

**TOKSISITAS WATER ACCOMMODATED FRACTION (WAF), CHEMICALLY
ENHANCED WATER ACCOMMODATED FRACTION (CEWAF) MINYAK
SOLAR DAN DISPERSANT TERHADAP PERTUMBUHAN FITOPLANKTON
Chaetoceros calcitrans DAN *Tetraselmis chuii***

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:
DIAH RINANI
NIM. 125080607111003



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**TOKSISITAS WATER ACCOMMODATED FRACTION (WAF), CHEMICALLY
ENHANCED WATER ACCOMMODATED FRACTION (CEWAF) MINYAK
SOLAR DAN DISPERSANT TERHADAP PERTUMBUHAN FITOPLANKTON
Chaetoceros calcitrans DAN *Tetraselmis chuii***

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh:
DIAH RINANI
NIM. 125080607111003



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2016

SKRIPSI

**TOKSISITAS WATER ACCOMMODATED FRACTION (WAF), CHEMICALLY
ENHANCED WATER ACCOMMODATED FRACTION (CEWAF) MINYAK
SOLAR DAN DISPERSANT TERHADAP PERTUMBUHAN FITOPLANKTON
Chaetoceros calcitrans DAN *Tetraselmis chuii***

Oleh :
DIAH RINANI
NIM. 125080607111003

telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 26 Juli 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I



Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19621220 198803 1 004

Tanggal : 16 AUG 2016

Dosen Pembimbing I



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

NIP. 19740812 200312 2 001

Tanggal: 16 AUG 2016

Dosen Penguji II



Rarasrum Dyah K, S.Kel., M.Si., M.Sc.

NIK. 2013048609152001

Tanggal : 16 AUG 2016

Dosen Pembimbing II



M. Arif As'adi, S.Kel., M.Sc.

NIP. 19821106 200812 1 002

Tanggal : 16 AUG 2016



**Mengetahui,
Ketua Jurusan PSPK**

Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP

NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal : 16 AUG 2016

PERNYATAAN ORSINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam laporan Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

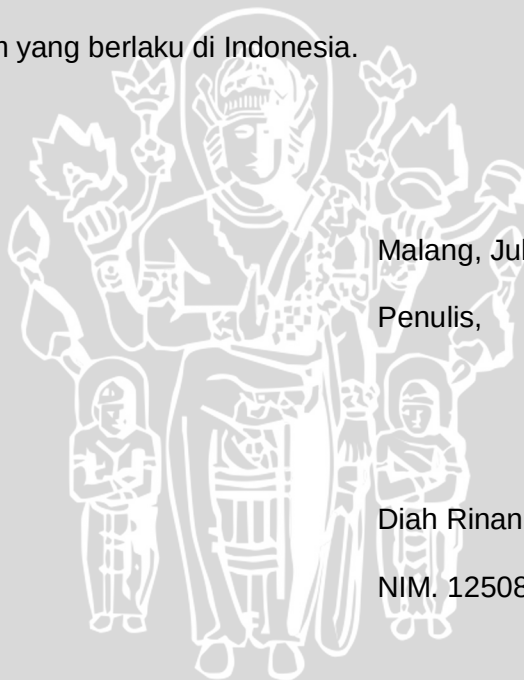
Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan Skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Juli 2016

Penulis,

Diah Rinani

NIM. 125080607111003



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT dengan selesainya Skripsi ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya serta segala kekuatan yang diberikan kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Agus Sulistiyono dan Ibu Djubaidah, serta kakak tercinta Aprillia Andini karena atas dukungannya secara moral dan materil serta doa yang tak hentinya untuk penulis mulai dari awal hingga akhir penelitan dan pengerjaan laporan ini.
3. Ibu Feni Iranawati, S.Pi., M.Si., Ph.D dan Bapak M. Arif As'adi S.Kel., M.Sc sebagai Dosen Pembimbing 1 dan 2 Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi selama dilakukannya penelitian dan penulisan serta perbaikan laporan ini.
4. Sebagai Dosen Penguji penulis yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun demi kebaikan penulis.
5. Seluruh Dosen Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya atas ilmu pengetahuan dan pengalaman yang diberikan selama masa perkuliahan
6. Terimakasih kepada Reza Nurseptyanto yang selalu memberikan saya semangat, memeberikan motivasi serta selalu menemani saya dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini ☺
7. Sahabat seperjuangan dari MABA hingga MALA Arlin Dwi Noviasri dan Ayu Diaztari Dwi Putri yang senantiasa menemani dan membantu penulis dalam keadaan apapun.

