

repository.ub.ac.id

STUDI RESPON MIKROALGA (*Chaetoceros calcitrans*) TERHADAP SOLAR

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh:

SHAVIRA ARIYANTHI DEVI

NIM. 155080607111045



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019



repository.ub.ac.id

STUDI RESPON MIKROALGA (*Chaetoceros calcitrans*) TERHADAP SOLAR

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Sebagai Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan

di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh:

SHAVIRA ARIYANTHI DEVI

NIM. 155080607111045



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019



LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN SKRIPSI

STUDI RESPON MIKROALGA (*Chaetoceros calcitrans*) TERHADAP SOLAR

Oleh:

SHAVIRA ARIYANTHI DEVI

NIM. 155080607111045

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 4 Desember 2019 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Feni Iranawati, S.Pi., M.Si., Ph.D

NIP. 19740812 200312 2 001

Tanggal : 19 DEC 2019

Dosen Pembimbing 2



Dwi Candra Pratiwi, S.Pi., M.Sc

NIP. 19860115 201504 2 001

Tanggal : 19 DEC 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan PSPK



Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT

NIP. 19780717 200501 1 002

Tanggal : 19 DEC 2019

NIP. 19780717 200501 1 002

Tanggal :



Judul : **STUDI RESPON MIKROALGA (*Chaetoceros calcitrans*) TERHADAP SOLAR**

Nama Mahasiswa : Shavira Ariyanthi Devi
NIM : 155080607111045
Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Feni Iranawati, S.Pi., M.Si., Ph.D
Pembimbing 2 : Dwi Candra Pratiwi, S.Pi., M.Sc

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING

Dosen Penguji 1 : M. Arif As'adi, S.Kel., M.Sc
Dosen Penguji 2 : M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc
Tanggal Ujian : 4 Desember 2019



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Shavira Ariyanthi Devi

NIM : 155080607111045

Program Studi: Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri. Dalam Laporan Skripsi ini tidak terdapat tulisan, pendapat maupun bentuk lain yang telah diterbitkan orang lain sebelumnya kecuali tertulis di Daftar Pustaka.

Apabila di kemudian hari dapat dibuktikan dan terbukti bahwa Laporan Skripsi ini adalah hasil jiplakan (plagiasi). Saya bersedia menerima sanksi dari perbuatan tersebut sesuai hukum dan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, November 2019

Mahasiswa

Shavira Ariyanthi Devi

NIM. 155080607111045

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi Skripsi ini. Meskipun banyak hambatan yang penulis alami dalam proses pengerjaan laporan skripsi ini, namun laporan skripsi skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Laporan skripsi ini berjudul “STUDI RESPON MIKROALGA (*CHAETOCEROS CALCITRANS*) TERHADAP SOLAR” yang berisikan tentang bioremediasi limbah hidrokarbondan melihat respon agen bioremediasi terhadap paparan hidrokarbon sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan penelitian selanjutnya.

Demikian laporan skripsi ini saya buat, semoga kegiatan penelitian beserta rangkaiannya dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan harapan penulis. Penulis berharap dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi para pembaca. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan skripsi ini agar bisa menjadi lebih baik. Terima kasih.

Malang, November 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih banyak pada pihak yang membantu kelancaran penyusunan laporan. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada:

1. Puji Syukur Kehadirat Allah SWT, atas karunia dan kesehatan yang diberikan selama ini sehingga Penelitian Skripsi dapat berjalan dengan lancar
2. Kepada orang tua Bapak Basuki dan Ibu Harjani yang selalu mendoakan, memberikan dukungan baik moril maupun materi serta adik-adik Esmeralda dan Kuku
3. Kepada Ibu Feni Iranawati, S.Pi., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dalam penulisan laporan Skripsi
4. Kepada Ibu Dwi Candra Pratiwi, S.Pi., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang sangat sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan sehingga Laporan Skripsi ini dapat terselesaikan
5. Niken Pratiwi, S.Kel. dan Mayang Andeka Carenina, S.Kel. yang bersedia mendampingi pada setiap rangkaian penelitian hingga Laporan Skripsi
6. Gina Fauziah, S.Kel., Alma'as Qonita Maghfiroh, S.Kel., Vina Zubaida, S.Kel., dan Helmi Ekoviputro, S.Kel. yang senantiasa memberikan semangat bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung

RINGKASAN

SHAVIRA ARIYANTHI DEVI. Skripsi dengan judul **STUDI RESPON MIKROALGA (*Chaetoceros calcitrans*) TERHADAP SOLAR** (dibawah bimbingan Feni Iranawati dan Dwi Candra Pratiwi)

Penggunaan bahan bakar pada mesin kapal sering kali menyebabkan pencemaran dilaut. Salah satu bahan bakar yang sering digunakan para nelayan yaitu minyak solar. Keberadaan minyak solar yang berlebihan di lautan menyebabkan kerusakan ekosistem lautan terutama mikroorganisme dalam air. Adanya bahan pencemar menyebabkan komposisi perairan berubah dan dampak pada parameter lingkungan. Metode yang dapat dilakukan dalam mengurangi keberadaan minyak solar diperairan adalah bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses menghilangkan/mengurangi dampak pencemaran dengan memanfaatkan suatu organisme mikro. Salah satu organisme mikro yang berpengaruh pada perairan laut adalah mikroalga. *Chaetoceros calcitrans* merupakan mikroalga yang banyak ditemukan dilaut dalam bentuk diatom. Mikroalga *Chaetoceros calcitrans* mampu hidup pada lingkungan tercemar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dari mikroalga *Chaetoceros calcitrans* dalam meremediasi solar. penelitian ini dilakukan selama 96 jam. Metode yang digunakan bersifat eksperimental dengan perlakuan pemberian konsentrasi 5, 10, dan 20 ml minyak solar dan 1 perlakuan tanpa minyak solar sebagai kontrol dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Bahan pencemar menggunakan minyak solar, pengukuran kepadatan sel menggunakan mikroskop dan haemocytometer, pengukuran parameter kualitas air suhu, salinitas, DO, dan pH. Minyak solar dapat digunakan oleh fitoplankton untuk proses metabolisme, mikroorganisme tersebut akan mengubah limbah organik menjadi senyawa organik sederhana dan mengkonversikannya menjadi gas karbondioksida (CO₂), air (H₂O) dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya.

Pada penelitian ini didapatkan nilai rata-rata parameter kualitas air suhu 25.12 ± 0.55 , salinitas 37.51 ± 0.89 , oksigen terlarut 5.50 ± 0.17 , dan pH 6.70 ± 0.53 . Terjadi peningkatan kepadatan sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* pada seluruh konsentrasi. Di akhir paparan solar pada seluruh konsentrasi paparan terjadi peningkatan biomassa kering dan berat sel kering. Perubahan bentuk dan penambahan panjang sel juga terjadi diseluruh paparan. Hasil perhitungan statistika menggunakan ANOVA Two-Way menunjukkan bahwa terima H₀, dimana H₀ berisikan tentang ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan terhadap kepadatan *Chaetoceros calcitrans* dan tidak ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan parameter lingkungan.

DAFTAR ISI

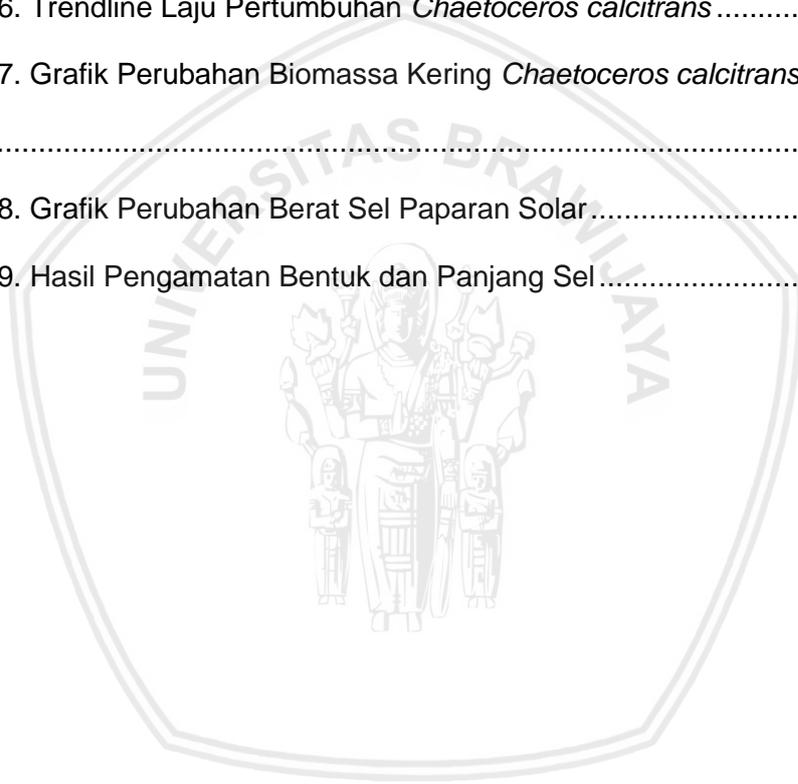
PERNYATAAN ORISINALITAS	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
RINGKASAN	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Pelaksanaan.....	3
1.6 Hipotesis.....	3
BAB II. TINJAU PUSTAKA	4
2.1 Mikroalga.....	4
2.1.1 Pengertian Mikroalga.....	4
2.1.2 Macam-Macam Mikroalga	5
2.1.3 Manfaat Mikroalga	6
2.2 <i>Chaetoceros calcitrans</i>	7
2.2.1 Morfologi dan Fisiologi <i>Chaetoceros calcitrans</i>	7
2.2.2 Ekologi <i>Chaetoceros calcitrans</i>	8
2.2.3 Fase Pertumbuhan <i>Chaetoceros calcitrans</i>	10
2.3 Bioremediasi.....	12
2.3.1 Pengertian Bioremediasi.....	12
2.3.2 Mekanisme Bioremediasi.....	12
2.4 Hidrokarbon.....	14
2.4.1 Pengertian Hidrokarbon.....	14
2.4.2 Macam – Macam Hidrokarbon.....	14



2.4.3	Minyak Solar.....	15
BAB III. METODE PENELITIAN.....		17
3.1	Waktu dan Tempat	17
3.2	Alat dan Bahan	17
3.3	Prosedur Preparasi Sampel.....	19
3.3.1	Sterilisasi Alat.....	19
3.3.2	Kultur Mikroalga.....	19
3.3.3	Perlakuan Penelitian.....	20
3.4	Langkah - Langkah Penelitian	20
3.5	Metode Penelitian.....	21
3.5.1	Pengukuran Kepadatan Mikroalga.....	21
3.5.2	Pengumpulan Data Parameter	21
3.5.3	Pengukuran Berat Sel Mikroalga	22
3.5.4	Perubahan Morfologi Mikroalga	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		24
4.1	Data Hasil Uji Bioremediasi Oil	24
4.1.1	Monitoring Kualitas Air	24
4.1.2	Monitoring Pertumbuhan Mikroalga <i>Chaetoceros calcitrans</i>	30
4.2	Analisis Hubungan Kepadatan dan Parameter Lingkungan Terhadap <i>Chaetoceros calcitrans</i>	32
4.3	Analisis Respon (Morfologi) Mikroalga.....	34
4.3.1	Hasil Pengukuran Biomassa Kering.....	34
4.3.2	Hasil Pengukuran Berat Sel Kering.....	36
4.3.3	Hasil Pengamatan Bentuk dan Panjang Sel	37
BAB V. PENUTUP		40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....		41
LAMPIRAN		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Langkah - Langkah Penelitian.....	21
Gambar 2. Hasil Pengukuran Suhu pada Sampel Paparan Solar	25
Gambar 3. Hasil Pengukuran Salinitas pada Sampel Paparan Solar	26
Gambar 4. Hasil Pengukuran DO pada Sampel Paparan Solar	28
Gambar 5. Hasil Pengukuran pH pada Sampel Paparan Solar	29
Gambar 6. Trendline Laju Pertumbuhan <i>Chaetoceros calcitrans</i>	31
Gambar 7. Grafik Perubahan Biomassa Kering <i>Chaetoceros calcitrans</i> Paparan Solar	35
Gambar 8. Grafik Perubahan Berat Sel Paparan Solar.....	36
Gambar 9. Hasil Pengamatan Bentuk dan Panjang Sel.....	38



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Pengolahan Minyak Bumi..... 15

Tabel 2. Alat yang digunakan pada proses penelitian 17

Tabel 3. Bahan yang dibutuhkan selama proses penelitian 18

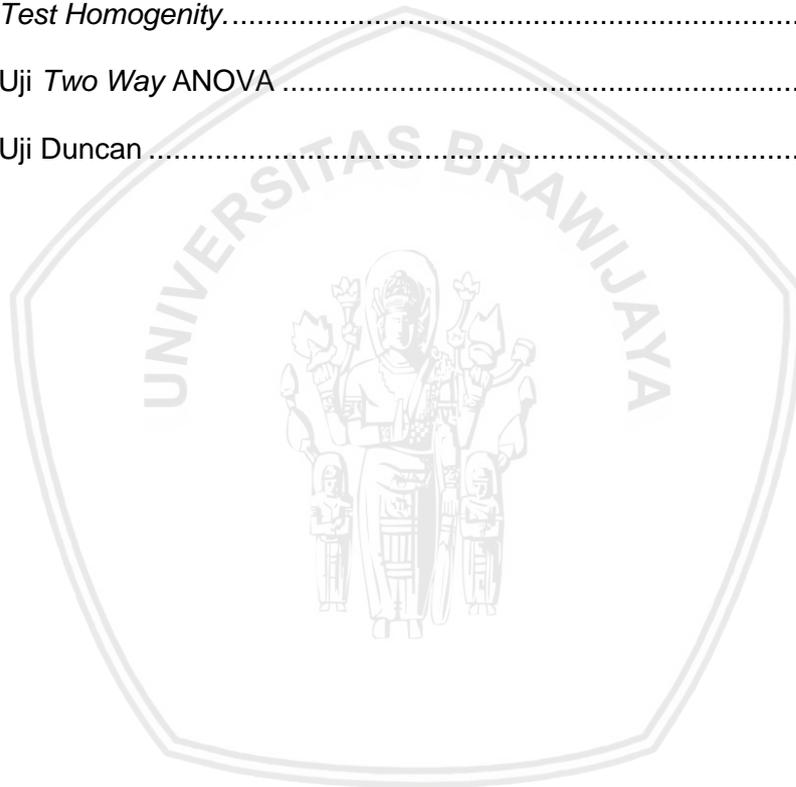
Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan 24

