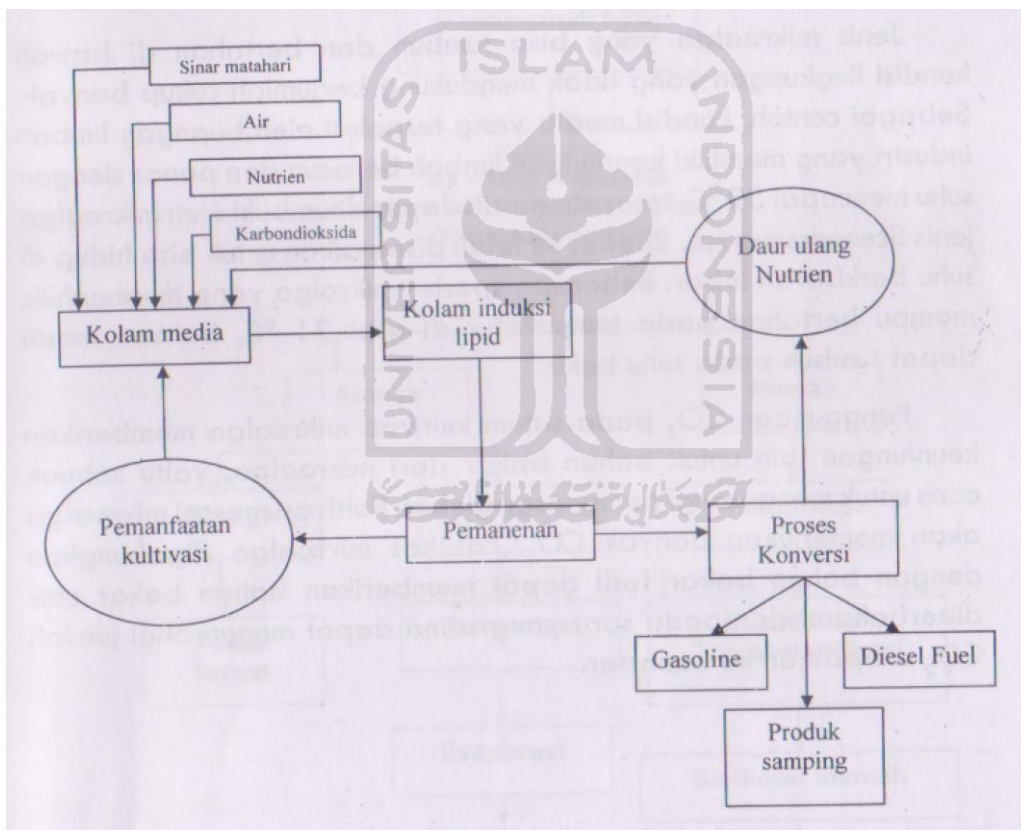
untuk proses fotosintesis. Hal ini yang membuat mikroalga dapat menghasilkan minyak 30 kali lebih banyak dari pada biofuel yang berasal dari tumbuhan lain dalam satuan luas lahan yang sama, berdasarkan hasil penelitian, komposisi kandungan mikroalga yang telah dikeringkan terdiri dari 40% karbon (C), 50% nitrogen (N), dan 1% fosfat (P). Dan untuk 1 kg alga membutuhkan masukan 1,7 kg karbon dioksida CO₂ (Schulyt, 2006)

Pada kondisi normal pertumbuhan mikroalga mampu memproduksi karbohidrat, protein, dan lipid. Lipid memiliki struktur yang sama untuk berbagai bahan bakar cair, walaupun lebih banyak oksigen dan lebih kental daripada minyak mentah. Isi sel lipit normal berkisar antara 5,96 sampai 20,96% dari total berat kering. Persentase ini dapat meningkat dalam keadaan tertentu. Sebagai contoh, jika sel-sel dari beberapa spesies membutuhkan nutrien, mikroalga akan berhenti tumbuh dan membagi serta mentransfer sebagian besar dari energinya untuk memproduksi lipid sebagai penyimpanan produk dalam mempertahankan hidupnya. Dengan kondisi tersebut, beberapa jenis dapat mengumpulkan lebih dari 60,96% beratnya sebagai lipid. Pemikiran tentang penggunaan energi dari mikroalga bukan merupakan hal yang baru. Produksi gas metana dari mikroalga yang diperoleh dari pengolahan kandungan karbohidratnya sudah dilakukan sejak beberapa tahun yang lalu. Dewasa ini, ide penggunaan pecahan lipid dari sel untuk menghasilkan bahan bakar cair baru dikembangkan lebih lanjut.

Proses mendasar dalam meningkatkan produksi lipid dari mikroalga ditunjukkan pada Gambar 2.2, sejumlah mikroalga dibutuhkan di kolam. Mikroalga yang sudah mencapai umur 4 hari kemudian ditransfer ke dalam kolam induksi lipid dimana kondisi kultivasi, seperti nutrien dibutuhkan sampai minimal atau nutrient yang tidak diberikan sama sekali sehingga lipid yang diproduksi mengalami peningkatan. Selanjutnya, sel mikroalga yang sudah bisa dipanen akan dikeringkan dan di ekstrak lipidnya. Nantinya lipid akan diubah menjadi energi bahan bakar. Dua cara untuk mengkonversi lipid menjadi minyak adalah transesterifikasi dan katalis konversi.

Produk energi yang dihasilkan dari mikroalga berasal dari kandungan lipid yang ada di dalam selnya. Sisa dari ekstraksi lipid yang telah dilakukan untuk

mengambil minyak mikroalga masih bisa digunakan untuk menghasilkan metana dan CO₂. Proses yang dilakukan adalah secara anaerobik. Kandungan lipid yang telah diekstraksi dari sel mikroalga berupa disel. Kandungan karbohidrat yang masih tersisa di dalam sel dapat diperoleh melalui proses anaerobik untuk menghasilkan metana dan CO₂ yang dapat digunakan sebagai energi dalam bentuk gas dan cair (etanol). Dengan pertumbuhan yang cepat, mikroalga menawarkan keuntungan sebagai sumber energi alternatif karena relatif mudah untuk dikelola. Mikroalga tumbuh hampir di mana saja dan hanya memerlukan cahaya, CO₂, dan sedikit gizi anorganik.



Sumber : (Mukjizat Kawaroe, 2011) Mikroalga IPB Press

Gambar 2.2 Proses Dasar Meningkatkan Produksi Lipid dari Alga

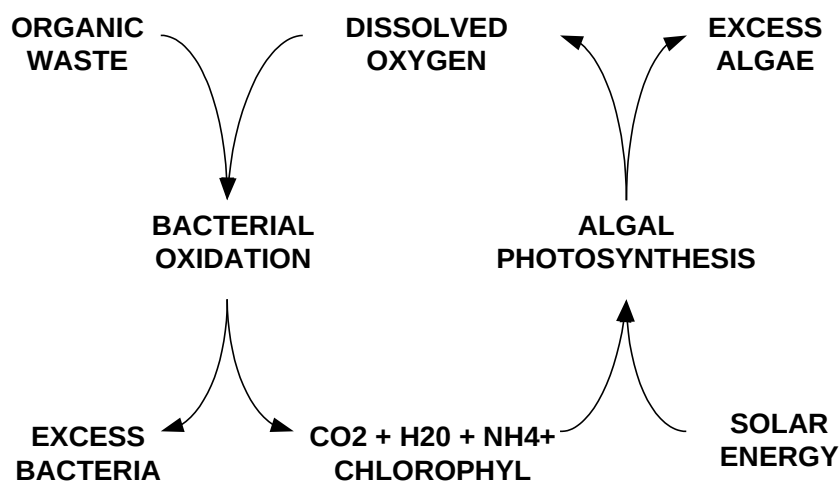
Jenis mikroalga yang bisa tumbuh dan bertahan di bawah kondisi lingkungan yang tidak mendukung berjumlah cukup banyak. Sebagai contoh, kondisi media yang terpolusi oleh buangan limbah industri yang memiliki

kandungan limbah beracun dan panas dengan suhu mencapai 50 derajat Celcius, ternyata masih dapat ditumbuhi oleh mikroalga jenis *Senedesmus sp.* Spesies ini telah disesuaikan untuk bisa hidup di suhu berkisaran lebar. Beberapa spesies mikroalga yang thermophilic mampu bertahan pada temperatur di atas 70⁰ C bahkan masih dapat tumbuh pada suhu beku.

Penggunaan CO₂ pada sistem kultivasi mikroalga memberikan keuntungan lain untuk bahan bakar dari mikroalga, yaitu sebuah cara untuk mengurangi pemanasan global. Kultivasi masal mikroalga akan memerlukan banyak CO₂. Fasilitas mikroalga digabungkan dengan bahan bakar fosil dapat memberikan bahan bakar cair diperbarui dan pada saat yang sama dapat mengurangi jumlah CO₂ dilepaskan ke atmosfer.

2.8. Oxidation Ditch

Oxidation ditch adalah bak berbentuk parit yang digunakan untuk mengolah air limbah dengan memanfaatkan oksigen (kondisi aerob). Kolam oksidasi ini biasanya digunakan untuk proses pemurnian air limbah setelah mengalami proses pendahuluan. Fungsi utamanya adalah untuk penurunan kandungan bakteri yang ada dalam air limbah setelah pengolahan. Adapun detail *Oxidation Ditch* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat di lampiran.



Gambar 2.3 Siklus alga pond

Pengolahan air limbah yang banyak diterapkan, baik untuk air limbah domestik maupun air limbah industri, apalagi air limbah yang kaya warna seperti tekstil adalah *activated sludge*. Meskipun relatif lebih mahal biaya investasi dan operasional perawatannya, namun *activated sludge* lebih banyak dibuat daripada proses pengolahan air limbah secara anaerob. Sebabnya adalah kemudahan dalam “beternak” bakteri aerob dibandingkan dengan bakteri anaerob yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti temperatur, pH, materi toksik dalam air limbah, variasi beban organik dan hidrolis, dll. Selain itu, variasi *activated sludge* juga sangat banyak, mencapai belasan varian sehingga banyak pula peluang untuk memilihnya. Salah satunya adalah *oxidation ditch*.

Secara etimologis, frase tersebut berasal dari dua kata dasar, yaitu oxide dan ditch. Oxide berkaitan dengan oksigen dan ditch berarti saluran, selokan, parit, kanal. Menurut istilah, *oxidation ditch* adalah bak berbentuk parit yang digunakan untuk mengolah air limbah dengan memanfaatkan oksigen (kondisi aerob). Namun istilah ini sering disalahartikan atau dipertukarkan dengan istilah *oxidation pond* yang merupakan kolam oksidasi atau sering juga disebut *stabilization pond*.