RINGKASAN

DIAH RINANI. Toksisitas Water Accommodated Fraction (WAF), Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) Minyak Solar dan Dispersant Terhadap Pertumbuhan Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* (di bawah bimbingan **FENI IRANAWATI** dan **M. ARIF AS'ADI**)

Tumpahan minyak di laut dapat menjadi permasalahan serius hal ini diakibatkan oleh meningkatnya penggunaan minyak seperti transportasi, dan produksi. Dampak dari tumpahan minyak adalah terjadi penurunan baik pada komposisi maupun kelimpahan fitoplankton. Fitoplankton yang digunakan dalam penelitian adalah *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*. Cara mengatasi adanya tumpahan minyak di laut adalah dengan menggunakan dispersant. Beberapa bahan yang memiliki komposisi kandungan minyak dan dispersant yang berbeda adalah WAF dan CEWAF. WAF, CEWAF dan Dispersant merupakan bahan kimia yang umumnya digunakan dalam uji toksisitas karena mengandung senyawa dengan *bioavailibilty* yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penggunaan WAF, CEWAF dan dispersant memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*, untuk mengetahui apakah konsentrasi WAF, CEWAF dan dispersant yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*, serta untuk mengetahui berapa besar konsentrasi LC₅₀ yang dihasilkan oleh WAF, CEWAF dan dispersant.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2016 di Laboratorium Hidrobiologi dan Laboratorium Keamanan Hasil Pangan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF). Tahapan penelitian diantaranya kultur fitolankton, penyiapan Water Accommodated Fraction (WAF), penyiapan Chemichally Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF), penyiapan dispersant, dan uji toksisitas. Analisis data yang digunakan adalah analisis probit, Two Way ANOVA yang dilanjutkan dengan uji Tukey.

Uji toksisitas menggunakan 6 konsentrasi yang berbeda diantaranya 0%, 5%, 10%, 20%, 40% dan 80% untuk mengetahui pertumbuhan fitoplankton yang menghasilkan data mortalitas. Semakin banyak konsentrasi dan seiring lamanya pemaparan, *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* semakin mengalami mortalitas. Konsentrasi WAF, CEWAF dan Dispersant yang mampu membunuh 50% terhadap mortalitas *Chaetoceros calcitrans* berturut-turut sebesar 86 ml/L, 1.03 ml/L dan 5×10^{-4} ml/L, sedangkan konsentrasi WAF, CEWAF dan Dispersant yang dapat membunuh 50% *Tetraselmis chuii* berturut-turut sebesar 8.55 ml/L, 7.05 ml/L, 1.8 ml/L.

Kata Kunci : WAF, CEWAF, Dispersant, *Chaetoceros calcitrans*, *Tetraselmis chuii*, LC₅₀