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kepadatan Mikroalga *Chaetoceros calcitrans*..... 30

Tabel 6. *Test Homogeneity*..... 32

Tabel 7. Uji *Two Way ANOVA* 33

Tabel 8. Uji Duncan 33



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil perhitungan kepadatan <i>Chaetoceros calcitrans</i> paparan solar	45
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Biomassa Kering <i>Chaetoceros calcitrans</i> paparan solar.....	45
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Berat Sel <i>Chaetoceros calcitrans</i> paparan solar	46
Lampiran 4. Hasil Pengukuran Suhu pada Paparan Solar	46
Lampiran 5. Hasil Pengukuran Salinitas pada Paparan Solar	46
Lampiran 6. Hasil Pengukuran DO pada Paparan Solar	47
Lampiran 7. Hasil Pengukuran pH pada Paparan Solar.....	47
Lampiran 8. Bentuk dan Panjang Sel Paparan Solar	47



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran adalah suatu keadaan dimana suatu zat atau energi dan komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang ditetapkan. Pencemaran dapat berupa buangan zat kimia limbah pabrik yang dibuang ke sungai dan mengalir ke laut (Santosa, 2013). Pencemaran laut terjadi karena banyak hal, antara lain sampah, bahan kimia dan masalah pencemaran laut yang sangat bermasalah adalah minyak, baik yang bersumber dari pemboran minyak, juga tumpahan minyak dari kegiatan transportasi di laut (Rahmayanti, 2006).

Berbagai kegiatan eksplorasi, eksploitasi, transportasi, penyimpanan, pengolahan dan distribusi minyak mentah maupun minyak olahan masih sering menghasilkan kebocoran dan atau tumpahan minyak ke lingkungan. Penanganan yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berbahaya bagi makhluk hidup (Yulia *et. al.*, 2016). Rahmayanti (2006), mengatakan bahwa beberapa komponen yang menyusun minyak juga diketahui bersifat beracun terhadap berbagai hewan maupun manusia. Minyak dapat diuraikan oleh bakteri secara alami namun memerlukan waktu yang lama. Proses penguraian minyak dapat dilakukan dengan lebih cepat oleh manusia namun memerlukan biaya yang mahal.

Bioeremidiasi merupakan salah satu cara yang efektif, efisien, ekonomis, dan tidak merusak lingkungan untuk mengatasi pencemaran di laut. Bioremediasi adalah proses penguraian secara biologi suatu polutan organik yang beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun (Yulia *et. al.*, 2016). Salah satu alternatif untuk menanggulangi lingkungan yang tercemar minyak adalah dengan

teknik bioremediasi, yaitu suatu teknologi yang ramah lingkungan, efektif dan ekonomis dengan memanfaatkan aktifitas mikroba seperti bakteri. Melalui teknologi ini diharapkan dapat mereduksi minyak buangan yang ada (Mujab, 2011).

Penelitian mengenai bioremediasi limbah hidrokarbon pada perairan laut dengan menggunakan mikroalga dilakukan untuk dapat meminimalisir dampak pencemaran. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui respon agen bioremediasi terhadap paparan hidrokarbon. Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Hidrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari kegiatan penelitian skripsi ini, yaitu:

1. Bagaimana *Chaetoceros Calcitrans* merespon minyak solar di lingkungan?
2. Apakah terdapat hubungan antara konsentrasi dan parameter lingkungan yang berbeda terhadap pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans*?
3. Bagaimana respon morfologi (biomassa dan panjang) sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* setelah diberi paparan minyak solar?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari kegiatan penelitian skripsi ini, yaitu:

1. Monitoring parameter lingkungan dan pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* setelah diberi paparan minyak solar.
2. Mengetahui nilai signifikansi antara kepadatan dan parameter lingkungan terhadap konsentrasi paparan minyak solar pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans*.
3. Mengidentifikasi perubahan morfologi (biomassa dan panjang) sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* setelah diberi paparan minyak solar.

1.4 Manfaat

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah memberikan informasi tambahan kepada masyarakat yang menggunakan minyak solar agar lebih berhati-hati di lingkungan dan memberikan informasi tentang pemanfaatan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* yang dapat digunakan sebagai agen bioremediasi bahan pencemar minyak solar. Serta dapat berguna sebagai acuan atau perbandingan bagi penelitian selanjutnya dengan tema serupa.

1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Pelaksanaan

Preparasi sampel mikroalga yang digunakan sebagai agen bioremediasi dan analisis laboratorium dilakukan pada bulan Mei 2019 hingga Juni 2019 di Laboratorium Hidrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

1.6 Hipotesis

H₀: Ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan terhadap kepadatan *Chaetoceros calcitrans* dan tidak ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan parameter lingkungan.

H₁: Tidak ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan terhadap kepadatan *Chaetoceros calcitrans* dan ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan parameter lingkungan

BAB II. TINJAU PUSTAKA

2.1 Mikroalga

2.1.1 Pengertian Mikroalga

Mikroalga merupakan tumbuhan renik yang berukuran mikroskopik (diameter antara 3-30 μm) yang termasuk dalam kelas alga dan hidup sebagai koloni maupun sel tunggal di seluruh perairan tawar maupun laut. Morfologi mikroalga berbentuk uniseluler atau multiseluler tetapi belum ada pembagian fungsi organ yang jelas pada sel-sel komponennya. Hal itulah yang membedakan mikroalga dari tumbuhan tingkat tinggi. Keanekaragaman mikroalga sangatlah tinggi, yaitu diperkirakan terdapat 200.000-800.000 spesies mikroalga yang ada di bumi. Tetapi baru sekitar 35.000 spesies saja yang telah teridentifikasi. Sel-sel mikroalga tumbuh dan berkembang pada media air, oleh karena itu mikroalga memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi dalam hal penggunaan air, karbondioksida dan nutrisi lainnya bila dibandingkan dengan tanaman tingkat tinggi (Nursyafa'ah, 2016).

Mikroalga merupakan organisme tumbuhan paling primitif berukuran seluler yang umumnya dikenal dengan nama *mikroalga*. Organisme ini merupakan produsen primer perairan yang mampu berfotosintesis dengan bantuan air, Karbondioksida, dan sinar matahari yang dapat mengubah energi kinetik menjadi energi kimiawi. Mikroalga berfotosintesis untuk menghasilkan biomassa seperti layaknya tumbuhan tingkat tinggi lainnya. Habitat hidup mikroalga adalah di perairan atau tempat-tempat lembab. Bentuk sel mikroalga beragam, ada yang berbentuk bulat, lonjong, memanjang seperti benang, bercabang atau tidak, hingga berbentuk tidak beraturan yang hidup berkelompok dan tersebar diperairan (Wang *et al.*, 2016).

2.1.2 Macam-Macam Mikroalga

Mikroalga diibaratkan sebagai pabrik kecil sel mikro yang dapat mengubah karbondioksida menjadi material potensial yang dapat dimanfaatkan seperti biodiesel, bahan pangan dan sebagai biomaterial melalui proses fotosintesis yang dibantu oleh cahaya matahari. Keberagaman mikroalga didunia tidak dapat diperkirakan karena memiliki jutaan spesies dan sampai sekarang ini banyak mikroalga yang belum diteliti dan belum dikembangbiakkan. Diperkirakan mikroalga yang sudah diketahui 200.0000- 800.000 spesies mikroalga hidup di alam dan hanya 20% sudah diketahui komponen penyusunnya. Sebagian besar mikroalga mengasilkandungan tertentu seperti antioksidan, enzim, polime, asam lemak, karotenoid hingga dapat menimbulkan racun (Hadiyanto dan Nur, 2012).

Nursyafa'ah (2016), mengatakan bahwa berdasarkan pigmentasinya mikroalga dapat diklasifikasikan pada beberapa jenis diantaranya:

1. *Cyanobacteria* atau Alga Biru Hijau

Cyanobacteria atau alga biru hijau adalah kelompok alga yang paling primitif dan memiliki sifat-sifat bakterial dan alga. Kelompok ini adalah organisme prokariotik yang tidak memiliki struktur-struktur sel seperti yang ada pada alga lainnya, contohnya nukleus dan chloroplast. Alga ini hanya memiliki chlorophil a, namun mereka juga memiliki variasi phycobilin seperti halnya carotenoid. Pigmen-pigmen ini memiliki beragam variasi sehingga warnanya bisa bermacam-macam dari mulai hijau sampai ungu bahkan merah. Alga biru hijau tidak pernah memiliki flagel, namun beberapa filamen membuat mereka bergerak ketika bersentuhan dengan permukaan.

2. Alga Hijau (Chlorophyta)

Alga hijau adalah kelompok alga yang paling baik dan memiliki banyak sifat-sifat tanaman tingkat tinggi. Kelompok alga jenis ini adalah organisme prokaryotic dan

memiliki struktur-struktur sel khusus yang dimiliki sebagian besar alga. Alga hijau memiliki kloroplas, DNA-nya berada dalam sebuah nukleus, dan beberapa jenisnya memiliki flagella. Dinding sel alga hijau sebagian besar berupa selulosa, meskipun ada beberapa yang tidak mempunyai dinding sel. Chlorophyta mempunyai klorofil a dan beberapa karotenoid. Kebanyakan alga hijau dapat menyimpan zat tepung sebagai cadangan makanan dan ada juga diantaranya yang menyimpan minyak atau lemak.

3. Chrysophyta (alga keemasan)

Alga keemasan sebagian besar termasuk jenis alga yang hidup di air tawar, namun ada juga yang hidup di air laut. Beberapa anggota kelompok alga ini memiliki flagella dan motil. Semua alga jenis ini memiliki kloroplas dan memiliki DNA yang terdapat di dalam nukleusnya. Alga ini hanya memiliki klorofil a dan c serta beberapa karotenoid seperti fucoxanthin yang memberikan warna kecoklatan. Alga ini seringkali dibudidayakan dalam bentuk uniseluler pada usaha budidaya sebagai sumber pakan.

Alga keemasan digolongkan ke dalam 3 kelas, yaitu:

- a. Kelas alga hijau-kuning (Xanthophyceae)
- b. Kelas alga kuning keemasan (Chrysophyceae)
- c. Kelas diatom (Bacillariophyceae)

2.1.3 Manfaat Mikroalga

Mikroalga merupakan komponen esensial dari ekosistem akuatik yang memproduksi oksigen dan substansi organik melalui proses fotosintesis yang sangat dibutuhkan oleh organisme lainnya. Selain itu, mikroalga juga berperan penting dalam keseimbangan ekosistem akuatik karena berada ditingkat pertama dalam rantai makanan. Mikroalga merupakan indikator yang relevan dalam monitoring lingkungan. Hal ini dikarenakan mikroalga mudah dipelihara dan memiliki sensitivitas yang tinggi

terhadap polutan. Adanya hal ini membuat mikroalga banyak dimanfaatkan untuk uji ekotoksikologi baik pada air tawar maupun air laut. Dalam uji toksisitas, beberapa parameter yang umum diperhatikan untuk memperkirakan efek dari toksikan terhadap mikroalga antara lain yaitu pertumbuhan dan aktivitas fotosintetik (Puspitasari dan Purbonegoro,2013).

Mikroalga telah banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia. Salah satu metode yang digunakan untuk mengembangkan populasi mikroalga dengan melakukan kultur mikroalga. Menurut Armanda (2013), kultur merupakan proses memperbanyak jumlah spesies mikroalga dengan cara dibiakkan pada medium tertentu dimulai dari pemisahan spesies satu dengan lainnya kemudian disimpan pada skala kecil tabung reaksi kemudian dikembangkan lagi dengan wadah yang lebih besar. Pertumbuhan pada media kultur membutuhkan kandungan oksigen, kandungan cahaya yang cukup serta suhu, salinitas, dan pH yang sesuai. Selain dikembangkan dengan proses kultur mikroalga juga dapat dimanfaatkan menjadi agen penghilang limbah/pencemar. Mikroalga yang dapat digunakan untuk mengurangi bahan pencemar seperti logam berat yang memiliki kandungan lemak dan protein sakarida. Contoh spesies mikroalga yang memiliki kandungan tersebut adalah *clorella* sp. dan *nannochloropsis* sp. hal tersebut dikaenakan *chlorella* sp. dapat hidup pada lingkungan tecemar (Arifah *et al.*, 2014).