Gambar 2.4 *Oxidation Ditch*

Di unit ini oksigen yang diperoleh bakteri berlangsung secara alami tanpa bantuan alat mekanis semacam aerator sehingga di bagian bawahnya terjadi kondisi anaerob. Kondisi septik ini tidak terjadi pada ditch yang bekerja optimal. Begitu

pula, di dalam *ditch* terjadi pengadukan yang nyaris sempurna (*complete mixing*), jauh lebih teraduk daripada pond, terutama di sekitar rotornya. Rotor inilah yang mendukung pengadukan, sirkulasi, aerasi dan oksidasi air limbah dan merupakan modifikasi *kessener brush aerator* (jenis aerator yang dipasang memanjang di pinggir saluran).

2.9. Penelitian Sebelumnya

Sebelum dilakukan penelitian ini terdapat penelitian-penelitian sebelumnya dalam melihat potensi bioenergi *oxidation ditch* alga reaktor dalam penurunan limbah perkotaan. Pengukuran berat basah dan kering, ekstrak minyak dan biomassa dari alga, dapat di lihat pada tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2.4. Penelitian Sebelumnya

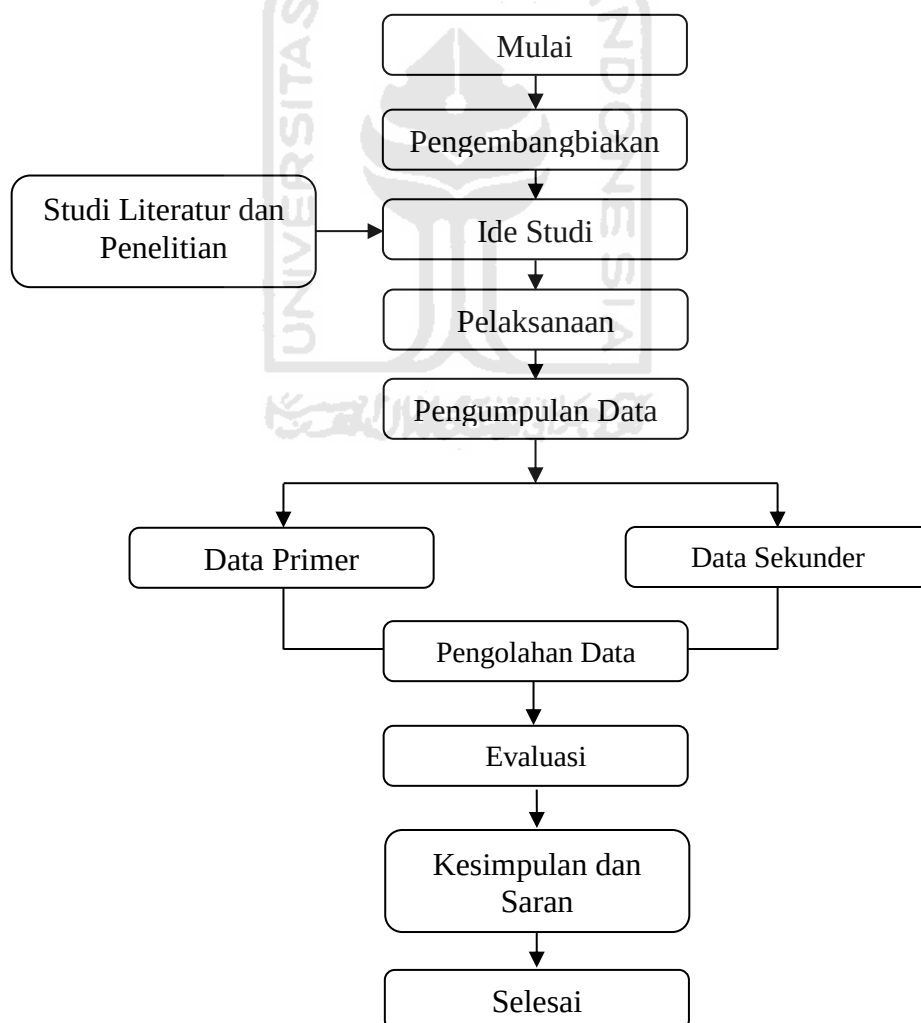
Peneliti	Judul Penelitian
Sharif Hossain (2008)	Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy
Carolina Vieira Viêgas (2014)	A route to produce renewable diesel from algae: Synthesis and characterization of biodiesel via in situ transesterification of Chlorella alga and its catalytic deoxygenation to renewable diesel
Jyoti Prakash Maity (2014)	The production of biofuel and bioelectricity associated with wastewater treatment by green algae

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

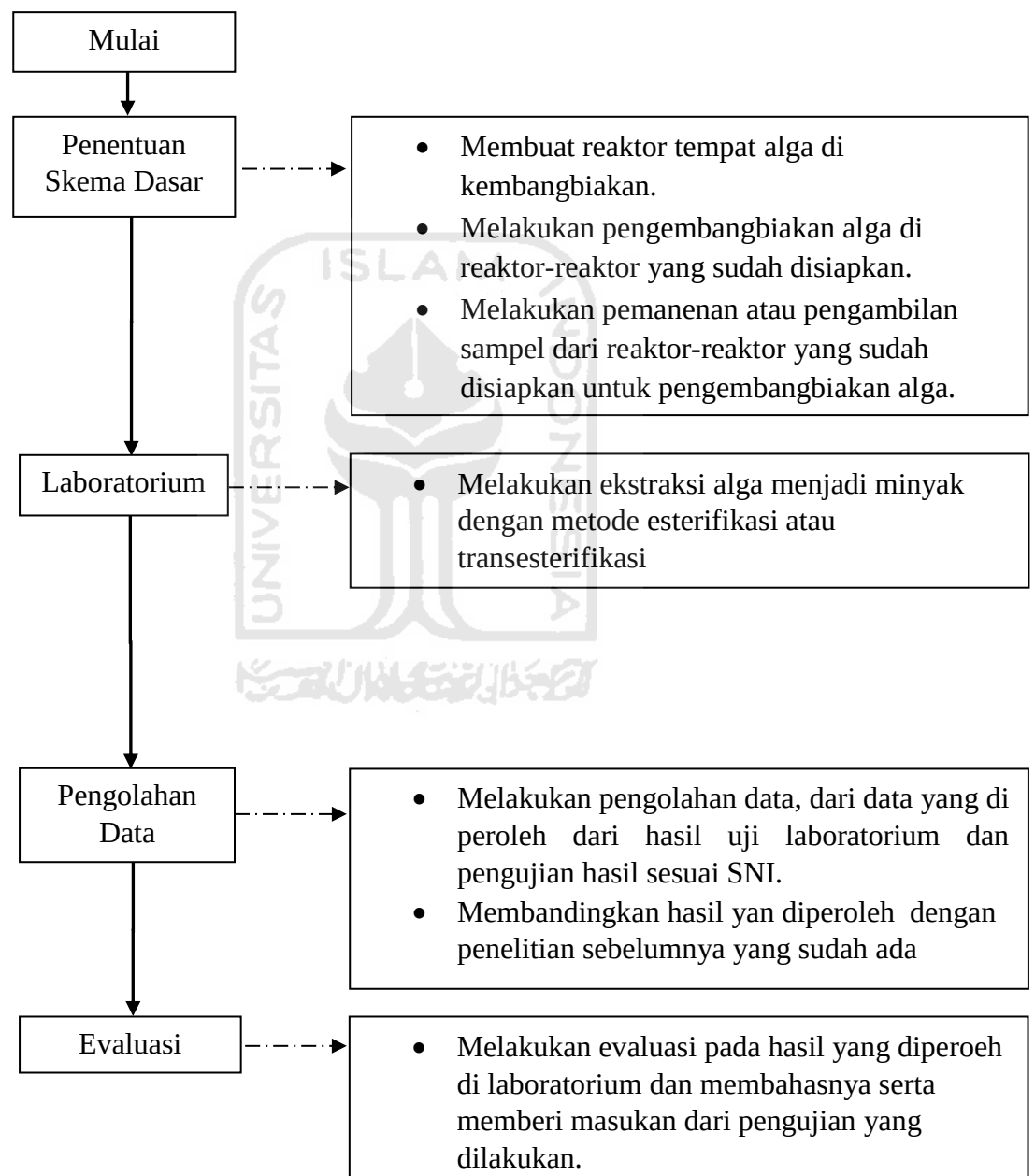
Tahapan penelitian dimulai dari pengembangbiakan alga yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, yang kemudian dilakukan penelitian yang dimaksudkan untuk memanfaatkan alga hijau menjadi biodisel. Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah menyusun laporan tugas akhir. Kerangka penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian

3.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram penelitian tentang pembuatan biodisel dari alga jenis *Chlorella sp.* dari hasil pengembangbiakan secara mandiri di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia sebagai bahan baku alternatif biodisel yang nantinya di campur dengan solar dapat dilihat pada Gambar 3.3. dibawah ini :



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

3.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, dan Laboratorium FMIPA Universitas Islam Indonesia, D.I.Yogyakarta

3.4. Pengumpulan Data

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kadar minyak yang terdapat di dalam alga. Selain itu dilakukan juga pengujian untuk parameter tambahan yang menjadi variabel tambahan yaitu klorofil-a, intensitas cahaya, dan TSS. Aerasi dilakukan dengan *brush aerator* yang terpasang dalam reaktor. Dalam reaktor sendiri telah terpasang *paddle* yang memungkinkan adanya pengadukan dengan rotasi 61 rpm. Pengujian kadar minyak dilakukan setiap tiga sampai empat hari selama tiga belas hari pada reaktor dengan limbah greywater dan limbah artifisial.

Penelitian dilakukan dalam reaktor yang sama namun dalam hari yang berbeda. Alga yang digunakan berasal dari kolam ikan dengan kondisi alga sehat, setelah diambil kemudian dilakukan uji menggunakan mikroskop untuk mengetahui spesies alga yang digunakan serta alga yang paling dominan yang ada dalam air.