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat, karunia dan Hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “Toksistas *Water Accommodated Fraction (WAF)*, *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)* Minyak Solar dan Dispersant Terhadap Pertumbuhan Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*.” Laporan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Kekurangan dan keterbatasan dalam penulisan laporan ini sangat disadari oleh penulis. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengharapkan saran yang membangun terhadap penulisan ini agar kedepannya dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, 26 Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORSINALITAS	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Kegunaan.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Minyak Solar	5
2.1.1 Definisi Minyak Solar	5
2.1.2 Sumber Cemaran Minyak Solar Di Laut.....	6
2.1.3 Pengaruh Minyak Solar Terhadap Biota Laut.....	6
2.2 Dispersant.....	8
2.3 Uji Toksisitas.....	9
2.3.1 Definisi Uji Toksisitas.....	9
2.4 Definisi Fitoplankton.....	10
2.5 <i>Chaetoceros calcitrans</i>	11
2.5.1 Klasifikasi dan Morfologi.....	11
2.6 <i>Tetraselmis chuii</i>	13
2.6.1 Klasifikasi dan Morfologi.....	13
3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Tahapan Penelitian	17
3.4.1 Persiapan Penelitian.....	17
3.4.2 Susunan Peralatan Penelitian.....	21
3.4.3 Kultur Fitoplankton.....	22
3.4.4 Penyiapan <i>Water Accommodated Fraction (WAF)</i>	23
3.4.5 <i>Penyiapan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)</i>	24
3.4.6 Penyiapan Minyak Dispersant	25
3.5 Uji Toksisitas.....	26

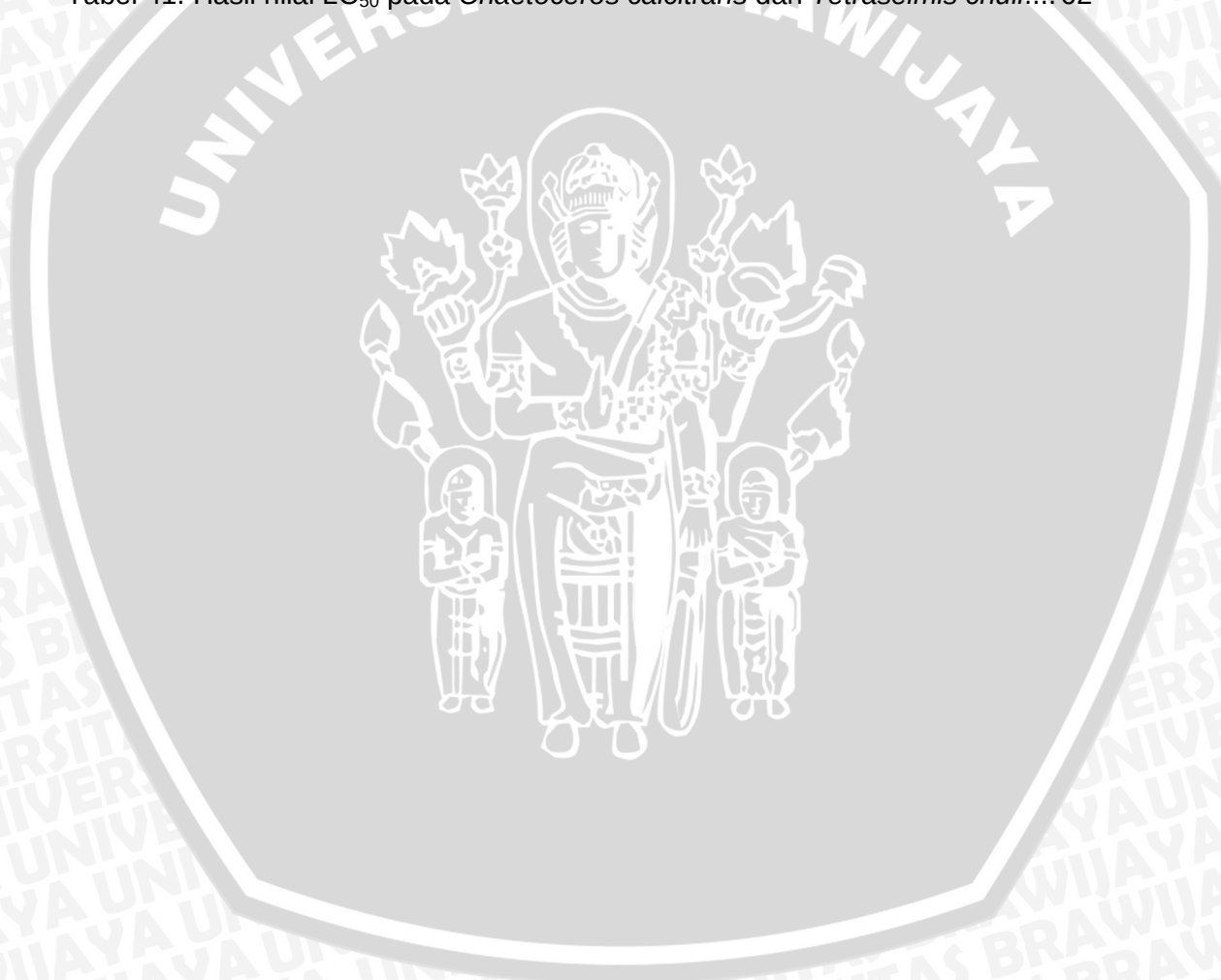
3.5.1 Uji Toksisitas <i>Water Accomodated Fraction (WAF)</i> , <i>Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)</i> dan Dispersant.....	26
3.5.2 Prosedur Pengambilan Data Penelitian	26
3.6 Analisis Data	27
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Persiapan Stok Fitoplankton.....	30
4.1.1 <i>Chaetoceros Calcitrans</i>	30
4.1.2 <i>Tetraselmis chuii</i>	32
4.2 Faktor Kualitas Air Setelah Penambahan <i>Water Accommodated Fraction (WAF)</i> , <i>Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)</i> , dan Dispersant.....	35
4.3 Persentase Pertumbuhan dan Mortalitas <i>Chaetoceros calcitrans</i> Setelah Pemaparan <i>Water Accommodated Fraction (WAF)</i> , <i>Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)</i> dan Dispersant ..	43
4.4 Persentase Pertumbuhan dan Mortalitas <i>Tetraselmis chuii</i> Setelah Pemaparan <i>Water Accommodated Fraction (WAF)</i> , <i>Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)</i> dan Dispersant ..	48
4.5 Hasil Analisis Data	52
4.6 Penentuan Nilai LC ₅₀	57
5. PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN.....	74