2.2 *Chaetoceros calcitrans*

2.2.1 Morfologi dan Fisiologi *Chaetoceros calcitrans*

Hadiyanto dan Nur (2012), menjelaskan bahwa spesies ini memiliki ukuran panjang berbentuk rantai dan terdapat serabut tipis yang terdapat pada sudut- sudut dan bersatu membentuk 4-8 sel per rantai. Terdapat katup cekung pada permukaan dan lubang epitecal serta kromatofora beraturan. *Chaetoceros calcitrans* memiliki

ukuran rata – rata 4 mikron serta memiliki kandungan nutrisi cukup baik yaitu protein 37%, lemak 0.9%, karbohidrat 16,6 % dan kadar abu 28%.

Klasifikasi *Chaetoceros calcitrans*:

Filum : Bacillariophyta
Sub Filum : Bacillariophytina
Kelas : Mediophyceae
Sub kelas : Chaetocerotophycidae
Ordo : Chaetocerotales
Famili : Chaetocerotaceae
Genus : Chaetoceros
Spesies : *Chaetoceros calcitrans* (Algabase, 2019).

Chaetoceros merupakan salah satu genus berbentuk diatom yang memiliki fungsi ekologis yang penting dalam ekosistem laut. Chaetoceros juga merupakan genus diatom terbesar dalam plankton laut dengan jumlah spesies sekitar 400 spesies. Chaetoceros berperan sebagai produsen primer dan merupakan makanan penting bagi beberapa biota. Pertimbangan utama dalam pemilihan biota uji yaitu biota yang dipilih harus sensitif terhadap bahan yang digunakan dalam uji, kelimpahan tinggi dalam suatu perairan, distribusi dan ketersediaannya sepanjang tahun, bernilai ekonomis, kemudahan dalam pemeliharaan, dan keadaan fisik secara umum. Mikroalga Chaetoceros direkomendasikan menjadi biota uji karena memenuhi kriteria diatas dan memiliki peranan ekologi penting (Setiawati, 2009).

2.2.2 Ekologi *Chaetoceros calcitrans*

Penggunaan unsur hara makro dan mikro dalam media kultur Chaetoceros sp. sangat penting untuk mendapatkan nilai produktivitas kultur yang tinggi serta kualitas biomassa yang baik sehingga kebutuhan Chaetoceros sp. dapat tercukupi untuk

pembenihan laut. Pertumbuhan *Chaetoceros* sp. selain dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan pada media pertumbuhan. Lingkungan kultur *Chaetoceros* sp. yang sesuai yaitu suhu 25-30°C, salinitas 15-25 ppt, pH 7-8.5, dan intensitas cahaya ± 2000 lux yaitu dengan meletakkan lampu TL 40 watt ± 10 cm diatas permukaan media kultur dengan photoperiod 24 jam terang (Indarmawan *et al.*, 2012).

Pada piramida makanan di laut, fitoplankton menduduki paling bawah trofik level/ produsen primer. Jadi, keberadaan jumlah fitoplankton lebih banyak di lautan dibandingkan pemangsanya. *Chaetoceros calcitrans* toleran terhadap suhu air yang tinggi. Pada suhu tinggi sekitar 40°C organisme ini dapat bertahan hidup tetapi tidak dapat berkembang. Suhu optimal untuk tumbuh pada *Chaetoceros calcitrans* dialampada kisaran 25°C sampai 30°C dengan salinitas 6-50 ppm dan optimum 16-25 ppm (Armanda, 2013).

Gao dan Chi (2015), mengatakan bahwa sebagai produsen utama dalam rantai makanan, mikroalga mendukung lebih dari setengah produksi primer di dunia. Keberadaan bahan pencemar di perairan memasuki rantai makanan dan memaksa diakumulasi oleh sel fitoplankton, sehingga respon fitoplankton terhadap bahan pencemar tidak diragukan lagi dalam rantai makanan. selain itu mikroalga telah diketahui dapat mendegradasi lingkungan hal tersebut sangat mempengaruhi nasib lingkungan perairan. Fitoplankton mampu melakukan fotosintesis, selain menghasilkan oksigen untuk memenuhi kebutuhan heterotrofik bakteri dan akibatnya dapat merangsang aktivitas bakteri sehingga dapat mengurangi keberadaan bahan pencemar. Mikroalga juga dapat memiliki kemampuan mendegradasi bahan pencemar yang bersifat organik secara langsung seperti fenol, polisiklik aromatik hidrokarbon, pestisida, minyak bumi dan PAEs.

2.2.3 Fase Pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*

Chaetoceros calcitrans bereproduksi secara aseksual yakni dengan pembelahan sel dan seksual dengan pembentukan auxospora. Silikat memiliki peranan penting dalam proses reproduksi mikroalga ini sebagai bahan pembentuk cangkang. Pembelahan sel pada diatom ini sama seperti pembelahan 6 sel diatom pada umumnya, yaitu satu sel induk yang membelah akan menghasilkan dua sel anak. Pertumbuhan mikroalga dapat diukur berdasarkan jumlah biomas maupun jumlah sel dalam medianya. Fase pertumbuhan mikroalga dapat digambarkan dengan grafik dalam keadaan mikroalga homogen, sistem *batch* (terakumulasi), dengan kondisi *supply* nutrient yang ditentukan di awal pem an. Fase pertumbuhan mikroalga dapat dibedakan menjadi 5, yaitu Fase Lag, Fase Log, Penurunan Fase Log, Fase Stasioner, dan Fase Kematian (Hadiyanto dan Nur, 2012).

Pada pertumbuhan mikrolaga pada sistem kultivasi terbagi menjadi lima tahapan yaitu, fase adaptasi (*lag phase*), fase eksponensial (*log phase*), fase penurunan pertumbuhan (*declining growth*), fase stasioner, fase kematian (*death phase*) (Kawaroe *et al.*, 2012). Lima tahapan fase tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Fase Adaptasi (*Lag Phase*)

Lag phase merupakan suatu tahap setelah pemberian inokulum ke dalam media kultur dimana terjadi penundaan pertumbuhan yang dikarenakan *Chorella vulgaris* memerlukan pembelahan. Dalam hal ini tidak terjadi penambahan sel. Fase ini adalah fase penyesuaian yaitu suatu masa ketika sel-sel kekurangan metabolisme dan enzim akibat dari keadaan tidak menguntungkan dalam pembiakan terdahulu, dan masih menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru. Enzim-enzim dan zat terbentuk dan terkumpul sampai konsentrasi yang cukup untuk kelanjutan pertumbuhan.

b. Fase Eksponensial (*Log Phase*)

Pada fase ini sel–sel membelah dengan cepat dan terjadi pertambahan dalam jumlah sel. Selama fase ini, sel–sel berada dalam keadaan yang stabil. Bahan sel baru terbentuk dengan konstan tetapi bahan-bahan ini bersifat katalitik dan massa bertambah secara eksponensial. Kultur ini bertambah dengan kecepatan yang konstan. Dalam penggunaan mikroorganisme pada dunia perindustrian dibutuhkan bibit atau *starter* untuk proses fermentasi suatu bahan makanan, biasanya digunakan mikroorganisme yang sedang berada dalam fase eksponensial.

c. Fase Penurunan Laju Pertumbuhan (*Deklinasi*)

Pada fase ini terjadi pertambahan sel, tetapi laju pertumbuhannya menurun. Hal ini dikarenakan terjadinya kompetisi yang sangat tinggi di dalam media hidup karena zat makan yang tersedia tidak sebanding dengan populasi akibat dari pertumbuhan yang sangat cepat pada fase eksponensial sehingga sebagian dari populasi yang mendapatkan makan yang cukup dapat tumbuh dan membelah

d. Fase Stasioner

Pada fase ini laju pertumbuhan berbanding lurus dengan laju kematian sehingga penambahan maupun pengurangan mikroalga relatif sama, oleh karena itu kepadatan kultur menjadi tetap.

e. Fase Kematian

Pada fase ini laju kematian lebih cepat dibandingkan dengan laju pertumbuhan sehingga terjadi penurunan jumlah sel pada bak kulturisasi. Penurunan kepadatan mikroalga ditandai dengan perubahan kondisi optimum yang dipengaruhi oleh suhu, intensitas cahaya, jumlah hara yang ada dan beberapa kondisi lingkungan yang lain.

2.3 Bioremediasi

2.3.1 Pengertian Bioremediasi

Proses Bioremediasi dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya faktor lingkungan, pertumbuhan agen degradasi banyak tidaknya ditentukan oleh keberadaan jumlah nutrien. Selain dari nutrien faktor lingkungan seperti suhu, salinitas, kandungan oksigen terlarut, pencahayaan dan sistem aerasi juga berpengaruh. Pada dasarnya semua organisme yang bersifat mikro memerlukan karbon sebagai sumber energi untuk aktivitasnya (Ali, 2012). Tujuan akhir dari proses bioremediasi adalah mineralisasi bahan pencemar. Maka, untuk melakukan proses remediasi polutan diperlukan mikroorganisme yang dapat menghasilkan banyak enzim yang dapat menyerap maupun memindahkan hidrokarbon. Menurut Munir (2006), lintasan biodegradasi dapat berasal dari senyawa kimia berbahaya maupun senyawa kimia alami seperti hidrokarbon, lignin, selulosa dan hemiselulosa. Dari semua senyawa tersebut biasanya semua prosesnya sama. Polimer yang sukar didegradasi oleh lingkungan biasanya lignoselulosa.

Proses bioremediasi memanfaatkan suatu makhluk hidup khususnya organisme yang bersifat mikro dan memiliki enzim untuk menyerap/ memecah bahan polutan menjadi lebih sederhana menstabilkan, memindahkan atau bahkan menghilangkan bahan tercemar di tanah maupun suatu perairan (Wisudyawati *et al.*, 2015). Lintasan biodegradasi dapat berasal dari senyawa kimia berbahaya maupun senyawa kimia alami seperti hidrokarbon, lignin, selulosa dan hemiselulosa. Dari semua senyawa tersebut biasanya semua prosesnya sama. Polimer yang sukar didegradasi oleh lingkungan biasanya lignoselulosa (Munir, 2006).

2.3.2 Mekanisme Bioremediasi

Wang *et al.* (2016), mengatakan bahwa proses biodegradasi phenol

menggunakan mikroalga yang pertama membagi konsentrasi phenol menjadi 0 ml, 100 ml, 200 ml, 300 ml dan 500 ml dimasukkan kedalam media kultur yang sudah berisikan mikroalga. Proses biodegradasi dilakukan selama 3 hari x 24 jam. Kemudian sisa sampel biodegradasi diuji kadar sisa phenol nya dengan menggunakan metode 4-AAP Spectofotometer dengan absorban 510 nm. Mekanisme bioremediasi diawali dengan menganalisa konsentrasi kontaminan, nilai pH dan mikroorganismee yang akan digunakan sebagai obyek penelitian. Kemudian memberikan variasi stimulasi aktivitas bioremediasi seperti penambahan nutrien, pengukuran kualitas air dll. Kemudian dilakukan isolasi/ memperbanyak sel mikroorganisme, mikroalga dll yang kemudian dapat dilakukan untuk uji bioremediasi minyak (Ali, 2012).

Alga hijau memiliki struktur yang hampir sama dengan tumbuhan, salah satunya adalah dinding selnya. Beberapa dari alga mempunyai dinding sel yang tersusun atas selulosa dan sporopollenin. Sporopollenin juga terdapat pada spora dan serbuk sari yang merupakan suatu biopolimer dari karotenoid yang mempunyai kemampuan resisten yang luar biasa terhadap degradasi oleh enzim atau reagen-reagen kimia yang sifat toksisitasnya kuat. Selain mempunyai kemampuan resisten yang sangat kuat, Sporopollenin ini juga mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam dari suatu larutan membentuk kompleks logam dengan ligan. Hal ini menyebabkan alga hijau ini disebut sebagai filter feeder, yaitu organisme yang mempunyai kemampuan menyaring partikel yang berasal dari suspensi di lingkungan hidupnya. Proses yang pertama yaitu dengan cara adsorpsi dan proses yang kedua dengan cara absorpsi. Adsorpsi terjadi melalui dua proses, pertukaran dan pengikatan ion oleh gugus fungsi yang terdapat pada permukaan sel (Sulistya, 2015).

2.4 Hidrokarbon

2.4.1 Pengertian Hidrokarbon

Salah satu senyawa yang melimpah di alam adalah senyawa hidrokarbon. hidrokarbon merupakan penyusun minyak bumi. Minyak mentah digunakan sebagai pembuatan bahan bakar, bahan pelarut, bahan baku tekstil, farmasi dan digunakan pada beberapa industri (Azman, 2005). Penyebab dari pencemaran laut adalah ketika ada kapal bocor membawa minyak mentah, hal tersebut berakibat terhadap kerusakan ekosistem. Salah satu tumpahan minyak mentah yang paling berbahaya adalah minyak bumi dan produk dari petrokimia (campuran kompleks dari hidrokarbon).

Hidrokarbon minyak bumi memiliki banyak sifat yang dimiliki salah satunya hidrokarbon minyak bumi tidak larut dalam air atau sedikit yang terlarut, tetapi akan sangat larut dan menjadi satu apabila dimasukkan kedalam pelarut yang bersifat non-polar. Secara umum minyak bumi memiliki sifat-sifat fisika yang terdiri dari bobot jenis, titik didih, titik nyala dan nilai kalori, sedangkan sifat kimia dari hidrokarbon minyak bumi yaitu tersusun dari (>90%) dan non hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon dapat digolongkan menjadi 4 jenis berdasarkan molekulnya antara lain paraffin, olefin, naftalen dan aromatik, Sedangkan senyawa organik non-hidrokarbon mengandung belerang, nitrogen, oksigen, logam organik yang terkonsentrasi dalam fraksi berat dan residu (Hadiyanto and Nur, 2012).