(a)

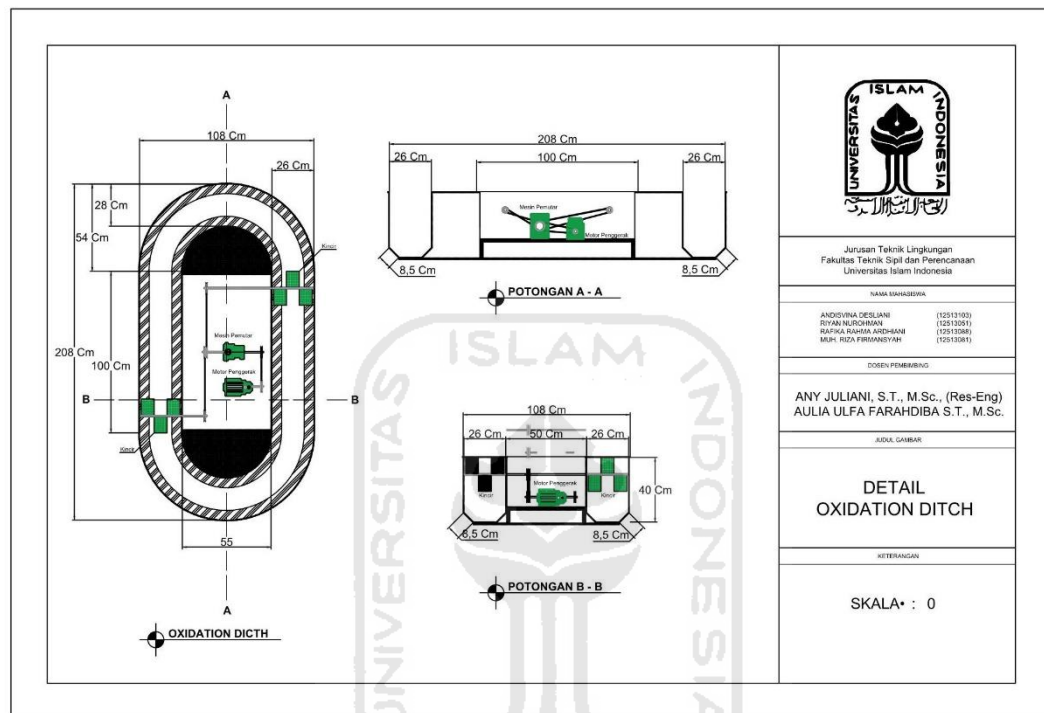


(b)

Gambar 3.3

- a. Reaktor *oxidation ditch* sebelum terisi air
- b. Reaktor *oxidation ditch* setelah terisi air

Alga dipersiapkan dengan proses *seeding* dan aklimatisasi terlebih dahulu agar mendapatkan konsentrasi klorofil-a yang tinggi. Setelah konsentrasi klorofil-a dalam masing-masing reaktor dilihat secara visual cukup tinggi running pun siap dilakukan.



Gambar 3.4 Detail *Oxidation Ditch* Alga Reaktor

3.5. Limbah Artifisial

Penggunaan limbah artifial memiliki tujuan mendapatkan karakteristik limbah yang paling sesuai dengan alga, baik nutrien yang terkandung maupun sifat-sifat limbah yang diperlukan. Limbah artifisial adalah limbah yang menggunakan satu atau dua ciri pada makhluk hidup. Sistem ini disusun dengan menggunakan ciri-ciri atau sifat-sifat yang sesuai dengan kehendak peneliti atau sifat lainnya. Misalnya klasifikasi tumbuhan dapat menggunakan dasar habitat (tempat hidup) atau berdasarkan perawakan (berupa pohon, perdu, semak, ternak dan memanjat).

Pembuatan limbah artifisial dilakukan dengan menambahkan pupuk NPK pada air yang dianggap sebagai limbah artifisial atau limbah buatan. Penggunaan limbah buatan ini dilakukan karena pupuk NPK dan pupuk urea yang memiliki

kandungan 3 unsur hara makro N, P, dan K sekaligus mengandung unsur hara mikro CaO dan MgO. Kelima unsur tersebut sangat berperan penting bagi pertumbuhan tanaman, karena pada dasarnya alga adalah tumbuhan dalam bentuk primitif sehingga sifat-sifat dasar tumbuhan sama seperti sifat-sifat alga pada umumnya.

3.6. Seeding dan Aklimatisasi

Seeding bertujuan untuk memperoleh konsentrasi alga yang diinginkan untuk penelitian. Kultur alga hasil *seeding* kemudian akan melalui tahap aklimatisasi. Tahap aklimatisasi bertujuan untuk menyesuaikan kondisi alga hasil *seeding* dengan air limbah.

Seeding dan aklimatisasi terlebih dahulu dilakukan agar mendapatkan alga yang siap digunakan dalam penelitian pada reaktor yang sudah dipersiapkan sebelumnya, sehingga diperoleh konsentrasi klorofil-a yang tinggi. *Seeding* dilakukan dengan menambahkan gula dan pupuk NPK. Gula ini sebagai COD dan pupuk NPK sebagai kandungan nutrisi. Aklimatisasi dilakukan untuk menyesuaikan alga dengan kondisi aslinya. Aklimatisasi ini merupakan lanjutan dari hasil *seeding* yang dilakukan kurang lebih selama seminggu. Hasil dari *seeding* dan aklimatisasi hanya dapat dilihat secara visual saja. Pada awal dilakukan *seeding* warna sampel hijau tipis. Setelah beberapa hari warna sampel berubah menjadi hijau pekat ini diindikasikan bahwa alga tumbuh dengan cepat sehingga siap untuk dilakukan *running*.

3.7. Metode Pengambilan Contoh dan Pengawetan Sampel

Metode pengambilan contoh dan pengawetan sampel ini dilakukan mengacu pada metode pengambilan contoh dan pengawetan sampel pada SNI 06-2412-1991 tentang metode pengambilan contoh kualitas air. Dengan menyesuaikan parameter yang akan diambil dan diawetkan pada penelitian yang akan dilakukan.

3.8. Metode Klasifikasi Alga

Analisis sampel alga dilakukan di laboratorium. Sebelum pengamatan, disiapkan mikroskop, pipet tetes, kaca preparat, dan botol sentrifuge. Klasifikasi

fitoplankton dilakukan dengan menggunakan pipet untuk mengambil 10 ml sampel air alga lalu dimasukan dalam tabung sentrifuge yang kemudian diputar dengan alat sentrifuge selama 15 menit dengan kecepatan 2000 rpm. Selanjutnya endapan di dasar tabung sentrifuge diamati dengan meneteskan pada kaca preparat, kemudian ditutup menggunakan kaca objek agar tidak mengganggu pengamatan. Sampel diamati dengan batuan mikroskop dengan perbesaran 1600 kali dan diatur cahaya yang masuk. Hasil pengamatan berupa jenis fitoplankton yang paling dominan pada sampel.

3.9. Metode Pengujian TSS

Untuk pengujian TSS mengacu pada SNI 06-6989.3-2004 tentang pengujian padatan tersuspensi total *Total Suspended Solid* (TSS) secara gravimetri.

3.10. Metode Klorofil-a

Untuk pengujian klorofil-a mengacu pada SNI 06-4157-1996 tentang pengujian kadar klorofil-a fitoplankton dalam air dengan spektrofotometer. Setelah didapatkan hasil absorbansi, rumus untuk menghitung kadar klorofil-a fitoplankton adalah sebagai berikut :

$$\text{Klorofil-a} = \frac{(26,7 (A-B) \times V_e)}{V_s \times L} \text{ mg/m}^3$$

Keterangan :

- Angka 26,7 = Konstanta (koreksi) serapan masuk
- A = Selisih kerapatan optik sebelum pengasaman
- B = Selisih kerapatan optik setelah pengasaman
- Ve = Volume benda uji (l)
- Vs = Volume contoh uji (m³)
- L = Bagian transparan atau lebar kuvet (cm)

3.11. Metode Pengujian Minyak

Untuk pengujian minyak mengacu pada SNI 6989.10:2011 tentang uji minyak nabati dan mineral secara gravimetri. Dimana setelah biomasa dipanen dengan metode filter, sentrifugasi, dan flokulasi, kemudian dikeringkan. Sebelum minyak diekstrak, biomasa. Ekstraksi yang umum dilakukan adalah ekstraksi pelarut dengan hexane, ethanol maupun campuran hexane-ethanol.

Ekstraksi minyak alga dapat di ambil dengan menggunakan *benzema ether*, *dan heksana* dan kemudian dipisahkan prinsip evaporasi. Evaporasi didasarkan pada proses pendidihan secara intensif yaitu (1) pemberian panas ke dalam cairan, (2) pembentukan gelembung-gelembung (*bubbles*) akibat uap, (3) pemisahan uap dari cairan, dan (4) mengkondensasikan uapnya. Evaporasi atau penguapan juga dapat didefinisikan sebagai perpindahan kalor ke dalam zat cair mendidih. Evaporasi dilaksanakan dengan cara menguapkan sebagian dari pelarut pada titik didihnya, sehingga diperoleh larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Uap yang terbentuk pada evaporasi biasanya hanya terdiri dari satu komponen, dan jika uapnya berupa campuran umumnya tidak diadakan usaha untuk memisahkan komponen komponennya menggunakan Evapor waterbath, proses selanjutnya dalam pembuatan biodiesel adalah konversi minyak alga menjadi, biodiesel. Proses konversi minyak alga ke biodiesel dapat menggunakan metode transesterifikasi menggunakan katalis asam/basa.

3.12. Analisis Data

Setelah dilakukan percobaan dan diperoleh data, dilakukan analisa terhadap data yang diperoleh. Data dianalisa untuk mengetahui seberapa besar kadar minyak yang terdapat dalam alga hasil penelitian ini, dengan mengkorelasikan data penunjang lainnya seperti TSS, intensitas cahaya dan klorofil-a akan banyaknya kandungan minyak yang terdapat dalam alga. Hal ini dilakukan guna mengetahui hubungan antara kadar minyak dari alga yang diperoleh dari pengolahan limbah *greywater* di dalam *Oxidation Ditch*.

Dalam analisis korelasi yang dicari adalah koefesien korelasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen dengan variabel

dependen atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Adapun rumus yang digunakan menurut Sugiyono (2012) adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{\{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2\} \times \{n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2\}}}$$

Keterangan :

- r & n = Koefisien korelasi, dan knya pasangan data X dan Y
 ΣX & ΣY = Total Jumlah variabel X, dan Total Jumlah variabel Y
 ΣX^2 = Kuadrat dari total jumlah variabel X
 ΣY^2 = Kuadrat dari total jumlah variabel Y
 ΣXY = Hasil perkalian dari total jumlah variabel X dan variabel Y

Hasil Perhitungan akan memberikan tiga alternatif, yaitu:

- Apabila nilai r mendekati positif (+) satu variabel berarti variabel X mempunyai hubungan yang kuat dengan positif terhadap variabel Y.
- Apabila nilai r mendekati negatif (-) berarti variabel X mempunyai pengaruh yang kuat dan negatif terhadap perkembangan variabel Y.
- Apabila nilai r mendekati nol (0) maka variabel X kurang mempengaruhi terhadap perkembangan variabel Y, hal ini berarti bahwa bertambahnya atau berkurangnya variabel Y tidak mempengaruhi variabel X.

Untuk dapat memberikan penafsiran besar kecilnya koefisien korelasi, dapat berpedoman pada ketentuan tabel berikut ini:

Tabel 3.1 Pedoman untuk memberikan interpretasi terhadap koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat kuat

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1. Umum

Dalam penelitian yang dilakukan di laboratorium ekstraksi minyak dari alga dilakukan dengan menggunakan campuran hexane-ethanol. Sedangkan proses konversi minyak alga ke biodiesel dilakukan dengan metode transesterifikasi menggunakan katalis asam/basa. Dimana terdapat 4 sampel yang diperlakukan sama guna melihat perbandingan kadar minyak setiap 3 harinya.

Dalam penelitian yang dilakukan ini, limbah yang digunakan jenis air limbah greywater, untuk mengetahui tingkatan pemanfaatan alga pada *greywater* perkotaan. Penelitian yang pertama dilakukan menggunakan air limbah greywater yang diambil dari air limbah kantin Mawar Universitas Islam Indonesia. Penelitian kedua, menggunakan air limbah artifisial yang menggunakan air bersih dari kran yang kemudian ditambahkan nutrisi berupa pupuk NPK yang bisa didapatkan di toko pertanian.

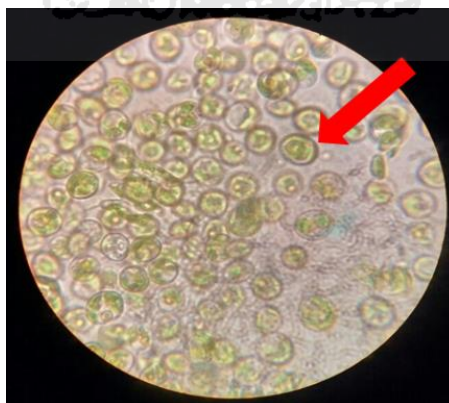
4.1.1. Jenis Alga

Identifikasi taksonomi mikroalga berkaitan penting dengan kandungan protein, karbohidrat serta minyak alami pada tiap-tiap jenis. Selain itu kegiatan kultivasi mikroalga memungkinkan terjadinya kontaminasi dengan mikroorganisme asing. Misalnya saja dari jenis mikroalga yang lain maupun bakteri, protozoa, dan sebagainya. Sel mikroalga di dalam kultivasi bisa juga mengalami perubahan-perubahan bentuk, ukuran, dan pergerakan selama tahapan siklus hidupnya atau karena kondisi kultivasi. Dengan adanya kemungkinan perubahan ini, maka diperlukan identifikasi jenis yang hendak dipilih sebagai jenis yang akan diproduksi dalam kultur mikroalga. Dengan demikian pengetahuan tentang identifikasi jenis mikroalga baik untuk menanggulangi kontaminan lain maupun yang belum diketahui jenisnya, sangat diperlukan bagi ahli budi daya perikanan pada umumnya.

Mikroalga diklasifikasikan sebagai tumbuhan karena mengandung klorofil dan mempunyai suatu jaringan sel menyerupai tumbuhan, tingkat tinggi. Sebagian besar klasifikasi pada semua jenis sel tunggal dari organisme eukariotik dan multisel alga (termasuk mikroalga) masuk dalam Kingdom Protista.

Melalui pendekatan suatu skema klasifikasi, jenis mikroalga didefinisikan dari kesamaan morfologi dan biokimia. Kesulitan dalam indentifikasi mikroalga, yaitu beberapa *strain* tidak dapat dibedakan dengan dilihat di bawah pencahayaan mikroskop dan teknik biokimia. Kendati demikian secara umum dengan menggunakan pencahayaan mikroskop, pengelompokan didalam grup taksonomi secara ciri-ciri makro, suatu detail deskripsi dan hasil foto morfologi dari sel alga yang penting dengan organisme-organisme lainnya dapat dilakukan indentifikasi jenis mikroalga yang dibutuhkan untuk tujuan produksi bahan bakar nabati dari mikroalga.

Pada penelitian ini, alga yang digunakan adalah mikroalgae non-selektif, dimana alga diambil di perairan air tawar, alga diperoleh dari salah satu kolam ikan warga di Jl. Kaliurang Km. 23 yang kemudian dianalisis jenisnya dengan menggunakan mikroskop. Hasil pengamatan berupa jenis alga yang paling dominan yang ada dalam air kolam tersebut. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Hasil foto menggunakan mikroskop

Jenis mayoritas alga yang digunakan dalam penelitian ini telah teridentifikasi spesies *Chlorella*, *sp.* yang termasuk dalam kategori ganggang hijau. Hasil dari

pengamatan dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x. *Chlorella* sp. merupakan alga yang bersel tunggal (uniseluler), berukuran mikroskopis, dengan diameter selnya berukuran 2-8 mikrometer, dan berbentuk bulat seperti bola dan bulat telur (Suriawiria, 1987). Dimana salah satu sumber penghasil minyak biodiesel yang belum digali manfaatnya adalah *Chlorella* sp yang mengandung minyak sekitar 28-32 % dari berat kering yang dapat digunakan untuk mengkatalisis *triglyceride* menjadi *methyl ester* (biodiesel) dengan mekanisme transterifikasi.

4.2. Analisa Klorofil-a Pada Alga

Klorofil-a merupakan pigmen yang paling umum terdapat pada fitoplankton sehingga konsentrasi fitoplankton sering dinyatakan dalam konsentrasi klorofil-a (Parsons dkk, 1984). Pada pengujian Klorofil-a yang dilakukan menggunakan Spektrofotometer Double Beam dimana Penyerapan cahaya maksimal klorofil-a dilakukan pada kisaran 430 nm hingga 662 nm. Hasil pengujian pada masing-masing jenis limbah selama 13 hari baik limbah artifisial maupun greywater dapat dilihat pada Tabel 4.1. :

Tabel 4.1 Data hasil pengujian klorofil-a

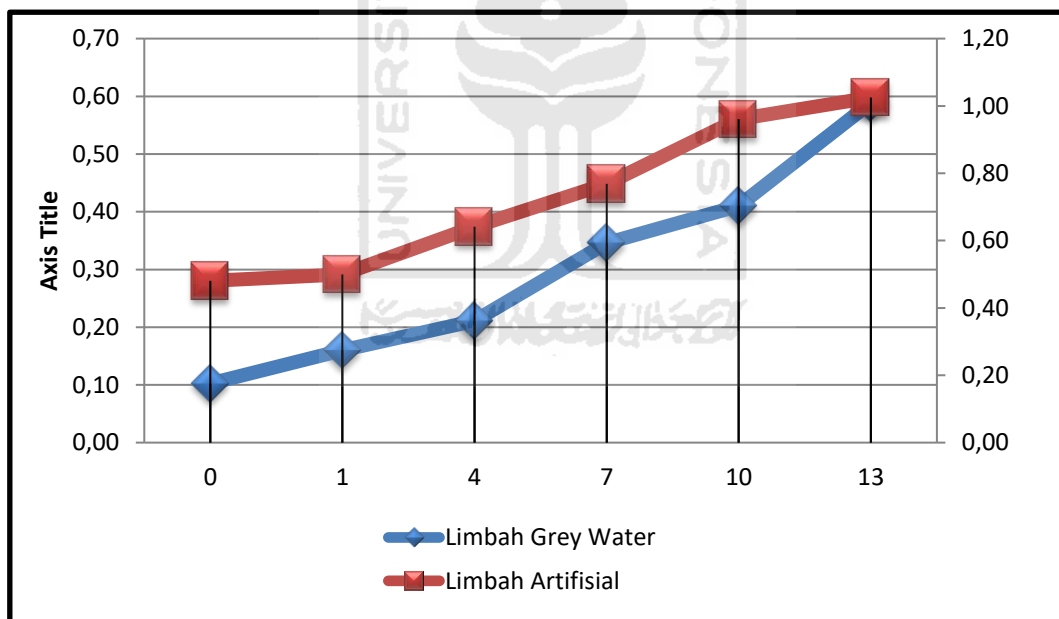
Hari ke	Limbah Greywater (mg/L)	Limbah Artifisial (mg/L)
0	0,10	0,48
1	0,16	0,51
4	0,21	0,64
7	0,35	0,77
10	0,41	0,96
13	0,59	1,03

Dilihat dari tabel diatas nilai klorofil yang terdapat di limbah greywater hari ke-0 sebesar 0,10 mg/L dan meningkat terus di setiap hari uji hingga hari ke-13 sebesar 0,59 mg/L, hal ini juga terjadi pada limbah artifisial dimana pada hari ke-0 0,48 mg/L meningkat setiap hari pengujian hingga hari ke-13 dengan 1,03 mg/L.

Dengan peningkatan nilai klorofil seperti itu, berarti terjadi peningkatan sebesar 200% atau empat kalilipat dari hari ke-0.

Perbedaan peningkatan di greywater lebih lambat ketimbang peningkatan di limbah artifisial, hal ini dapat terjadi dikarenakan pada limbah artifisial nurtien yang diberikan berupa campuran pupuk Urea dan NPK, sedangkan di greywater nutrien didapat hanya berasal dari sisa makanan yang berasal dari limbah sisa kantin Mawar Kampus Terpadu UII, hal lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan antara keduanya juga bisa disebabkan karena pengaruh cahaya, dimana cahaya akan lebih mudah masuk ke air limbah artifisial dari pada limbah greywater.

Perbedaan yang terdapat diantara kedua limbah tersebut, baik limbah artifisial maupun limbah greywater dapat dilihat pada grafik Gambar 4.2 yaitu Grafik perbandingan konsentrasi klorofil-a antara limbah grey water dengan limbah artifisial.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan konsentrasi klorofil-a greywater dan artifisial

4.3. Analisa TSS

Pada analisis TSS atau *Total Suspended Solids* ini dilakukan menggunakan metode Gravimetri yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi mikroorganisme alga didalam kedua air limbah baik artifisial maupun grey water sehingga diperoleh perbandingan biomassa dan alga pada reaktor yang di uji. Dari hasil analisis TSS ini konsentrasi yang didapat menandakan banyaknya jumlah biomassa pada air limbah dimana semakin tinggi jumlah biomassa maka semakin tinggi pula jumlah alga yang terdapat pada air limbah. Adapun hasilnya berikut adalah hasil yang diperoleh dari analisis konsentrasi TSS pada Tabel 4.2 yang berasal dari kedua limbah.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian TSS

MLSS	Limbah Grey Water (Mg/L)	Limbah Artifisial (Mg/L)
0	75	188
1	89	201
4	110	308
7	186	397
10	162	415
13	277	493

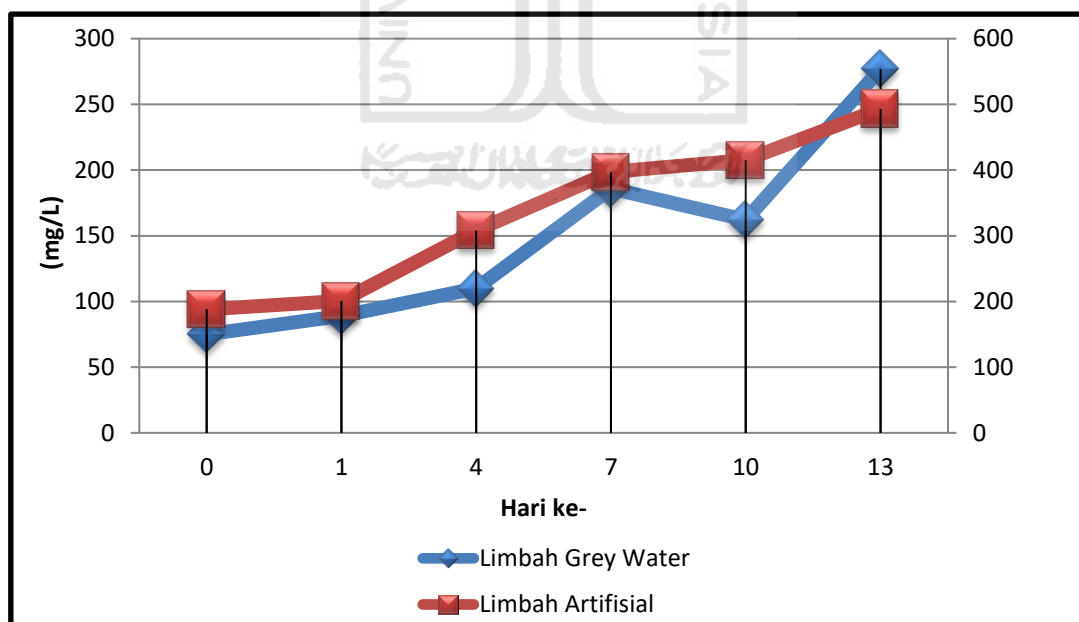
Dari tabel yang ditampilkan diatas menunjukkan kenaikan nilai TSS pada kedua air limbah baik limbah artifisial maupun limbah greywater pada setiap hari uji yang ditandainya dengan perubahan nilai dari hari ke-0 hingga hari ke-13 sebesar 369,33 % pada greywater dan dengan limbah artifisial sebesar 262,23%.