2.4.2 Macam – Macam Hidrokarbon

Herdiyantoro (2005), mengatakan bahwa minyak bumi memiliki banyak proses yang dapat menghasilkan banyak sekali minyak yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Proses pengilangan minyak bumi merupakan pemisahan senyawa organik yang terdapat di alam dari fosil masa lampau dan pengolahan beberapa

menjadi senyawa organik lain melalui pemisahan minyak kasar dengan penyulingan bertingkat menjadi kelompok-kelompok dengan tingkat titik didih yang berbeda-beda yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Minyak Bumi

No.	Hasil	Interval Ukuran Molekul	Interval Titik Didih (°C)	Penggunaan
1.	Gas	C ₁ -C ₅	-164-30	Bahan bakar gas
2.	Eter petroleum	C ₅ -C ₇	30-90	Pelarut; binatu kimia (<i>dry cleaning</i>)
3.	Bensin	C ₅ -C ₁₂	30-200	Bahan bakar motor
4.	Minyak tanah	C ₁₂ -C ₁₆	175-275	Minyak bakar; minyak kompor
5.	Minyak diesel	C ₁₅ -C ₁₈	250-400	Bahan bakar mesin diesel
6.	Minyak pelumas	>C ₁₆	>350	Pelumasan
7.	Lilin paprafin	>C ₂₀	52-57	Lilin; korek api
8.	Aspal	-	Residu	Pelapis jalan

Sumber: Keenan *et. al.* (1993)

Macam-macam hidrokarbon ini dipisahkan dari hasil pengolahan minyak mentah. Seluruh hidrokarbon memiliki rantai karbon dan atom – atom hidrogen yang saling berikatan satu sama lain. Jenis hidrokarbon pada dasarnya dibagi 3 jenis hidrokarbon aromatic, hidrokarbon jenuh (alkana tidak memiliki ikatan rangkap/ aromatik) dan hidrokarbon tak jenuh (memiliki 1 atau lebih atom karbon). Setiap karbon mengikat 4 atom lain (Pertamina, 2015).

2.4.3 Minyak Solar

Minyak solar hasil penyulingan bahan bakar bersifat distilat dan kumpulan besar bahan kimia biasa dikenal sebagai hidrokarbon berupa bahan organik yang mengandung atom karbon dan hidrogen. Minyak solar biasanya bewarna kuning kecoklatan yang jernih berbentuk cairan mempunyai suhu rendah yang biasa disebut *Gas Oil* atau *High Speed Diesel*. Salah satu hasil dari minyak bumi adalah minyak

solar, yang diperoleh dengan cara destilasi pemisahan antara titik didih atom karbon per molekulnya dan titik didih 300-400°C (Pertamina,2005). Minyak solar biasanya digunakan sebagai bahan bakar transportasi atau angkutan umum kemudian lebih banyak digunakan pada diesel. Kebanyakan nelayan pesisir maupun kapal kecil mengoperasikan kapalnya menggunakan minyak solar. Minyak solar pada perahu nelayan sering kali dihiraukan, sehingga menyebabkan kerusakan pada ekosistem pada jangka panjang jika tidak segera ditanggulangi menyebabkan perubahan kualitas air dan menjadikan biota sekitar mati atau bahkan mejadi blooming yang berdampak negatif.



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian skripsi ini dilaksanakan pada bulan Mei 2019 hingga Juni 2019. Pelaksanaan penelitian skripsi ini meliputi preparasi sampel mikroalga yang digunakan sebagai agen bioremediasi, pengamatan laboratorium, analisis data dan penyusunan laporan skripsi.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan untuk mempermudah dalam proses penelitian, pengamatan, dan pengukuran parameter kualitas air sampel. Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Alat yang digunakan pada proses penelitian

No.	Alat	Fungsi
1.	Erlenmeyer 1000 ml	Wadah kultur mikroalga
2.	Botol bensin	Wadah saat perlakuan uji bioremediasi
3.	Autoclave	Sterilisasi dengan uap
4.	Aerator	Mesin penghasil udara
5.	Selang aerasi	Penyalur oksigen ke media kultur
6.	Batu aerasi	Membantu mengaerasi sampel
7.	Lampu TL	Sumber cahaya mikroalga
8.	Gelas ukur	Pengukur volume pada saat kultur mikroalga dan pengenceran hidrokarbon
9.	Botol film	Wadah sampel yang diambil secara berulang
10.	Pipet tetes	Membantu mengambil larutan dalam skala kecil
11.	Pipet volume	Membantu mengambil larutan dalam skala tertentu
12.	Mikroskop Binocular	Membantu melihat koloni dan sel mikroalga
13.	Haemocytometer	Wadah sampel mikroalga yang dihitung kepadatan selnya
14.	Hand Tally Counter	Membantu menghitung koloni mikroalga
15.	Timbangan analitik	Membantu menghitung koloni mikroalga
16.	Vacuum pump	Membantu menghilangkan air dari sampel mikroalga
17.	Oven	Membantu menghilangkan air dari sampel

No.	Alat	Fungsi
18.	Shaker incubator	mikroalga Membantu menghomogenkan air dengan minyak solar
19.	Mikroskop Kamera	Instrument pengambil gambar morfologi mikroalga dengan perbesaran tertentu
20.	DO meter	Pengukur kandungan DO pada air sampel
21.	pH meter	Pengukur pH air sampel
22.	Salinometer	Pengukur salinitas air sampel
23.	Thermoter digital	Pengukur suhu air sampel
24.	SPSS	Perangkat lunak untuk analisis signifikansi

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan proses penelitian. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Bahan yang dibutuhkan selama proses penelitian

No.	Bahan	Fungsi
1.	Mikroalga <i>Chaetoceros calcitrans</i>	Biota Uji
2.	Air laut steril	Larutan untuk pembuatan media
3.	Minyak solar	Bahan pencemar
4.	Aquades	Pelarut dan bahan untuk kalibrasi alat
5.	Teepol	Pembersih alat penelitian
6.	Lugol	Pengawet saat menghitung kepadatan mikroalga
7.	Silikat (S_1O_2)	Pembentuk sel diatom
8.	Vitamin	Sumber nutrisi saat kultur mikroalga
9.	Pupuk diatom	Sumber nutrisi saat kultur mikroalga
10.	Kapas gulung	Penutup wadah saat sterilisasi
11.	Kain kasa	Penutup wadah saat sterilisasi
12.	Aluminium foil	Penutup wadah saat kultur dan pengujian
13.	Plastik wrap	Penutup wadah saat kultur dan pengujian
14.	Alkohol 70%	Membersihkan haemocytometer
15.	Kertas saring <i>Whatman no.5</i>	Menyaring mikroalga
16.	Kertas label	Memberi label pada wadah dengan isi berbeda
17.	SPSS	Mengolah data statistika (<i>Anova Two-Way</i>)

3.3 Prosedur Preparasi Sampel

3.3.1 Sterilisasi Alat

Sterilisasi adalah suatu tindakan untuk menghilangkan semua bentuk mahluk hidup berupa mikroorganisme termasuk spora. Berbagai jenis alat dan metode telah ditemukan untuk membersihkan dan mensterilkan alat, antara lain menggunakan *steam pressure* atau *steam autoclave*, bahan-bahan kimia, dan juga *dry heat oven* (Tridianti, 2012).

Sebelum penelitian dilaksanakan, hal yang harus dilakukan yaitu sterilisasi ruang, alat, dan bahan. Tahap sterilisasi sangat penting dilakukan karena dapat mematikan bakteri atau kontaminan yang dapat menghambat pertumbuhan sampel. Proses sterilisasi alat laboratorium umumnya dilakukan berdasarkan pemanasan basah yaitu autoklafisasi dan pemanasan kering melalui oven. Pemantauan proses sterilisasi memiliki tiga cara, pertama secara fisika yaitu dengan mengukur suhu, tekanan dan waktu. Kedua yaitu secara kimia dengan *autoclave tape*, *sterilization pouch* akan memperlihatkan perubahan warna bila alat-alat didalamnya telah steril. Sterilisasi dengan *autoclave* dilakukan dengan suhu 121 °C, sedangkan pemanasan oven dilakukan selama 15 menit dengan suhu 125 °C. Ketiga yaitu secara biologis dengan menggunakan *spore strip* atau suspensi biakan spora (Meliawaty, 2014).

3.3.2 Kultur Mikroalga

Kultur *Chaetoceros* sp. berwarna kuning kecoklatan. Warna tersebut berkaitan dengan keberadaan karoten sebagai pigmen dominan pada mikroalga *Chaetoceros* sp. Warna kultur yang semakin pekat seiring dengan lamanya waktu kultivasi. Kepekatan warna kultur mengindikasikan bahwa terjadi penambahan sel pada kultur tersebut. Senyawa nitrogen dan fosfat adalah bentuk nutrient yang siap digunakan oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis, sehingga biasanya menjadi faktor

pembatas pertumbuhan mikroalga di laut. Silikat juga merupakan senyawa yang penting bagi produktivitas primer, terutama untuk pembentukan struktur ekstraseluler atom (Kumaningtyas *et. al.*, 2014).

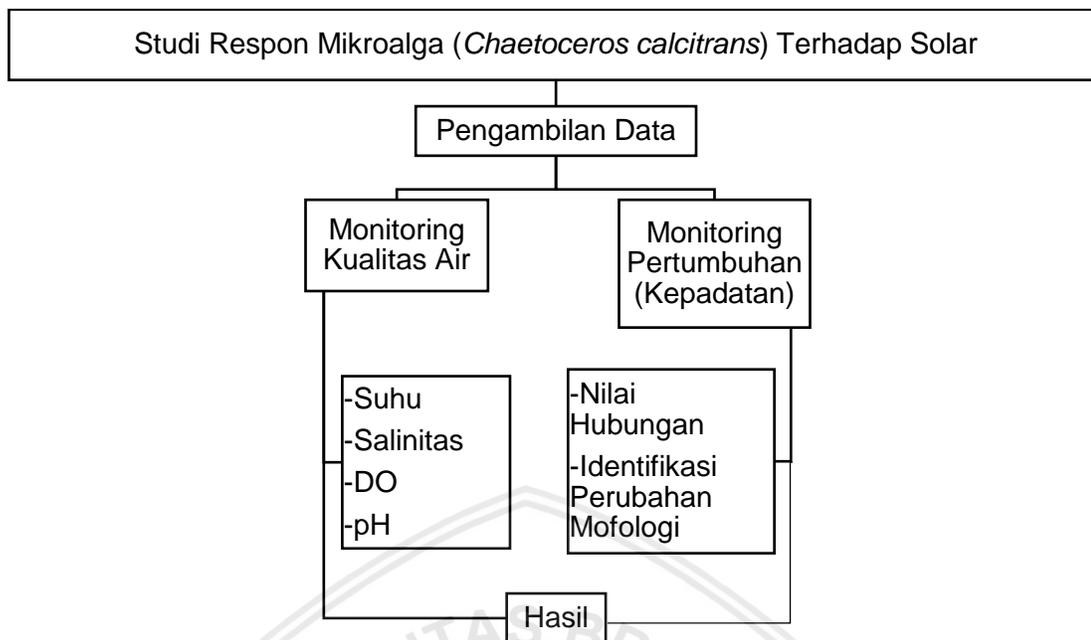
3.3.3 Perlakuan Penelitian

Bibit *Chaetoceros calcitrans* diambil dari laboratorium pakan alami BBPBAP Situbondo sebanyak 1 liter. Kemudian bibit *Chaetoceros calcitrans* selama perjalanan dalam keadaan steril dibungkus dengan plastik dan dimasukkan coolbox berisi es batu. Setelah sampai di Malang bibit *Chaetoceros calcitrans* dilakukan pengecekan terhadap kondisi bibit, sel yang masih bagus langsung dilakukan pengkulturan. Setelah dikultur selama 4-5 hari atau bibit *Chaetoceros calcitrans* terlihat tumbuh dengan baik, langsung diujikan dalam proses biodegradasi hidrokarbon dengan menggunakan minyak solar.

Chaetoceros calcitrans dimasukkan ke dalam masing-masing 12 botol kaca dengan komposisi dalam komposisi *Chaetoceros calcitrans* 10 ml, pupuk diatom 1 ml, vitamin 1 ml, silikat 1 ml, dan air laut steril yang sudah direbus sebanyak 1 liter. Masing-masing botol yang berisikan fitoplankton diberi perlakuan minyak solar dengan konsentrasi 0 ml, 5 ml, 10 ml, 20 ml dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Proses biodegradasi dilakukan pada shaker incubator dengan menggunakan aerasi dan pencahayaan menggunakan lampu neon berwarna putih sebagai proses fotosintesis fitoplankton. Selama proses degradasi dilakukan pengukuran parameter kualitas air, seperti pengukuran suhu, salinitas, kandungan oksigen terlarut (DO) dan pH.

3.4 Langkah - Langkah Penelitian

Prosedur penelitian tentang uji bioremediasi hidrokarbon dengan mikroalga disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Langkah - Langkah Penelitian

3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Pengukuran Kepadatan Mikroalga

Perhitungan kepadatan mikroalga dilakukan dengan menggunakan Haemocytometer pada Mikroskop dengan bantuan Handcounter. Siapkan mikroskop dan haemositometer yang akan digunakan lalu bersihkan hemositometer menggunakan alkohol 70%. Kemudian ambil sampel menggunakan pipet tetes dan teteskan 1ml sampel ke haemositometer. Pasang haemositometer pada mikroskop lalu hitung jumlah sel yang ada (Mahdi *et. al.*, 2012).