Pada hari ke-0 pada limbah greywater nilai TSS menunjukkan angka 75 yang mengalami kenaikan hingga angka 277 pada hari ke-13, akan tetapi pada hari ke-10 nilai TSS mengalami penurunan dari pada hari uji sebelumnya, hal ini dikarenakan alga yang terdapat pada limbah greywater mengalami penurunan konsentrasinya, sehingga perlu dilakukan penambahan nutrisi agar alga dapat tumbuh kembali secara optimal. Berbeda dengan limbah artifisial yang lebih teratur

akan nilai laju pertumbuhan alganya, hal ini di tandai dengan nilai hasil analisis dari setiap hari ujinya, pada hari ke-0 nilai TSS limbah artifisial menunjukkna angka 188 yang terus meningkat hingga hari ke-13 yang menunjukan angka 493. Hal yang mempengaruhi perbedaan antara kedua limbah lebih diakibatkan nutrien yang terdapat diantara kedua limbah tersebut.

TSS sendiri merupakan total padatan tersuspensi yang bisa berupa mineral dan material organik, termasuk juga mikroorganisme, yang berarti dengan semakin banyak jumlah total padatan yang tersuspensi didalam limbah, maka menyebabkan makin meningkatnya pula konsentasi TSS di dalam reaktor baik di limbah artifisial maupun limbah greywater.

Adapun perbedaan nilai TSS pada kedua limbah, baik limbah artifisial maupun limbah greywater dapat dilihat pada grafik 4.2 yaitu grafik perbandingan MLVSS limbah greywater dan limbah artifisial yang menunjukkan perbedaan pertumbuhan alga yang di analisis melalui padatan yang terdapat di antara kedua limbah tersebut.

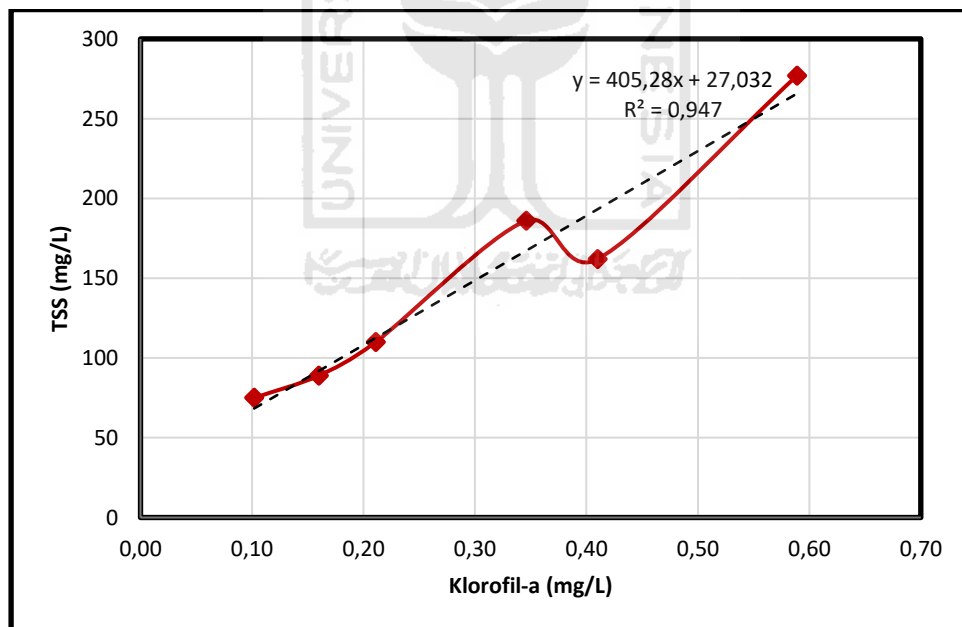


Gambar 4.3 Grafik pengujian TSS limbah *greywater* dan limbah artifisial

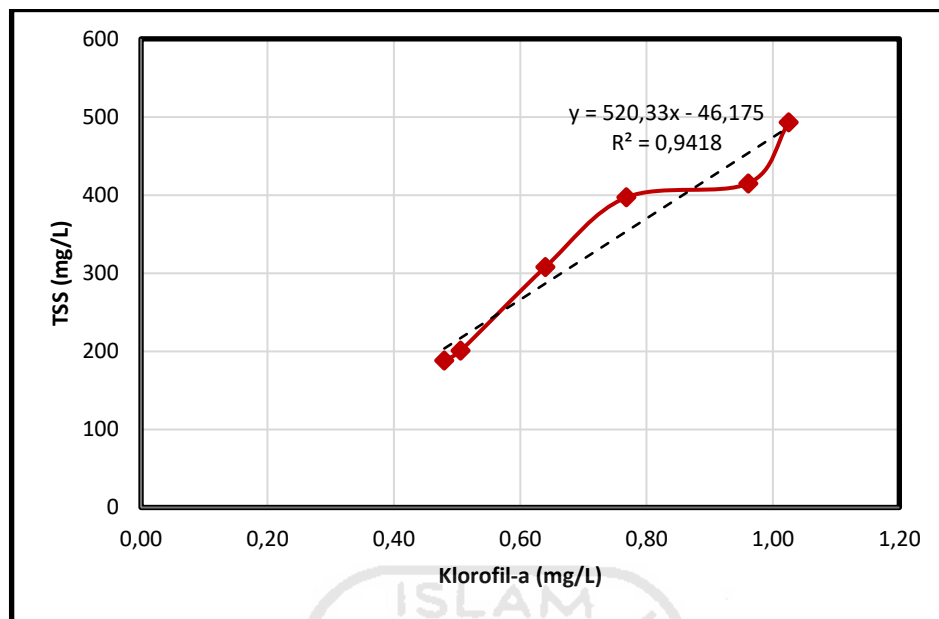
4.3.1. Korelasi TSS Terhadap Klorofil-a

Kondisi konsentrasi TSS pada reaktor dipengaruhi oleh adanya laju pertumbuhan dan konsentrasi alga didalam air limbah. Hal ini juga bisa dilihat dari konsentrasi klorofil-a yang telah di uji. Adapun korelasi TSS terhadap klorofil-a dapat dilihat dengan tingkat kelimpahan alga, dimana pada kelimpahan fitoplankton tinggi dalam reaktor maka menghasilkan TSS yang lebih banyak dibandingkan kelimpahan fitoplankton yang lebih rendah. Hal ini terjadi karena semakin hijaunya alga didalam reaktor maka produksi TSS semakin besar didalam reaktor yang diuji dan juga kedua analisis tersebut di pengaruhi oleh keberadaan nutrien yang terdapat di masing-masing limbah pada reaktor.

Adapun korelasi keduanya dapat dilihat di Gambar 4.3 yaitu Grafik Korelasi TSS terhadap Klorofil-a dengan limbah greywater dan Gambar 4.4 Grafik Korelasi TSS terhadap Klorofil-a dengan limbah Artifisial.



Gambar 4.4 Grafik Korelasi TSS Terhadap Klorofil-a dengan limbah Greywater



Gambar 4.5 Grafik Korelasi TSS dan Klorofil-a Limbah Artifisial

Korelasipun dapat dihitung seperti pada Tabel 4.3 dan 4.4 yang menunjukkan korelasi antara TSS dan klorofil-a berdasarkan perhitungan, dari limbah greywater maupun limbah artifisial nilai korelasi masing-masing sebesar 0,947 dan 0,9418 dengan tanda positif, hal ini bisa diartikan bahwa ada hubungan positif yang antara kedua hasil analisis tersebut. Angka yang terdapat pada perhitungan ini menunjukkan hubungan dengan besarnya konsentrasi klorofil-a maka makin besar juga konsentrasi TSS dalam reaktor.

4.4. Analisa Minyak Pada Alga

Kandungan lemak (lipid) dan asam lemak (*fatty acid*) yang ada didalam alga merupakan sumber energi. Kandungan ini dihasilkan dari proses fotosintesis yang merupakan hidrokarbon dan dapat menghasilkan energi yang belum digali dan dimanfaatkan.

4.4.1 Ekstraksi Minyak Alga

Mikroalga dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif karena kandungan karbohidrat dan lipid dalam tubuhnya yang tinggi, sehingga dapat

diproses menjadi biodiesel dan bioetanol. Proses yang dapat dilakukan untuk mendapatkan keduanya adalah pengepresan dan atau ekstraksi mikroalga yang telah dikultivasi selama 13 hari kemudian barulah dipanen. Setelah melalui proses kultivasi selama 13 hari dari proses panen, mikroalga yang telah dipisahkan dari air, dapat dilakukan proses ekstraksi untuk mengambil minyak yang terdapat didalam alga. Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan seperangkat soxhlet dan pelarut n-heksan. Proses ini dilakukan selama kurang lebih 5-6 jam untuk memperoleh hasil yang maksimal dari mikroalga (Dayananda et al., 2006). Hasil ekstraksi masih berupa gabungan antara minyak mentah dengan pelarut n-heksan, maka harus dipisahkan dengan alat rotavapor dan waterbath dengan suhu 70°C sesuai titik didih pelarut heksan, setelah itu barulah diperoleh hasil ekstrak yang diperlukan. dengan menggunakan larutan kimia heksana. Rotary vakum evaporator sendiri adalah instrumen yang menggunakan prinsip destilasi (pemisahan). Prinsip utama dalam instrumen ini terletak pada penurunan tekanan pada labu alas bulat dan pemutaran labu alas bulat hingga berguna agar pelarut dapat menguap lebih cepat dibawah titik didihnya.



Gambar 4.6 Rotavapor

Penggunaan larutan kimia heksana lebih banyak digunakan sebab harganya tidak terlalu mahal. Menurut Chaiklahana et al. (2008) proses ekstraksi minyak tergantung pada kepolaran pelarut, ukuran partikel, rasio pelarut dan partikel, temperatur dan waktu ekstraksi. Hal ini merupakan sifat dasar minyak dimana akan

lebih larut terhadap komponen pelarut non polar, dimana n-hexana lebih non polar dari pada larutan lain seperti methanol dll. Kelarutan disebabkan oleh gaya tarik Vander Wall antara pelarut dan zat terlarut, seperti halnya senyawa-senyawa gugus alkana lainnya, n-hexana tidak larut dalam air

Sebagai catatan, penggunaan larutan kimia untuk mengekstraksi minyak dari tumbuhan sangat beresiko. Misalnya larutan benzena dapat menyebabkan penyakit kanker, dan beberapa larutan kimia juga mudah meledak.

Setelah mendapatkan hasil ekstrak berupa minyak mentah (*crude oil*) dari hari ke-0 hingga hari ke-13 adalah seperti yang ditampilkan pada tabel 4.5 yaitu hasil ekstraksi minyak mentah dari 10 liter air dan alga.

Tabel 4.5 Hasil Ekstraksi Minyak Mentah dari Alga

No	Hari Ke	Jumlah <i>Crude Oil</i> (gram/10 liter)	Jumlah <i>Crude Oil</i> (ml/10 liter)
1	ke-0 (alga murni)	1,84	2
2	ke-1	0,792	0,86
3	ke-8	1,392	1,513
4	ke-13	1,771	1,925

Pada tabel 4.5 bisa dilihat bahwasannya terjadi peningkatan kandungan minyak mentah dari hari ke-1 yang awalnya 0,792 gram pada hari ke-13 menjadi 1,771 gram, sedangkan pada hari ke-0 *crude oil* didapat lebih banyak, hal ini terjadi karena pada hari ke-0 ini yang diuji hanya kultur alga saja.

Dari data yang diperoleh dari uji coba presentasi minyak alga yang diperoleh adalah 0,01925%, presentase ini diperoleh dari perhitungan sebagai berikut :

$$\text{jumlah presentase dalam \%} = \frac{\text{jumlah ekstraksi}}{\text{bahan baku yang di gunakan}} \times 100\%$$

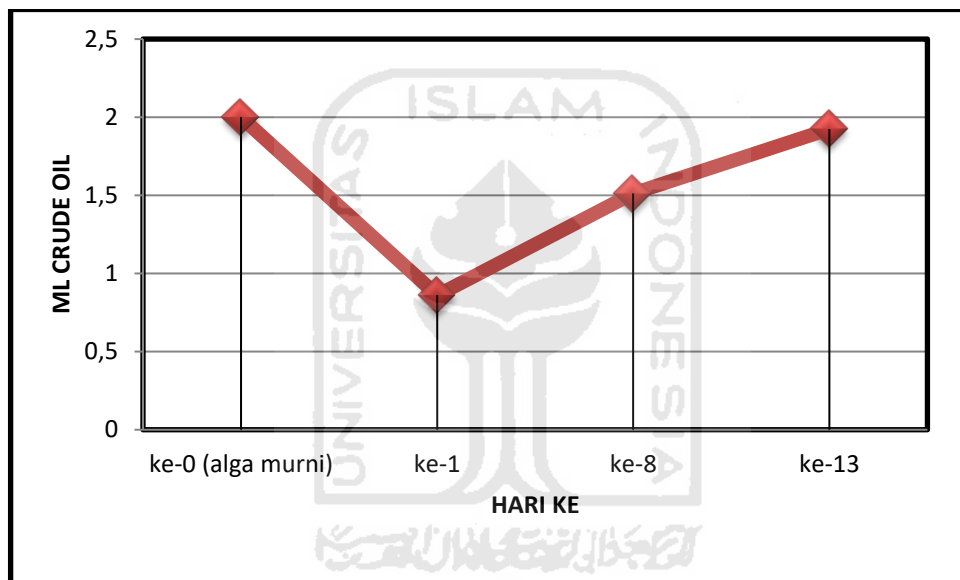
$$\text{jumlah presentase dalam \%} = \frac{0,001925 \text{ L}}{10 \text{ L}} \times 100\%$$

$$\text{jumlah presentase dalam \%} = \frac{0,001925 \text{ L}}{10 \text{ L}} \times 100\%$$

$$\text{jumlah presentase dalam \%} = \mathbf{0,01925 \%}$$

Pada perhitungan presentase minyak yang di dapat seharusnya menggunakan berat kering dari sampel alga bukan berat basah, hal ini mempengaruhi hasil presentase yang kecil karena menggunakan berat atau volum berat basah sampel.

Hal ini menunjukkan peningkatan kadar minyak mentah pada alga, hal ini dipengaruhi oleh jumlah alga yang terdapat pada air limbah dan peningkatan tersebut dapat disaksikan pada gambar 4.5 grafik hasil ekstraksi minyak mentah dari alga.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Eekstraksi Minyak Mentah dari Alga.

4.2.2 Potensi Minyak Alga

Setelah mendapatkan hasil berupa minyak mentah (*crude oil*), dilanjutkan dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi, yaitu proses perubahan senyawa ester menjadi senyawa metil ester (*fatty acid methyl ester/FAME*) dengan mengikat senyawa alkohol. Selain dengan proses ekstraksi dengan n-heksan, proses ekstraksi juga dapat dilakukan dengan kloroform-metanol-air (1:1:0.9, v/v/v) sebelum melakukan proses transesterifikasi (Dunstan et.al, 1992). Dari proses tersebut dapat dihasilkan bahan dasar biodisel yang dapat ditambahkan kedalam bahan bakar solar. Berikut adalah gambaran proses transesterifikasi.

Alga mengandung asam trigliserida (TAG) yang bisa diubah dengan mengikat metanol menjadi FAME. *Crude oil* yang terdapat pada alga mengindikasikan bahwasannya alga bisa dimanfaatkan menjadi biodisel.

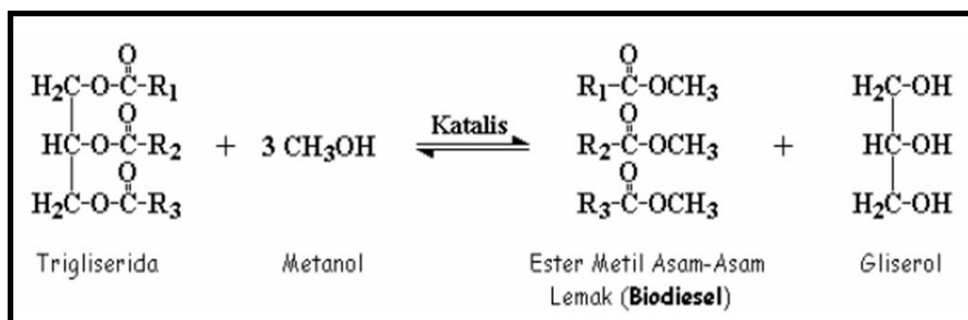
Pada penelitian terdahulu yang dilakukan Rachmaniah,dkk. (2010) dilakukan ekstraksi dengan 4 metode yang berbeda yaitu Bligh Dyer, Bligh Dyer modifikasi, soxhletasi, dan *osmotic shock*, maka diperoleh hasil ekstraksi. Tabel 6 menunjukkan perbandingan perolehan yield minyak dari berbagai metode ekstraksi.

Tabel 4.6. Hasil Penelitian Terdahulu Rachmaniah,dkk. (2010)

Komponen	Hasil Analisa <i>Chlorrela sp.</i>	
	Basah	Kering
Minyak	4,24 ml	17,18 ml
Air	71,8 ml	N.A
Lain-Lain	23,48 ml	N.A

N.A : Not Analyzed

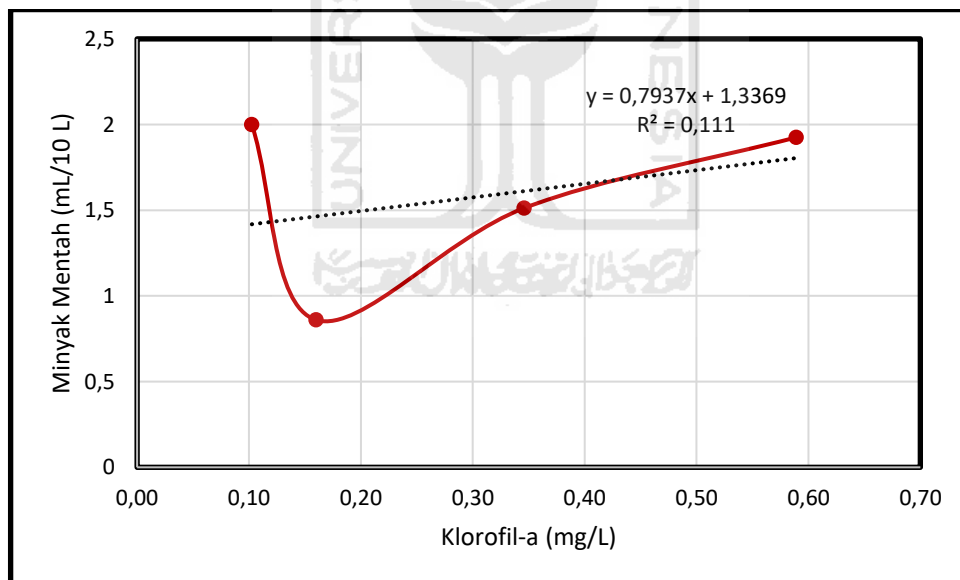
Dari data penelitian terdahulu menggunakan kultur alga murni ini menghasilkan 4,24 mL minyak dari 10 L kultur alga basah, apabila dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu minyak yang dihasilkan dari pengolahan limbah lebih sedikit yaitu 1,925 mL. Hal ini bisa terjadi karena kultur alga yang dikembangkan pada penelitian terdahulu mendapatkan nutrisi yang lebih banyak karena dikembangkan dengan pupuk NPK, sedangkan pada alga yang dikembangkan dari reaktor *oxidation ditch*, yang mengandalkan nutrisi hanya dari limbah greywater saja.



4.4.3. Korelasi Minyak Alga Terhadap Klorofil-a

Kondisi konsentrasi klorofil-a pada reaktor dipengaruhi oleh adanya laju pertumbuhan dan konsentrasi alga didalam air limbah. Hal ini juga mempengaruhi hasil ekstraksi minyak alga dilihat dari konsentrasi minyak yang telah diuji. Adapun koarelasi klorofil-a terhadap ekstraksi minyak alga dapat dilihat dengan tingkat kelimpahan alga, dimana pada kelimpahan fitoplankton tinggi dalam reaktor maka menghasilkan klorofil-a yang lebih banyak dibandingkan kelimpahan fitoplankton yang lebih rendah. Hal ini terjadi karena semakin hijaunya alga didalam reaktor maka produksi klorofil-a semakin besar begitu pula dengan hasil ekstraksi minyak alga, kedua hasil tersebut dipengaruhi oleh keberadaan nutrien yang terdapat di masing-masing limbah pada reaktor.