3.5.2 Pengumpulan Data Parameter

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga, diantaranya yaitu konsentrasi dan kualitas nutrisi dalam perairan, kandungan CO₂, temperatur, kecerahan air, salinitas, densitas, pH, turbiditas, dan lain lain (Preatiwi *et. al.*, 2017). Suhu secara langsung mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan faktor yang menentukan pertumbuhan. Suhu optimum untuk kultur mikroalga antara 25-

32°C. Proses fotosintesis mengambil CO₂ terlarut dalam air. Penurunan CO₂ akan meningkatkan nilai pH berkaitan dengan keseimbangan CO₂ terlarut dalam air. Kadar salinitas pada media kultur memang sangat mempengaruhi kepadatan mikroalga.

3.5.3 Pengukuran Berat Sel Mikroalga

Pengukuran berat sel mikroalga dilakukan dengan cara meneteskan mikroalga pada kertas saring (W₁). Sebelumnya, timbang terlebih dahulu kertas saring tersebut. Selanjutnya kertas saring yang sudah berisikan mikroalga divacuum pump untuk menghilangkan air. Setelah itu, dimasukkan ke dalam oven pada suhu 50°C selama 30 menit. Setelah kering, timbang kembali kertas saring yang berisikan mikroalga tersebut (W₂). Lalu dapat didapatkan berat mikroalga dalam satuan gram/ml menggunakan rumus W₂ - W₁ (Mahdi *et. al.*, 2012).

Berat sel mikroalga (gram/sel) dapat diketahui dengan menggunakan data kepadatan sel (sel/ml) dan data biomassa kering (gram/ml). Berat sel dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Berat Sel Kering} \left(\frac{\text{gram}}{\text{sel}} \right) = \frac{\text{Biomassa Kering (gram)}}{\text{Kepadatan Sel} \left(\frac{\text{sel}}{\text{ml}} \right)}$$

3.5.4 Perubahan Morfologi Mikroalga

Perkembangan teknologi saat ini cukup maju dengan pesat. Oleh karena itu, dirancang alat modifikasi mikroskop yang dilengkapi dengan kamera dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mengolah gambar. Modifikasi mikroskop dengan menggunakan sistem digital kamera dan pengolahan citra digital ini menggunakan mikroskop monokuler yang nantinya akan dihubungkan dengan perangkat komputer. Selain perangkat keras yang digunakan untuk modifikasi alat, modifikasi juga dilakukan dengan membuat perangkat lunak yang menggunakan program matlab untuk pengolahan citra digitalnya. Pada proses pengolahan citra digital, digunakan

metode super resolusi untuk mendapatkan citra dengan resolusi tinggi. Cara kerja rangkaian secara umum adalah bayangan dari sampel akan ditangkap oleh lensa obyektif dari mikroskop dan setelah mendapat perbesaran yang diinginkan bayangan pada lensa okuler akan diterima oleh kamera dan gambar dari kamera akan diteruskan ke perangkat komputer untuk diolah. Sehingga gambar yang telah diolah tersebut dapat ditampilkan pada monitor komputer (Raya *et. al.*, 2012).



BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Uji Bioremediasi Oil

4.1.1 Monitoring Kualitas Air

Parameter lingkungan paparan solar berfungsi untuk mengetahui kualitas air untuk memonitoring daya dukung lingkungan terhadap mikroalga. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran parameter lingkungan yaitu suhu, DO, pH dan salinitas. Pada penelitian ini, parameter lingkungan diukur setiap 12 jam sekali. Suhu, DO, pH, dan salinitas merupakan parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans*, sehingga dapat diketahui apakah keadaan lingkungan tempat tumbuh mikroalga *Chaetoceros calcitrans* dalam kondisi yang baik atau tidak. Data hasil pengukuran parameter lingkungan paparan solar disajikan pada Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan

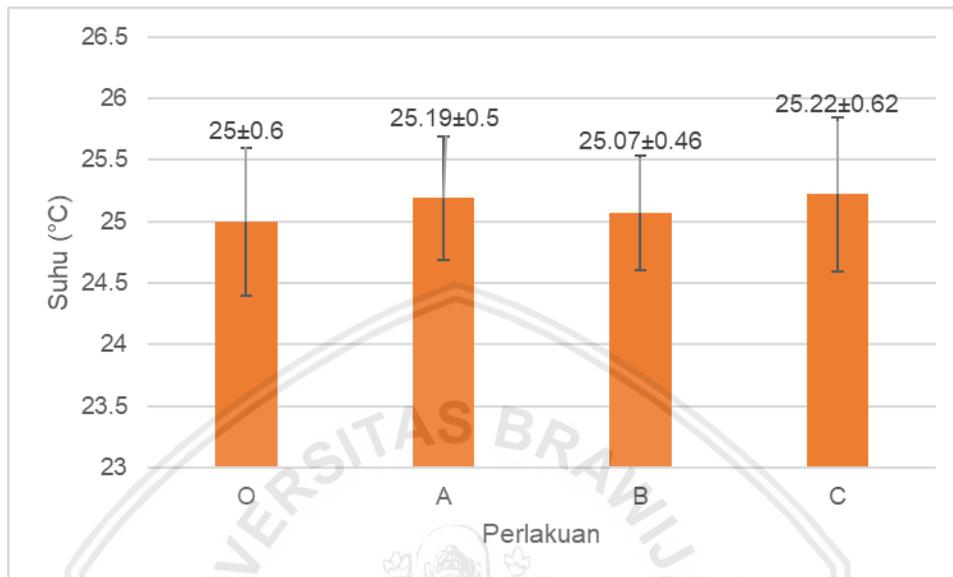
Konsentrasi Solar	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	DO (mg/l)	pH
0 ml (O)	25.00±0.60	37.63±0.84	5.52±0.18	6.54±0.52
5 ml (A)	25.19±0.50	38.63±0.68	5.54±0.18	6.42±0.62
10 ml (B)	25.07±0.47	38.81±1.11	5.50±0.16	6.97±0.43
20 ml (C)	25.22±0.62	34.98±0.97	5.44±0.16	6.88±0.54
Rata-rata	25.12±0.55	37.51±0.89	5.50±0.17	6.70±0.53

* keterangan \pm = st.dev

Nilai rata-rata suhu pada paparan solar adalah 25.12°C dengan standar deviasi 0.55. Selanjutnya nilai rata-rata salinitas pada paparan solar adalah 37.51 ppt dengan standar deviasi 0.89. Lalu nilai rata-rata DO paparan solar adalah 5.50 mg/l dengan standar deviasi 0.17. Sedangkan nilai rata-rata pH paparan solar yaitu 6.70 dengan standar deviasi 0.53. Hasil dari besarnya nilai dari masing-masing parameter menunjukkan bahwa pada seluruh perlakuan memiliki suhu, salinitas, oksigen terlarut dan pH yang terkontrol.

4.1.1.1 Suhu

Hasil pengukuran suhu pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans* diseluruh perlakuan paparan solar disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengukuran Suhu pada Sampel Paparan Solar

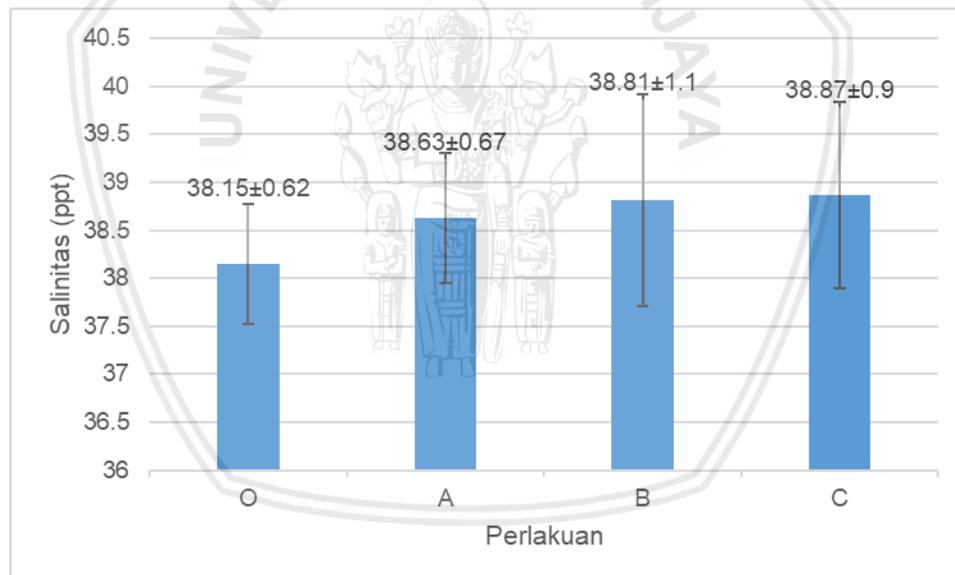
Dilihat dari Gambar 3, data yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu pada paparan solar memiliki rentang dari 24 – 25,5°C. Hal tersebut terjadi karena suhu sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar. Hal lain yang dapat mempengaruhi suhu adalah aktivitas akumulasi solar. Sehingga aktivitas metabolisme yang terjadi pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans* pada paparan solar lebih besar dari pada *Chaetoceros calcitrans* yang tidak terpapar solar. Menurut Manurung (2008), temperatur 20 - 30°C membuat pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* terjadi secara normal, sedangkan temperatur yang optimal bagi pertumbuhannya adalah 25 - 30°C.

Pengukuran suhu dilakukan agar pada penelitian ini memiliki nilai suhu yang terkontrol. Perbandingan suhu antar konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang

sangat signifikan. Nilai rata-rata suhu yang terdapat pada kontrol (O) didapatkan sebesar 25°C. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 5 ml (A) didapatkan rata-rata suhu sebesar 25,19°C. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 10 ml (B) didapatkan rata-rata suhu sebesar 25,07°C. Sedangkan pada media dengan konsentrasi solar sebesar 20 ml (C) didapatkan rata-rata suhu sebesar 25,22°C. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa rata-rata suhu terendah ada pada kontrol, sedangkan suhu tertinggi ada pada media dengan konsentrasi solar sebesar 20 ml.

4.1.1.2 Salinitas

Hasil pengukuran salinitas pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans* diseluruh perlakuan paparan solar disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Salinitas pada Sampel Paparan Solar

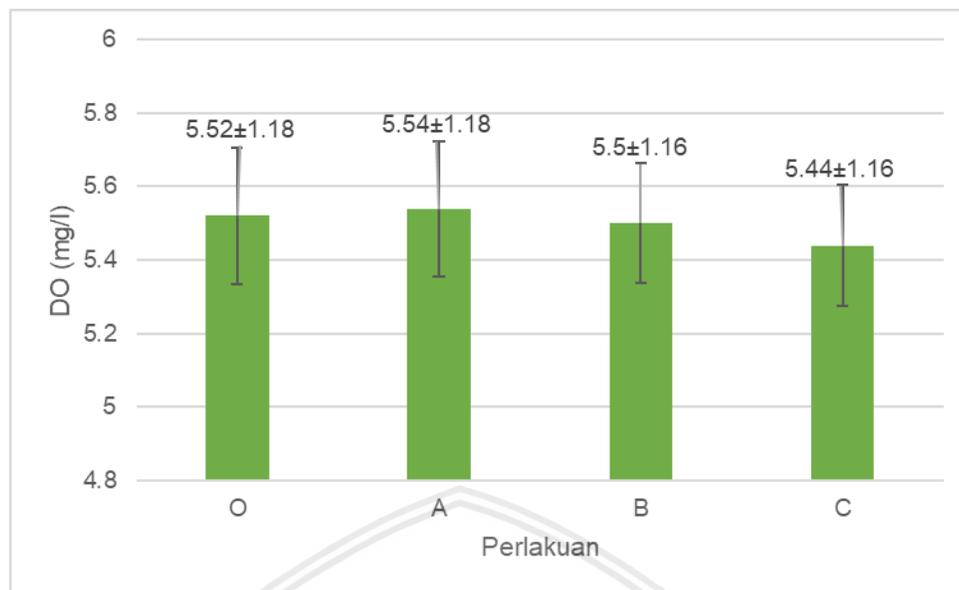
Dilihat dari Gambar 4, data yang diperoleh menunjukkan bahwa salinitas pada paparan solar memiliki rentang dari 38 - 39 ppt. Salinitas tersebut didapat dari kondisi air dimana air tersebut merupakan air laut yang telah disterilisasi dengan cara direbus

terlebih dahulu. Mikroalga jenis diatom *Chaetoceros calcitrans* dapat bertahan hidup pada salinitas tinggi 6-50 ppt dan suhu tinggi sampai 40°C. Mikroalga jenis *chaetoceros* sp. dapat dengan mudah dipelihara dan memiliki pertumbuhan yang lebih cepat (Rahmadiani, 2013).

Pengukuran salinitas dilakukan agar pada penelitian ini memiliki nilai salinitas yang terkontrol. Perbandingan salinitas antar konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai rata-rata salinitas yang terdapat pada kontrol (O) didapatkan sebesar 38,15 ppt. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 5 ml (A) didapatkan rata-rata salinitas sebesar 38,63 ppt. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 10 ml (B) didapatkan rata-rata salinitas sebesar 38,81 ppt. Sedangkan pada media dengan konsentrasi solar sebesar 20 ml (C) didapatkan salinitas sebesar 38,87. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa rata-rata salinitas terendah ada pada kontrol, sedangkan salinitas tertinggi ada pada media dengan konsentrasi solar sebesar 20 ml.

4.1.1.3 Dissolved Oxygen (DO)

Hasil pengukuran oksigen terlarut pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans* diseluruh perlakuan dengan paparan solar disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengukuran DO pada Sampel Paparan Solar

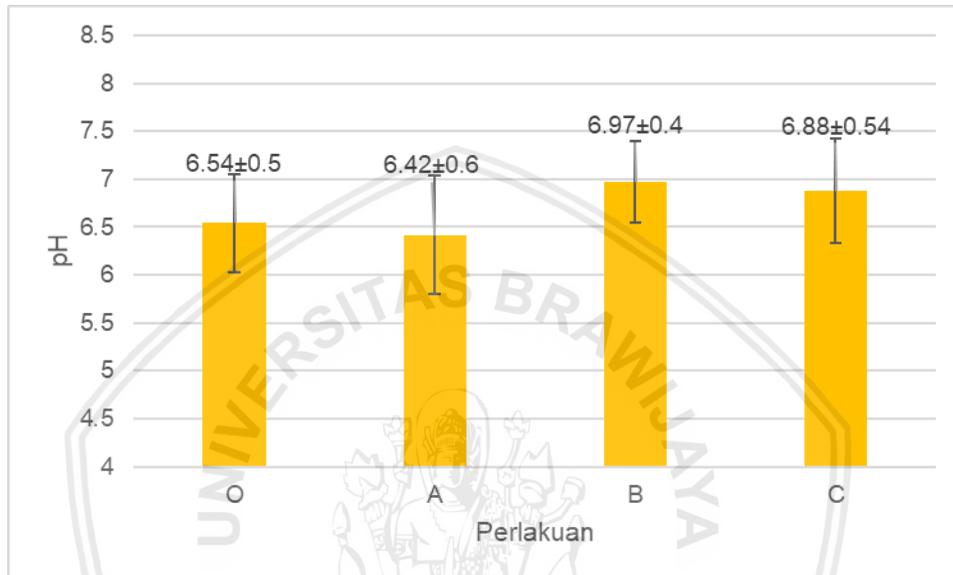
Dilihat dari Gambar 5, data yang diperoleh menunjukkan bahwa DO (*Dissolved Oxygen*) dengan paparan solar memiliki rentang dari 5,4 – 5,55 mg/l. Oksigen terlarut diperlukan *Chaetoceros calcitrans* untuk melakukan respirasi. Oksigen terlarut dihasilkan dari hasil fotosintesis dan difusi dari udara. Mikroalga yang dikembangkan pada laboratorium membutuhkan oksigen terlarut yang cukup. 5-7 mg/l merupakan kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan agar produktivitas mikroalga tinggi (Dyah, 2011).

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan agar pada penelitian ini memiliki nilai oksigen terlarut yang terkontrol. Perbandingan salinitas antar konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 5 ml (A) didapatkan rata-rata DO sebesar 5,54 mg/l. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 10 ml (B) didapatkan rata-rata DO sebesar 5,5 mg/l. Sedangkan pada media dengan konsentrasi solar sebesar 20 ml (C) didapatkan rata-rata DO sebesar 5,44. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa rata-

rata DO terendah ada pada media dengan konsentrasi solar sebesar 20 mg/l, sedangkan suhu tertinggi ada pada media dengan konsentrasi solar sebesar 5 ml.

4.1.1.4 pH

Hasil pengukuran pH pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans* diseluruh perlakuan papadaran solar disajikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Hasil Pengukuran pH pada Sampel Paparan Solar

Dilihat dari Gambar 5, data yang diperoleh menunjukkan bahwa pH pada paparan solar memiliki rentang dari 6.03 – 7.87. pH pada paparan solar ini menunjukkan nilai yang semakin menurun. Kondisi perairan yang terlalu asam atau terlalu basa akan mengganggu proses metabolisme dan respirasi sehingga membahayakan kehidupan organisme (Hamuna, 2018).

Pengukuran pH dilakukan agar pada penelitian ini memiliki nilai pH yang terkontrol. Perbandingan salinitas antar konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai rata-rata pH yang terdapat pada kontrol (O) didapatkan sebesar 6,54. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 5 ml (A) didapatkan rata-

rata pH sebesar 6,42. Pada media dengan konsentrasi minyak solar sebesar 10 ml (B) didapatkan rata-rata pH sebesar 6,97. Sedangkan pada media dengan konsentrasi solar sebesar 20 ml (C) didapatkan rata-rata pH sebesar 6,88. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa rata-rata pH terendah ada pada media dengan konsentrasi solar sebesar 5 ml, sedangkan suhu tertinggi ada pada media dengan konsentrasi solar sebesar 10 ml.

4.1.2 Monitoring Pertumbuhan Mikroalga *Chaetoceros calcitrans*

Monitoring pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* dilakukan dengan cara menghitung kepadatan sel pada mikroskop. Dilakukan pengamatan pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* untuk memonitoring tingkat penurunan atau peningkatan sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* pada setiap konsentrasi paparan solar. Hasil monitoring pertumbuhan kepadatan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* setiap 12 jam dapat dilihat pada Tabel 4.

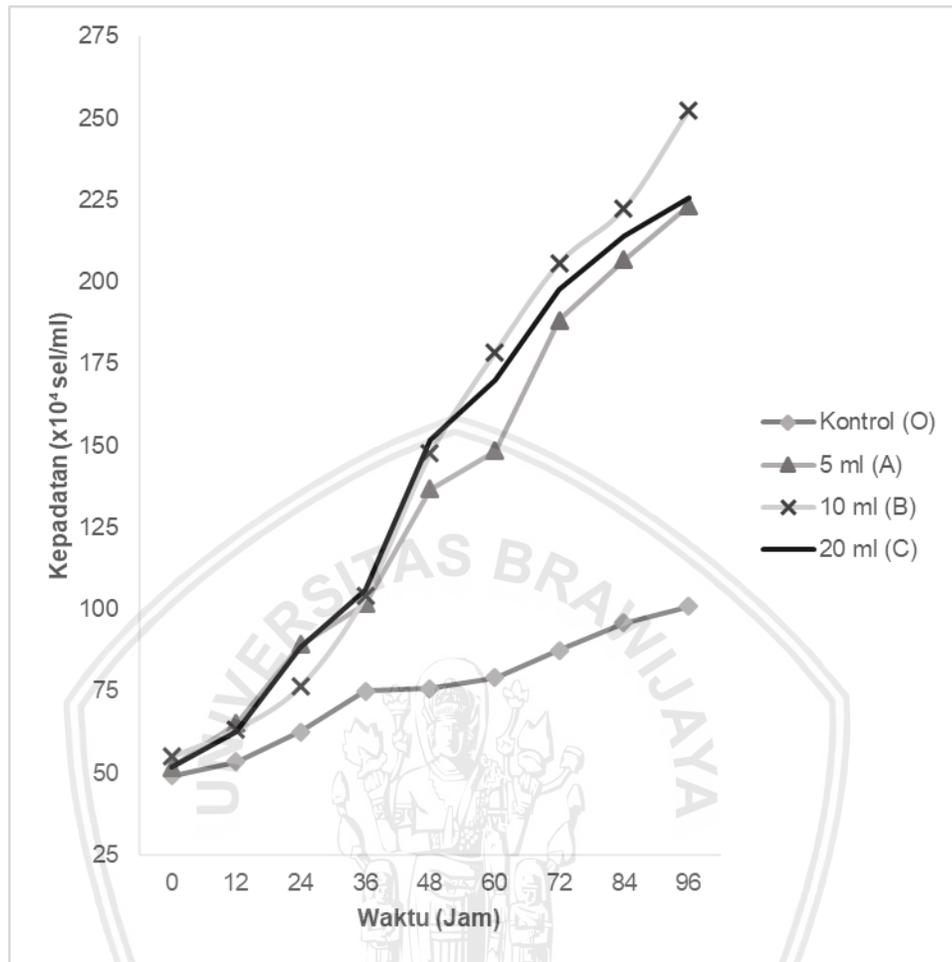
Tabel 5. Hasil Pengukuran Kepadatan Mikroalga *Chaetoceros calcitrans*

Waktu (Jam)	Kepadatan <i>Chaetoceros calcitrans</i> paparan solar ($\times 10^4$ sel/ml)			
	Kontrol (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	49.17	51.67	55	51.67
12	53.33	65	63.33	62.5
24	62.5	89.17	76.67	88.33
36	75	101.67	104.17	105.83
48	72.5	136.67	147.5	151.67
60	79.17	148.33	178.33	148.33
72	87.5	188.33	205.83	197.5
84	95.83	206.67	222.5	214.17
96	100.83	223.33	252.5	225.67
Rata-Rata	75.46 \pm 17.94	134.54 \pm 62.27	145.09 \pm 73.73	140.83 \pm 64.51

* Keterangan \pm = st. dev

Grafik hasil monitoring pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans*

paparan solar pada setiap konsentrasi paparan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Trendline Laju Pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*

Dilihat dari Gambar 7, pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* paparan solar memiliki trend kepadatan sel yang meningkat. Menurut Rizky *et. al.* (2012), fase hidup mikroalga *Chaetoceros calcitrans* adalah 13 hari. Hari ke-9 adalah merupakan puncak fase eksponensial dari mikroalga *Chaetoceros calcitrans* ini. Sehingga pada perlakuan kontrol penelitian ini tidak terlihat keseluruhan fase karena penelitian dilakukan selama 4 hari (96 jam). Nilai kepadatan tertinggi pada paparan solar dimiliki oleh perlakuan paparan konsentrasi solar 10 ml (B) pada jam ke-96 yaitu sebesar $252,5 \times 10^4$ sel/ml, sedangkan nilai kepadatan terendah pada paparan solar

dimiliki oleh perlakuan paparan konsentrasi solar 0 ml atau kontrol (O) pada jam ke-96 yaitu sebesar $100,83 \times 10^4$ sel/ml.

Pada saat proses degradasi, pada media yang belum melalui proses degradasi memiliki warna media yang jernih dan terdapat lapisan minyak dibagian atasnya. Setelah diuji degradasi, warna media berubah menjadi keruh dan sudah tidak terdapat lapisan minyak lagi. Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa pada saat degradasi fitoplankton menggunakan pupuk dan vitamin untuk menyuplai energi, energi tersebut digunakan untuk memecah rantai pada ikatan minyak solar tersebut. Minyak solar dapat digunakan oleh fitoplankton untuk proses metabolisme, mikroorganisme tersebut akan mengubah limbah organik menjadi senyawa organik sederhana dan mengkonversikannya menjadi gas karbondioksida (CO₂), air (H₂O) dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya (Doraja, 2012).

4.2 Analisis Hubungan Kepadatan dan Parameter Lingkungan Terhadap *Chaetoceros calcitrans*

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) factorial. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah konsentrasi dan parameter lingkungan yang berbeda memiliki pengaruh terhadap kepadatan atau pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*. Data kepadatan yang diperoleh kemudian dianalisa dengan menggunakan uji *Two Way ANOVA*, dengan syarat bahwa data harus terdistribusi normal, yaitu dengan melakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. *Test Homogeneity*.

Test of Homogeneity	
	Sig.
Kepadatan	0,200

Berdasarkan Tabel diketahui bahwa data terdistribusi normal dan homogen

dikarenakan nilai sig > 0,05 (Hermawan *et al*, 2017). Dapat dilihat pada table 7 merupakan hasil uji *Two Way* ANOVA.

Tabel 7. Uji *Two Way* ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects	
Source	Sig.
Corrected Model	0,000
Intercept	0,000
Konsentrasi	0,000
Lingkungan	1,000
Konsentrasi*Lingkungan	1,000

Hasil uji *Two Way* ANOVA pada Tabel 7 menunjukkan bahwa konsentrasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kepadatan dengan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$). Pada parameter lingkungan tidak memberikan pengaruh terhadap konsentrasi dengan nilai signifikansi 1,000. Pada interaksi antara seluruh faktor perlakuan memberikan pengaruh nyata dengan nilai 0,000 ($p < 0,05$). Oleh karena itu hipotesis nol (H_0) diterima, sehingga disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari masing-masing perlakuan terhadap kepadatan dan tidak ada pengaruh yang signifikan dari masing-masing perlakuan terhadap parameter lingkungan.