Adapun korelasi keduanya dapat dilihat di Gambar 4.7 yaitu grafik korelasi klorofil-a terhadap ekstraksi minyak alga dengan limbah greywater.



Gambar 4.9 Grafik Korelasi Klorofil-a Terhadap Ekstraksi Minyak Alga Dengan Limbah Greywater

Korelasipun dapat dihitung seperti pada Tabel 4.7 yang menunjukkan korelasi antara klorofil-a dan minyak berdasarkan perhitungan, dari limbah greywater sebesar 0,111 dengan tanda positif, hal ini bisa diartikan bahwa ada

hubungan positif yang antara kedua hasil analisis tersebut. Angka yang terdapat pada perhitungan ini menunjukkan hubungan dengan besarnya konsentrasi klorofil-a maka makin besar juga hasil ekstraksi minyak alga.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian akan “POTENSI BIOENERGI OXIDATION DITCH ALGA REAKTOR PADA PEMANFAATANNYA UNTUK PENURUNAN LIMBAH DOMESTIK PERKOTAAN” yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Alga yang terdapat di pengolahan limbah greywater dapat dijadikan sebagai bahan baku biodiesel yang menghasilkan 1,925 mL minyak alga per 10 liter air yang mengandung alga yang dikembangkan selama 13 hari masa kultivasi karena alga mengandung lemak (lipid) dan asam lemak (*fatty acid*) yang merupakan bahan baku utama pembuat biodiesel, serta Keistimewaan biodiesel yang berasal dari mikroalga yaitu dapat diperbaharui (*renewable*), nontoksik, dan dapat terurai.
2. Dari data yang diperoleh dari uji coba presentasi minyak alga yang diperoleh adalah **0,01925%** dari berat basah sampel alga yang digunakan.
3. Kandungan minyak yang terdapat pada alga sangat dipengaruhi oleh banyaknya nutrien yang terdapat di dalam air limbah dengan dibuktikan korelasi antara konsentrasi klorofil-a dan TSS yang dipengaruhi oleh nutrien dengan minyak yang dihasilkan dari alga.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian akan “POTENSI BIOENERGI OXIDATION DITCH ALGA REAKTOR PADA PEMANFAATANNYA UNTUK PENURUNAN LIMBAH DOMESTIK PERKOTAAN” yang telah dilakukan, penulis mengajukan saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan minyak alga agar bisa menjadi biodiesel yang khususnya alga yang berasal dari pengolahan air limbah perkotaan, serta Perlu dilakukan penelitian lebih

lanjut dan kajian ulang mengenai ekstraksi minyak yang paling efisien dari ekstraksi minyak dari alga.

2. Alga yang digunakan lebih baik menggunakan kultur alga murni agar terhindar dari kontaminasi serta perhitungan tingkat kedewasaan alga yang jelas dan dapat di hitung secara pasti.
3. Perlu adanya analisis terlebih dahulu untuk mengetahui mikroorganisme yang ada dalam reaktor penelitian, agar lebih diketahui proses degradasi yang terjadi pada masing-masing secara akurat oleh alga ataupun oleh bakteri.
4. Perlu ditambahkan control berupa reaktor aerasi tanpa alga.
5. Penggunaan jumlah bahan baku alga yang lebih banyak agar dihasilkan hasil yang banyak pula dari ekstraksi alga menjadi minyak, karena cenderung terlalu kecil apabila menggunakan 10 liter contoh uji dalam penelitian ini.

5.3. Rekomendasi

Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang lebih spesifik lagi dengan mengubah minyak alga menjadi biodiesel. Dengan demikian potensi minyak alga benar-benar bisa dijadikan biodiesel pada nantinya dengan memanfaatkan alga dari pengolahan limbah perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- A.B.M. Sharif Hossain, Aishah Salleh. 2008. ***Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy. Biotechnology Laboratory, Institute of Biological Sciences, American Journal of Biochemistry and Biotechnology*** 4 (3):250-254.
- Andrews, R., Kunlei L., Mark C., Czarena C., and Aubrey S. 2008. ***Feasibility of capture and utilization of CO₂ from kentucky power plants by algae systems. Technical Review of the Literature Related to the Cultivation and Harvesting of Algae for CO₂ Fixation and the Co-Production of Fuels and Chemicals.*** University of Kentucky. USA. 21 pp.
- Arinardi, O.H. 1996. **Kisaran kelimpahan dan komposisi plankton dominan di perairan kawasan tengah Indonesia.** LIPI. Bogor.
- Becker, W.: Microalgae in Human and Animal Nutrition, p.312-35. In Richmond, A. (ed.), *Handbook of Microalgae Culture*. Blackwell, Oxford (2004).
- Boocock, D.G.B., Bolland, C., Ajax, Ontario. 2003. ***Single-Phase Process for Production of Fatty Acid Methyl Esters from Mixture of Triglycerides and Fatty Acids.***
- Bester, M.C., Jacobson, D., Bauer, F.F., 2012. ***Many Saccharomyces cerevisiae cell wall protein encoding genes are coregulated by Mss11, but cellular adhesion phenotypes appear only flo protein dependent.*** G3 Genes Genom. Genet. 2, 131–141.
- Briggs, M. 2004. ***“Widescale Biodiesel Production from Algae”***, http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article_algae.html.
- Carolina Vieira Viêgas. 2014. ***A route to produce renewable diesel from algae: Synthesis and characterization of biodiesel via in situ transesterification of Chlorella alga and its catalytic deoxygenation to renewable diesel.*** Fuel 155 (1):144–154.
- Chaiklahan, R., Chirasuwana, N., Loha, V., and Bunnag, B. 2008. ***Lipid and fatty acids extraction from the cyanobacterium Spirulina.*** Science Asia. 34: 299–305.
- Chisti, Y. 2007. ***Biodisel from mikroalgae. Research review paper.*** Biotechnology Advance. Elsevier. 25: 297-306.
- Cohen, Zvi. 1999. ***“Chemicals from Biodiesel”***, Tylor & Francis Ltd.
- Demirbas A. ***Production of biodiesel from algae oils.*** Energy Sources Part A:2009;31:163–8.

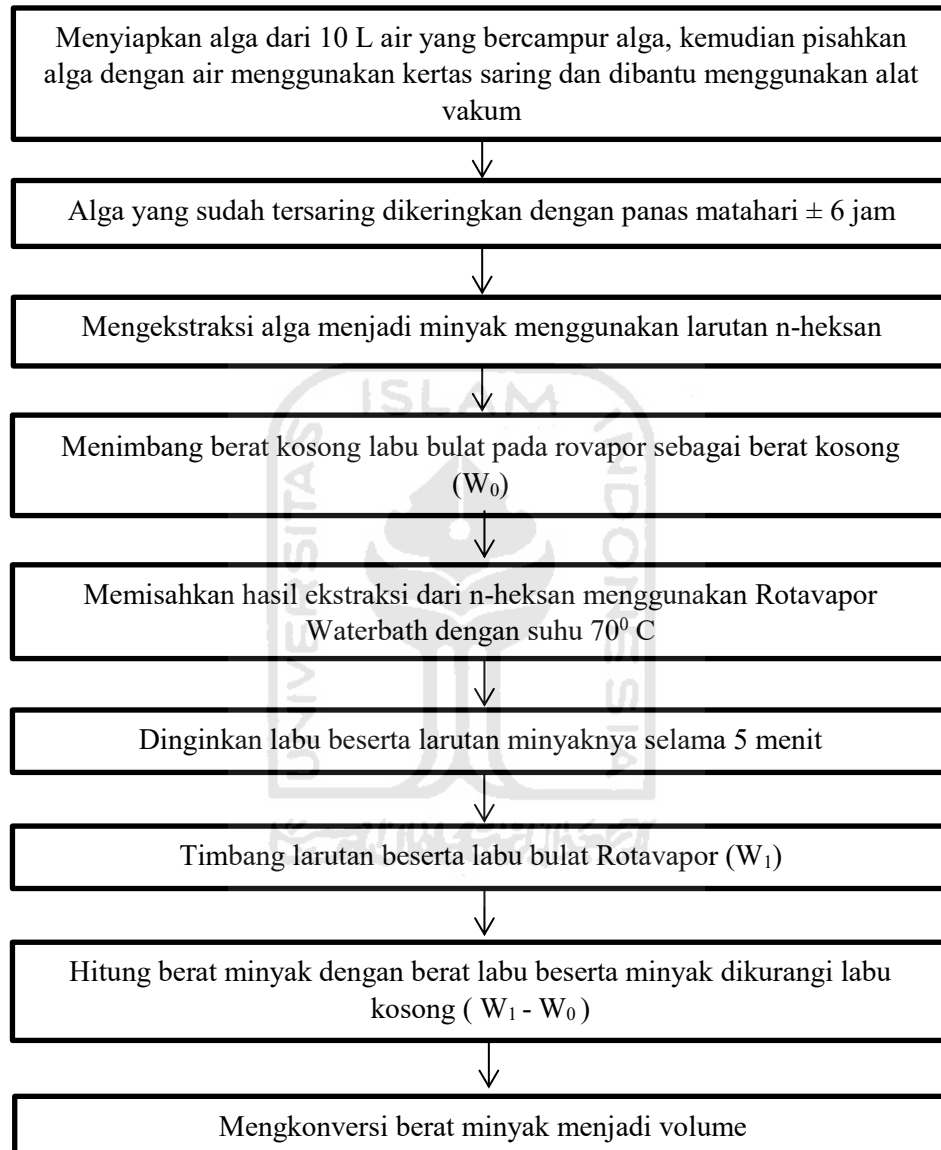
- Dunn, R.O., 2005. *Effect of antioxidants on the oxidative stability of methyl soyate (biodiesel)*. *Fuel Processing Technology* 86, 1071-1085.
- Gerpen, J.V. dan Canakci, M. 2004. *Biodiesel Production via Acid Catalysis*. *American Society of Agricultural Engineers*. Vol. 42(5): 1203-1210.
- Gouveia, L. and Oliveira, A.N. 2009. *Microalgae as a raw material for biofuels production*. *J. Ind Microbiol Biotechnol*. 36: 269–274.
- Hadiyanto. 2012. **Valorisasi Mikroalga Untuk Sumber Bioenergi dan Pangan Sebagai upaya Peningkatan Ketahanan Pangan dan Energi di Indonesia**. Center of Biomass and Renewable Energy (CBIOR). Universitas Diponegoro.
- Hadiyanto, H., Sumarno, R., Rostika, N. & Handayani, N.A. 2012. *Biofixation of Carbon dioxide by Chlamydomonas sp. in a Tubular Photobioreactor*, *Int.Journal of Renewable Energy Development* 1:10-14
- Handayani, N.A. dan Ariyanti, D. 2012. **Potensi Mikroalga sebagai Sumber Biomasa dan Pengembangan Produk Turunannya**. *Jurnal TEKNIK* – Vol. 33 No.2 Tahun 2012, ISSN 0852-1697.
- Hulteberg, C., Karlsson, H.T., Børresen, B.T., and Eklund, H. 2008. *Final Report on Biodiesel Production from Microalgae. Presented to Statoil Hydro* ASA Oslo, Norway May 16, 2008. 88 pp.
- Jyoti Prakash Maity dkk. 2014. *The production of biofuel and bioelectricity associated with wastewater treatment by green algae*. *Energy* 78 (3) 94-103.
- Laksmi Jenie, Betty Sri. Rahayu, Winiati Pudji. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Ludwig, K. 2006. *Algae diesel. A preliminary study into the feasibility of creating biodiesel from algae. Final Report. Industrial and Operations Engineering Interdisciplinary Engineering*. University of Michigan-Ann Arbor. 33 pp.
- Nilawati, Destya, 2012. Laporan Skripsi “Studi Awal Sintesis Biodiesel dari Lipid Mikroalga Chlorella vulgaris Berbasis Medium Walne Melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok
- Mujizat Kawaroe dkk. 2011. *Mikroalga, potensi dan pemanfaatannya untuk produksi bio bahan bakar*. Bogor: Penerbit IPB Press.
- NIRAJ S. TOPAREa, SUNITA J. RAUT dkk. 2011. *Extraction of oil from algae by solvent extraction and oil expeller method*. *Int. J. Chem. Sci.*: 9 (4), 1746-1750.

- Piyushi Nautiyal, K.A. Subramanian, M.G. Dastidar. 2014. ***Production and characterization of biodiesel from algae***. *Fuel Processing Technology* 120 (6) 79–88.
- Rukmana N., Steiberg F., dan Van and der Hoff R., I 993, Manajemen Pembangunan Prasarana Perkotaan, LP3ES, Jakarta.
- Soerawidjaja, Tatang H., (2006), “Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel”. Handout Seminar Nasional “Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan” UGM Yogyakarta
- Volkman J.K., Jeffrey S. W>, Nichol, P. D., Rogers, G. I., Garland, C.d., 1989. ***Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used mariculture journal of mariculture journal of Experimental Marine Biology and Ecology***, 128: 219-240.
- Wang, B., Li, Y., Wu, N., and Lan, C.Q. 2008. *CO2 biomitigation using microalgae*. *Appl Microbiol Biotechnol* 79: 707–718.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah kerja ekastrasi minyak alga

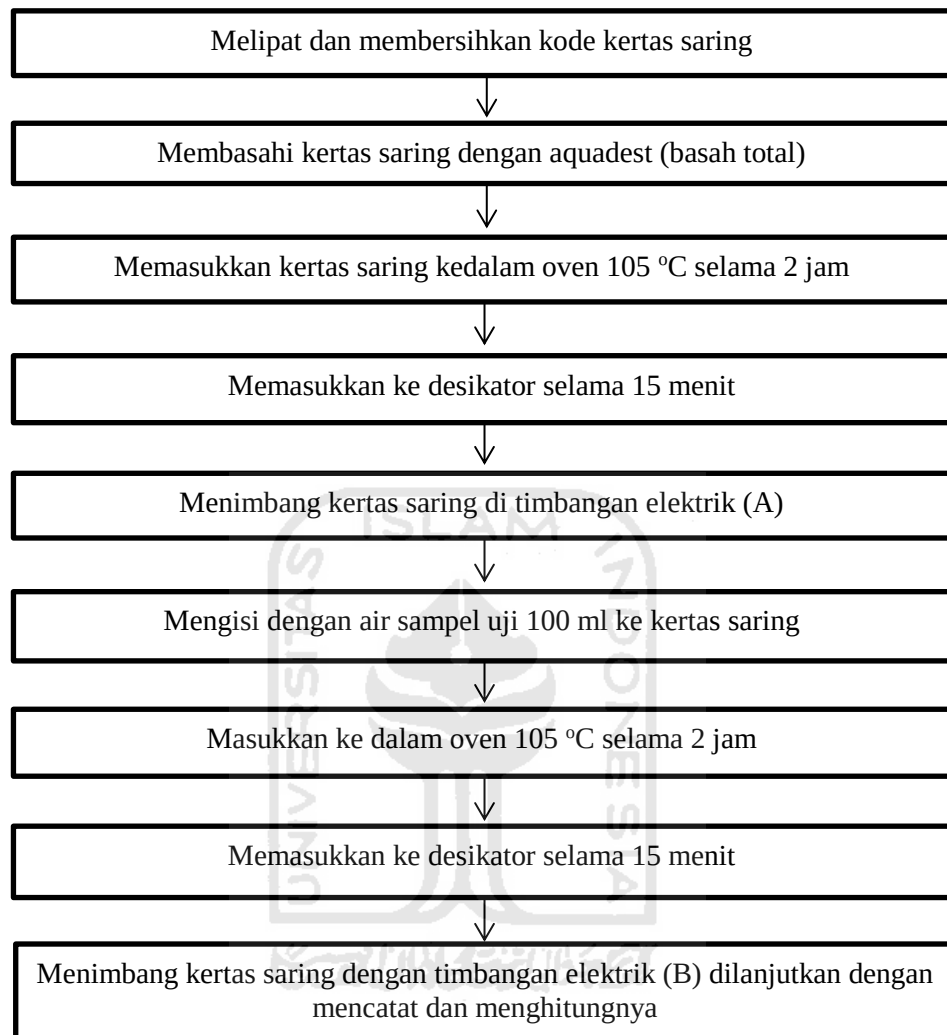


Gambar 1.a. Extraksi Miyak Dari Alga

Lampiran 2. Langkah kerja Uji Klorofil-a



Gambar 2.a. Langkah kerja Uji Klorofil-a

Lampiran 3. Langkah kerja Uji TSS**Gambar 3.a. Pengujian TSS**

Lampiran 4. Perhitungan Hasil Ekstraksi Minyak

Perhitungan kadar minyak pada sampel dan mengkonversikan menjadi satuan volume menggunakan rumus berikut ini :

$$\text{Berat Minyak} = W_1 - W_0$$

W_0 = Berat kosong abu Rotavapor

W_1 = Berat labu ditambah berat minyak

Konfersi Berat Minyak ke Volume Minyak

$$\rho = \frac{m}{v} \quad v = \frac{m}{\rho}$$

ρ = Density Crude Oil/ Bioetanol (0,92 gram/ml)

v = Volume Minyak

m = Berat Minyak

1. Minyak Alga Minyak Hari Ke-0

$$\text{Berat Minyak} = W_1 - W_0$$

$$\text{Berat Minyak} = 168,61 \text{ gram} - 166,77 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Minyak} = 1,84 \text{ gram}$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{1,84 \text{ gram}}{0,92 \text{ gram/ml}}$$

$$v = 2 \text{ ml}$$

2. Minyak Alga Minyak Hari Ke-0

$$\text{Berat Minyak} = W_1 - W_0$$

$$\text{Berat Minyak} = 167,562 \text{ gram} - 166,77 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Minyak} = 0,792 \text{ gram}$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{0,792 \text{ gram}}{0,92 \text{ gram/ml}}$$

$$v = 0,86 \text{ ml}$$

3. Minyak Alga Minyak Hari Ke-0

$$\text{Berat Minyak} = W_1 - W_0$$

$$\text{Berat Minyak} = 168,162 \text{ gram} - 166,77 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Minyak} = 1,392 \text{ gram}$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{1,392 \text{ gram}}{0,92 \text{ gram/ml}}$$

$$v = 1,513 \text{ ml}$$

4. Minyak Alga Minyak Hari Ke-0

$$\text{Berat Minyak} = W_1 - W_0$$

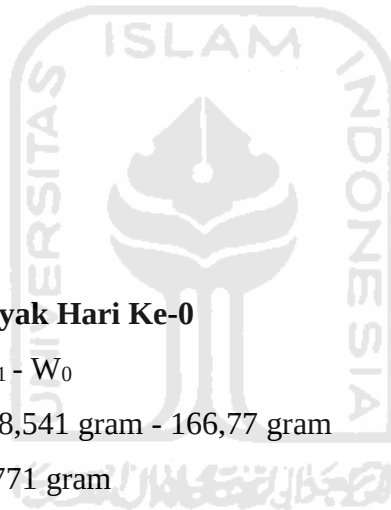
$$\text{Berat Minyak} = 168,541 \text{ gram} - 166,77 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Minyak} = 1,771 \text{ gram}$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{1,771 \text{ gram}}{0,92 \text{ gram/ml}}$$

$$v = 1,925 \text{ ml}$$



Lampiran 5. Contoh Perhitungan Hasil Uji Klorofil-a

- Konsentrasi klorofil-a hari ke 0 dengan limbah *greywater*

Angka 26,7 = Konstanta (koreksi) serapan masuk

$$A = 0,136 - 0,054 = 0,082$$

$$B = 0,102 - 0,036 = 0,066$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a} &= \frac{(26,7 (A-B) \times V_e)}{V_s \times L} \text{ mg/ m}^3 \\ &= \frac{(26,7 (0,082 - 0,066) \times 0,006)}{0,000025 \text{ m}^3 \times 1 \text{ cm}} \text{ mg/ m}^3 \\ &= 102,528 \text{ mg/ m}^3 = 0,102 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Konsentrasi klorofil-a hari ke 0 dengan limbah artifisial

Angka 26,7 = Konstanta (koreksi) serapan masuk

$$A = 0,218 - 0,026 = 0,192$$

$$B = 0,139 - 0,021 = 0,117$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a} &= \frac{(26,7 (A-B) \times V_e)}{V_s \times L} \text{ mg/ m}^3 \\ &= \frac{(26,7 (0,192 - 0,117) \times 0,006)}{0,000025 \text{ m}^3 \times 1 \text{ cm}} \text{ mg/ m}^3 \\ &= 480,6 \text{ mg/ m}^3 = 0,480 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Lampiran 6. Contoh Perhitungan Hasil Uji Konsentrasi TSS

- Konsentrasi TSS hari ke 0 dengan limbah *greywater*

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} &= \frac{(B-A) \times 1000 \times 1000}{\text{sampel yang di uji}} \\
 &= \frac{(0,6297 - 0,6220) \times 1000 \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= 75 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

- Konsentrasi TSS hari ke 0 dengan limbah artifisial

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} &= \frac{(B-A) \times 1000 \times 1000}{\text{sampel yang di uji}} \\
 &= \frac{(0,6423 - 0,6235) \times 1000 \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= 188 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Lampiran 7. Detail Oxidation Ditch