Tabel 8. Uji Duncan

Solar	N	Duncan		
		Subset		
		a	b	c
Kontrol	12	1.0067E2		
5 ml	12		2.2333E2	
10 ml	12			2.5267E2
20 ml	12		2.2600E2	

Dilihat pada tabel 8 menunjukkan bahwa, nilai rata-rata perlakuan kontrol berbeda secara nyata dengan perlakuan 5 ml, 10 ml dan 20 ml karena memiliki notasi subset yang berbeda. Nilai rata-rata perlakuan 5 ml berbeda secara nyata dengan

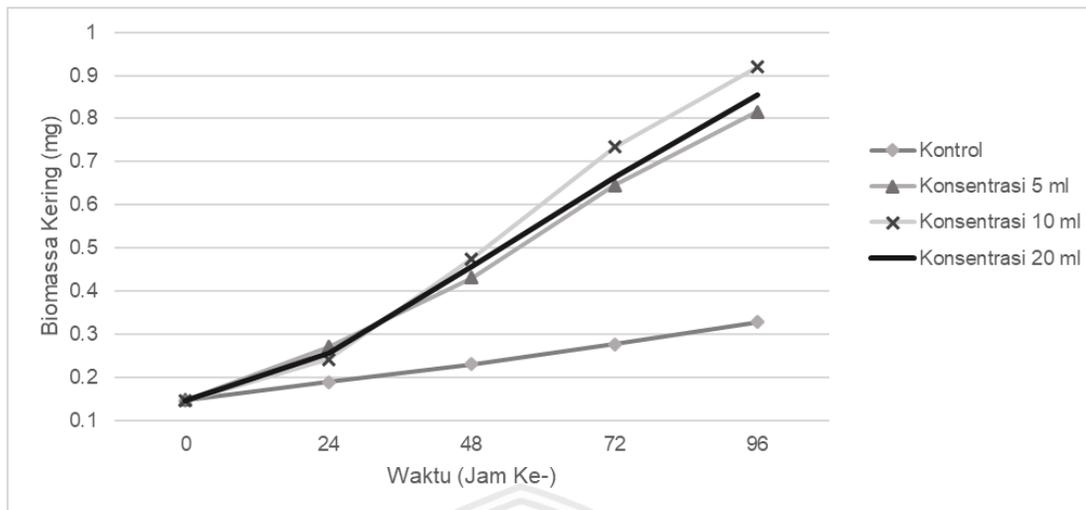
perlakuan kontrol dan 10 ml karena memiliki notasi subset yang berbeda, akan tetapi tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan 20 ml karena memiliki notasi subset yang sama. Nilai rata rata perlakuan 10 ml berbeda secara nyata dengan perlakuan kontrol, 5 ml dan 20 ml karena memiliki notasi subset yang berbeda. Dapat dilihat pada tabel 8 tersebut dapat diketahui bahwa dari keempat perlakuan konsentrasi paparan minyak solar yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan adalah perlakuan paparan minyak solar dengan konsentrasi sebesar 10 ml.

4.3 Analisis Respon (Morfologi) Mikroalga

Analisis perubahan morfologi sel dilakukan untuk melihat apakah terjadi perubahan morfologi pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans* setelah dilakukan uji bioremediasi. Perubahan morfologi mikroalga *Chaetoceros calcitrans* pada penelitian ini dilihat dengan menghitung berat sel kering dan mengamati bentuk serta panjang sel.

4.3.1 Hasil Pengukuran Biomassa Kering

Pengukuran biomassa kering dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik. Tujuan dari pengukuran biomassa kering ini untuk mengetahui besarnya berat keseluruhan pada *Chaetoceros calcitrans* setelah diberi perlakuan paparan minyak solar. Berdasarkan pengukuran biomassa kering paparan solar didapatkan hasil yang disajikan pada Gambar 7.



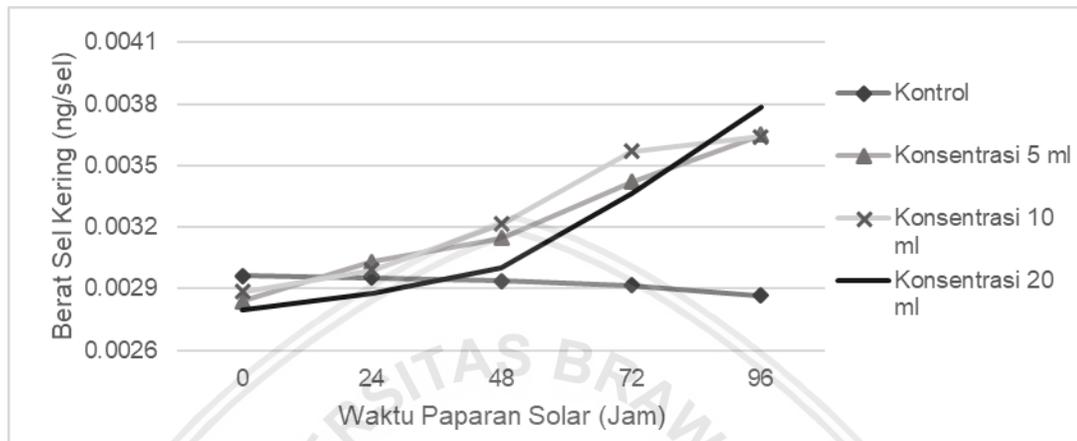
Gambar 7. Grafik Perubahan Biomassa Kering *Chaetoceros calcitrans* Paparan Solar

Secara keseluruhan, pengukuran biomassa kering paparan solar dapat diasumsikan memiliki trend biomassa kering yang meningkat. Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa trend pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* pada media kontrol dan media yang diberikan perlakuan minyak solar memiliki perbedaan trend pertumbuhan, dimana trend pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* yang mendapat perlakuan penambahan minyak memiliki fase kehidupan lebih lama dibanding dengan kontrol. Hal tersebut dikarenakan minyak solar yang terdapat pada media degradasi dapat digunakan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* sebagai pupuk alternative atau pupuk tambahan sebagai nutrient. Akan tetapi, pada batas toleransi tertentu banyaknya minyak solar yang terdapat pada media degradasi dapat menjadi polutan terhadap mikroalga *Chaetoceros calcitrans* karena mikroalga *Chaetoceros calcitrans* tidak dapat mentoleransi minyak ada konsentrasi tertentu sehingga dapat mengakibatkan kematian pada mikroalga *Chaetoceros calcitrans* tersebut. Diasumsikan besarnya konsentrasi paparan yang diberikan kepada mikroalga

Chaetoceros calcitrans masih dapat ditoleransi karena pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* terus meningkat.

4.3.2 Hasil Pengukuran Berat Sel Kering

Hasil perhitungan berat sel kering paparan solar disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perubahan Berat Sel Paparan Solar

Secara keseluruhan, perubahan berat paparan solar memiliki model yang sama yaitu trend berat selnya naik kecuali perlakuan 0 ml/kontrol (O). Diasumsikan pada perlakuan 5 ml solar (A), 10 ml solar (B), dan 20 ml solar (C) mengalami kenaikan berat sel karena telah menyerap solar. perlakuan dengan konsentrasi paparan 0 ml/kontrol (O) mengalami penurunan nilai berat sel namun seperti pada gambar 9 diketahui bahwa kepadatan selnya bertambah.

Dilihat pada Gambar 8, keempat perlakuan tersebut memiliki nilai berat sel kering tertinggi pada solar dimiliki oleh perlakuan paparan solar konsentrasi 20 ml pada jam ke 96 yaitu sebesar 0,0037 ng/sel dan nilai berat sel kering terendah terdapat pada paparan solar konsentrasi 0 ml/kontrol (O) pada jam ke 96 yaitu sebesar 0,0027 ng/sel.

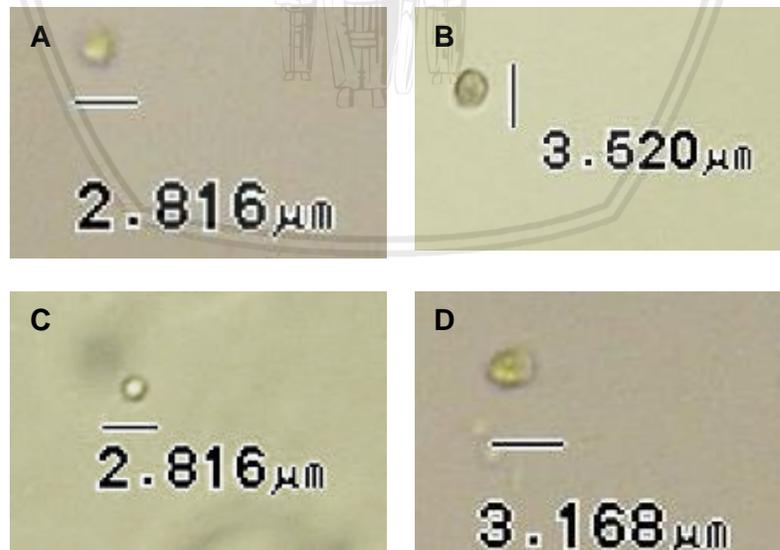
Minyak solar yang semula berbentuk layer pada bagian permukaan media lama kelamaan akan terpecah dan menjadi butiran-butiran yang lebih kecil.

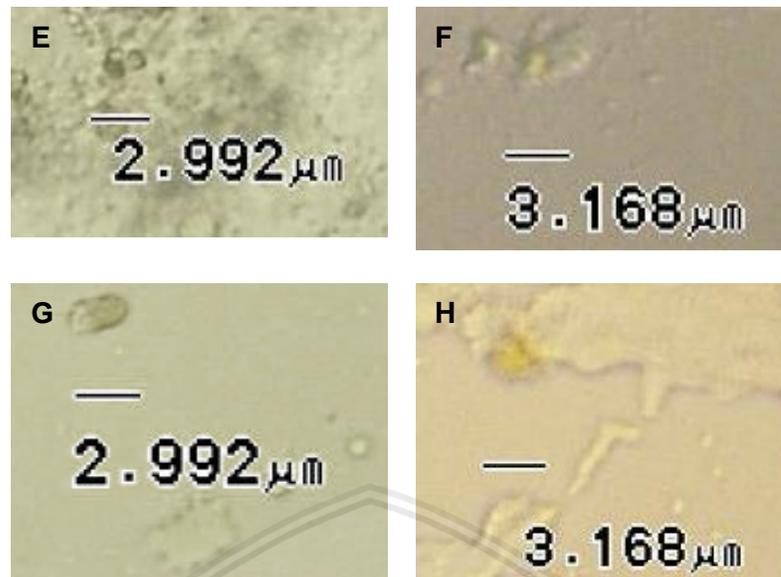
Terbentuknya butiran-butiran kecil itu disebabkan oleh produksi Biosurfaktan oleh mikroorganismenya, semakin banyak butiran-butiran minyak yang terbentuk menandakan semakin banyak Biofaktan terbentuk. Biofaktan yaitu senyawa yang dihasilkan oleh organisme yang bersifat alami, tidak beracun dan bersifat biodegradable (Ristiati, 2013).

Biosurfaktan dapat membantu melepaskan senyawa hidrokarbon dalam senyawa organik dan meningkatkan konsentrasi senyawa hidrokarbon dalam air melalui pelarutan ataupun emulsifikasi dengan demikian laju transfer senyawa hidrokarbon ke dalam mikroorganismenya semakin meningkat (Nababan, 2008).

4.3.3 Hasil Pengamatan Bentuk dan Panjang Sel

Hasil pengamatan bentuk mikroalga *Chaetoceros calcitrans* dan panjang sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* paparan solar dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil pengamatan bentuk mikroalga *Chaetoceros calcitrans* dan panjang sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* untuk secara keseluruhan pengamatan pada seluruh konsentrasi perharinya dapat dilihat pada lampiran 8.





Gambar 9. Hasil Pengamatan Bentuk dan Panjang Sel

Keterangan: (A) O Jam ke-0; (B) O Jam ke-96; (C) A Jam ke-0; (D) A Jam ke-96; (E) B Jam ke-0; (F) B Jam ke-96; (G) C Jam ke-0; (H) C Jam ke-96.

Dilihat pada jam ke-0 dan jam ke-96, sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* tidak mengalami perubahan bentuk pada setiap konsentrasinya. Sel mikroalga *Chaetoceros calcitrans* mengalami perubahan panjang pada setiap konsentrasinya. Dilihat pada Tabel 7, pada konsentrasi 0 ml/kontrol (O) pada akhir pengamatan (jam ke-96) tidak membentuk agregat. Pada konsentrasi 5 ml (A) pada akhir pengamatan (jam ke-96) tidak membentuk agregat. Pada konsentrasi 10 ml (B) pada akhir pengamatan (jam ke-96) tidak membentuk agregat. Pada konsentrasi 20 ml (C) pada akhir pengamatan (jam ke-96) tidak membentuk agregat.

Dilihat pada Gambar 8, seluruh konsentrasi memiliki penambahan panjang. Konsentrasi 0 ml/kontrol (O) memiliki penambahan panjang yang semula memiliki panjang 2,816 μm pada jam ke-0 menjadi 3,520 μm pada jam ke-96. Konsentrasi 5 ml (A) memiliki penambahan panjang yang semula memiliki panjang 2,816 μm pada jam ke-0 menjadi 3,168 μm pada jam ke-96. Konsentrasi 10 ml (B) memiliki

penambahan panjang yang semula memiliki panjang 2,992 μm pada jam ke-0 menjadi 3,168 μm pada jam ke-96. Konsentrasi 20 ml (C) memiliki penambahan panjang yang semula memiliki panjang 2,992 μm pada jam ke-0 menjadi 3,168 μm pada jam ke-96.



BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian tentang pemantauan potensi mikroalga *Chaetoceros calcitrans* sebagai agen bioremediasi hidrokarbon didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, parameter lingkungan yang diukur yaitu suhu, salinitas, oksigen terlarut dan pH didapat dikatakan bahwa pada seluruh media uji memiliki parameter yang terkontrol dan homogen.
2. Nilai hubungan menunjukkan bahwa konsentrasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kepadatan dengan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), sedangkan parameter lingkungan tidak memberikan pengaruh terhadap dengan nilai signifikansi 1,000. Konsentrasi yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga yaitu terdapat pada konsentrasi 10 ml.
3. Di akhir paparan solar pada seluruh konsentrasi paparan terjadi peningkatan berat sel kering, penambahan sel dan peningkatan biomassa kering sedangkan bentuk sel tidak terjadi perubahan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengukuran komposisi kimia pada mikroalga seperti kadar protein, lemak dan karbohidrat sebelum dan sesudah paparan solar pada penelitian selanjutnya. Hal itu bertujuan untuk mengetahui apakah paparan solar dapat merusak komposisi kimia pada mikroalga yang akan mempengaruhi berat individu selnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Algaebase. 2019. Spesies *Chaetoceros calcitrans*. <http://www.algaebase.org/>
- Ali, M., 2012. Tinjauan Proses Bioremediasi Melalui Pengujian Tanah Tercemar Minyak. UPN Press, Surabaya.
- Arifah, S., et al., 2014. Studi Kemampuan *Nannochloropsis sp.* dan *Chlorella sp.* Sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan. Universitas Airlangga.
- Armanda, D.T., 2013. The Growth Of Diatom *Skeletonema Costatum* (Greville) Cleve Of Jepara Isolates Cultures In F/2 Dan Conway Culture. Bioma 2.
- Aryanto.2017. Pengaruh Penambahan CO₂ Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella sp.* Skripsi.Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB: Bogor.
- Azman WZ. 2005. Bahaya Minyak Solar. Pusat Racun Negara, USM, Malaysia.
- Dyah, P. S. 2011. Produksi Biodiesel dari Mikroalga *Chlorella sp.* dengan Metode Esterifikasi In-Situ. Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Gao, J., Chi, J., 2015. Biodegradation of phthalate acid esters by different marine microalgal species. Mar. Pollut. Bull. 99, 70–75. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.07.061
- Hadiyanto, H., Nur, M.A., 2012. Mikroalga: Sumber Pangan & Energi Masa Depan. UNDIP Press.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito., Maury, H. K., dan Alianto. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. Jurnal Ilmu Lingkungan. Vol. 16. No. 1. Hal: 35-43. ISSN 1829-8907
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., Sugesty, S., 2016. Bioremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah terkontaminasi limbah sludge industri kertas proses deinking. Jurnal Selulosa Vol.1 No. 1 hlm. (31-41)
- Herdiantoro, D., 2005. Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi oleh *Bacillus sp.* Galur ICBB 7859 Dan ICBB 7865 Dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah dengan Penambahan Surfaktan. Bogor Sekol. Pasca Sarj. IPB.

- Hermawan, D. P., Herumurti, D. & Kuswardayan, I., 2017. Efektivitas Penggunaan Game Edukasi Berjenis Puzzle, Rpg Dan Puzzle Rpg Sebagai Sarana Belajar Matematika. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*. 15 (2): 195 – 205.
- Indarmawan, Taufik, A., Shofy Mubarak., Gunanti Mahasri. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk *Azolla Pinnata* Terhadap Populasi *Chaetoceros* sp. Effect Of *Azolla Pinnata* Fertilizer Concentration On *Chaetoceros* sp. Population. *Journal of Marine and Coastal Science* Vol.1(1), 61 – 70.
- Kawaroe, M., Pratono, T., Rachmat, A., Sari, D.W., Augustine, D., 2012. Laju Pertumbuhan Spesifik dan Kandungan Asam Lemak pada Mikroalga *Spirulina platensis*, *Isochrysis* sp. dan *Porphyridium cruentum* (Specific Growth Rate and Fatty Acid Content of Microalgae *Spirulina platensis*, *Isochrysis* sp. and *Porphyridium cruentum*). *Ilmu Kelautan Indonesia Jurnal Marine Science* Vol. 17, 125–131.
- Kusumaningtyas, M. A., Bramawanto, R., Daulat, A., Pranowo, W.S., 2014. Kualitas perairan Natuna pada musim transisi. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Pesisir Dan Perikan*. 3.
- Mahdi.M. Z., Titisari, Y. N., dan Hadiyanto. 2012. Evaluasi Pertumbuhan Mikroalga dalam Medium Pome : Variasi Jenis Mikroalga, Medium dan Waktu Penambahan Nutrien. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol. 1. Hal: 284-291.
- Manurung, A. I. 2008. Karakterisasi Awal Protein Diatom *Chaetoceros Gracilis* Yang Terlibat Dalam Pembentukan Biosilika. Fakultas Pertanian. Medan : Universitas Darma Agung.
- Meliawaty, F., 2014. Efisiensi sterilisasi alat bedah mulut melalui inovasi oven dengan ozon dan infrared. *Jurnal Kedokteran Maranatha* 11.
- Mujab, A. S., 2011. Penggunaan Biokompos Dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Bumi. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN: Jakarta.
- Munir, E., 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan.
- Nursyafa'ah, M., 2016. Study Kultivasi Dan Ekstraksi Lipid Mikroalga *Chorella vulgaris* Dengan Metode Maserasi Menggunakan Aseton, Etanol, Isopropanol, Klororm-Metanol Dan N-Heksana Sebagai Pelarut (Phd Thesis). Politeknik Negeri Sriwijaya.

- Pertamina, D.P., 2015. Proses Produksi BBM dari Minyak Bumi dan Kilang-Kilang BBM Pertamina.
- Pranajaya, Reza Hafiz., Ali Djunaedi., Bambang Yulianto. 2014. Pengaruh Tembaga Terhadap Kandungan Pigmen dan Pertumbuhan Mikroalga Merah *Porphyridium cruentum*. Jurnal Ilmu Kelautan Vol. 19 (2): 97-104 ISSN 0853-7291
- Pratiwi, D. C., Mahmud B. S. P., Gatut B., Agoes S., Nanik R. B. 2017. A Test on the Potential of Marine Yeasts to Degrade Diesel Oil Isolated from Kili-Kili Beach, Trenggalek, East Java. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences 8(2) Page No. 2781. ISSN: 0975-8585.
- Puspitasari, Rahcma dan Purbonegoro, Triyoni. 2013. Efek Tembaga terhadap Mikroalga Laut *Isochrysis* sp. Jurnal Lingkungan Tropis Vol. 5 Nomor. 2 ISSN No. 1978-2713.
- Rahmadiani, D. D. W dan Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada Konsentrasi Sublethal. Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol. 2, No. 2: 202-206.
- Rahmayanti, H. 2006. Pencemaran Laut Oleh Minyak. Jurnal Menara. Volume 1. Nomor 1.
- Raya, Aditya S., Achmad H., dan Ajub Ajulian. 2012. Modifikasi Mikroskop Dengan Perbesaran Digital Menggunakan Sistem Kamera. Jurnal Tenik Elektro. UNDIP: Semarang.
- Santosa. R. W., 2013. Dampak Pencemaran Lingkungan Laut Oleh Perusahaan Pertambangan Terhadap Nelayan Tradisional. Lex Administratum. Volume 1. Nomor 2.
- Setiawati, M.D., 2009. Uji Toksisitas Kadmium Dan Timbal Pada Mikroalga *Chaetoceros gracilis*. A. Institut Teknologi Bandung
- Tridianti, A. 2012. Efektifitas Berbagai Metode Sterilisasi Molar Band Yang Terkontaminasi Pasca Proses Fitting Band (Uji Hitung Bakteri). Tesis. Fakultas Kedokteran Gigi. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Wang, L., Xue, C., Wang, L., Zhao, Q., Wei, W., Sun, Y., 2016. Strain improvement of *Chlorella* sp. for phenol biodegradation by adaptive laboratory evolution. Journal Bioresource Technology Vol. 205, 264–268.

Wisudyawati, D., *et al.*, 2015. Studi Perbandingan Kemampuan *Skeletonema* Sp. Dan *Chaetoceros* Sp. Sebagai Agen Bioremediasi (Fito-Akumulasi) Terhadap Logam Berat Timbal (Pb). Universitas Airlangga.

Yulia, L. R., Bindanetty M., dan Sri R. J. 2006. Bioremediasi Air Laut Terkontaminasi Minyak Bumi Dengan Menggunakan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Fakultas Teknologi Industri. ITS: Surabaya.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil perhitungan kepadatan *Chaetoceros calcitrans* paparan solar

Waktu (Jam)	Kepadatan <i>Chaetoceros calcitrans</i> paparan solar ($\times 10^4$ sel/ml)			
	Kontrol (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	47.5	50	55	47.5
	42.5	57.5	57.5	45
	57.5	47.5	52.5	62.5
12	52.5	57.5	70	60
	47.5	82.5	60	60
	60	55	60	67.5
24	62.5	70	80	92.5
	57.5	97.5	70	75
	67.5	100	80	97.5
36	67.5	110	105	112.5
	85	105	105	95
	72.5	90	102.5	110
48	77.5	135	147.5	145
	57.5	137.5	140	150
	82.5	137.5	155	160
60	80	142.5	177.5	152.5
	67.5	150	177.5	155
	90	152.5	180	137.5
72	87.5	187.5	205	197.5
	77.5	190	205	195
	97.5	187.5	207.5	200
84	90	205	215	217.5
	92.5	210	227.5	212.5
	105	205	225	212.5
96	102.5	225	245	225
	95	215	255	228
	105	230	257.5	225

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Biomassa Kering *Chaetoceros calcitrans* paparan solar

Waktu (Jam)	Biomassa Kering <i>Chaetoceros calcitrans</i> paparan solar (mg/ml)			
	Kontrol (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	0.14575	0.1467	0.1442	0.1444
24	0.1887	0.2703	0.2413	0.2544

48	0.2298	0.4301	0.4741	0.455
72	0.2761	0.6443	0.7345	0.664
96	0.3271	0.8151	0.9195	0.8537

Lampiran 3. Hasil Perhitungan Berat Sel *Chaetoceros calcitrans* paparan solar

Waktu (Jam)	Berat Sel Kering <i>Chaetoceros calcitrans</i> paparan solar (ng/sel)			
	Kontrol (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	0.00296	0.002839355	0.002884	0.002794839
24	0.00296	0.003031402	0.002991322	0.00288
48	0.00294	0.003147073	0.003214237	0.003
72	0.00292	0.003421062	0.003568421	0.003362025
96	0.00287	0.003649701	0.003641584	0.003783013

Lampiran 4. Hasil Pengukuran Suhu pada Paparan Solar

Waktu (Jam)	Hasil Pengukuran Suhu Paparan Solar (°C)			
	0 ml (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	24.67	24.33	24.67	24.67
12	24	24.67	24.67	24.67
24	24.33	25	24.33	24.33
36	25	25.67	25	26
48	26	25.67	25.67	25
60	25.33	25.67	25.67	25
72	25.33	25.67	25.33	25.67
84	25	25	25.33	26
96	25.33	25	25	25.67

Lampiran 5. Hasil Pengukuran Salinitas pada Paparan Solar

Waktu (Jam)	Hasil Pengukuran Salinitas Paparan Solar (ppt)			
	Kontrol (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	38.33	38.67	39.33	39.5
12	39	37.33	37	37.67
24	36.67	38.67	37.67	38.67
36	36.33	39	38	38
48	38	39.33	40.33	41
60	37.67	37.67	39.67	38.67
72	37	39	39.67	38.33
84	37.67	39	38.33	39
96	38	39	39.33	39

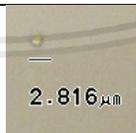
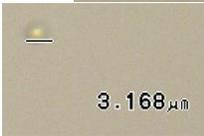
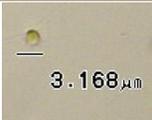
Lampiran 6. Hasil Pengukuran DO pada Paparan Solar

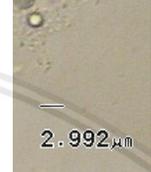
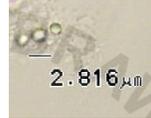
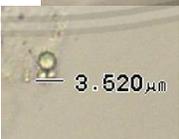
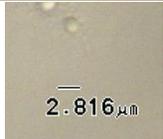
Waktu (Jam)	Hasil Pengukuran DO Paparan Solar (mg/l)			
	Kontrol (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	5.2	5.27	5.3	5.1
12	5.47	5.33	5.3	5.47
24	5.5	5.63	5.57	5.33
36	5.8	5.73	5.43	5.6
48	5.47	5.7	5.7	5.4
60	5.5	5.7	5.6	5.43
72	5.8	5.67	5.7	5.67
84	5.53	5.37	5.57	5.43
96	5.43	5.43	5.33	5.53

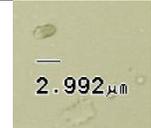
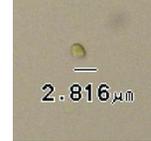
Lampiran 7. Hasil Pengukuran pH pada Paparan Solar

Waktu (Jam)	Hasil Pengukuran pH Paparan Solar			
	0 ml (O)	5 ml (A)	10 ml (B)	20 ml (C)
0	7.87	7.6	7.43	7.13
12	7.67	7.8	7.33	7.37
24	7.43	7.53	7.23	7.03
36	7.4	7.17	6.9	7.2
48	7.5	7.4	7.27	7.07
60	7.4	7.07	6.8	7.23
72	7.03	6.83	7.13	6.83
84	6.73	6.73	6.23	6.03
96	6.4	6.03	6.43	6.03

Lampiran 8. Bentuk dan Panjang Sel Paparan Solar

Konsentrasi	Waktu	Bentuk Sel	Panjang Sel (μm)
	0		2,816
	24		3,168
0 ml (O)	48		3,168

Konsentrasi	Waktu	Bentuk Sel	Panjang Sel (μm)
	72		3,168
	96		3,520
5 (A)	0		2,816
	24		2,992
	48		2,816
	72		2,992
	96		3,168
	10 (B)	0	
24			2,816
48			3,520
72			2,816
96			3,168

Konsentrasi	Waktu	Bentuk Sel	Panjang Sel (μm)
20 (C)	0		2,992
	24		2,992
	48		2,816
	72		2,992
	96		3,168