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Alat yang digunakan dalam penelitian.....	15
Tabel 2.	Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	16
Tabel 3.	Desain Perlakuan Penelitian	17
Tabel 4.	Komposisi Pupuk Diatom, Vitamin, dan Silikat	20
Tabel 5.	Komposisi Walne	20
Tabel 6.	Prosedur perlakuan uji toksisitas masing-masing untuk WAF, CEWAF dan Dispersant.....	26
Tabel 7.	Contoh Nilai Probit	28
Tabel 8.	Hasil pengamatan pertumbuhan <i>Chaetoceros calcitrans</i>	30
Tabel 9.	Kisaran kualitas air selama kultur <i>Chaetoceros calcitrans</i>	31
Tabel 10.	Data pengamatan pertumbuhan <i>Tetraselmis chuii</i>	32
Tabel 11.	Kisaran kualitas air selama kultur <i>Tetraselmis chuii</i>	34
Tabel 12.	Suhu <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) Selama 72 jam	36
Tabel 13.	Suhu <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam	36
Tabel 14.	Suhu <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Dispersant selama 72 jam	36
Tabel 15.	Suhu <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam.....	37
Tabel 16.	Suhu <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam.....	37
Tabel 17.	Suhu <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Dispersant selama 72 jam.....	37
Tabel 18.	pH <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam	38
Tabel 19.	pH <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam	38
Tabel 20.	pH <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Dispersant selama 72 jam ...	39
Tabel 21.	pH <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam.....	39
Tabel 22.	<i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam.....	39
Tabel 23.	pH <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Dispersant selama 72 jam.....	40
Tabel 24.	Salinitas <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam.....	41
Tabel 25.	Salinitas <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam.....	41
Tabel 26.	Salinitas <i>Tetraselmis chuii</i> pada pengamatan Dispersant selama 72 jam.....	41
Tabel 27.	Salinitas <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam	42
Tabel 28.	Salinitas <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam.	42
Tabel 29.	Salinitas <i>Chaetoceros calcitrans</i> pada pengamatan Dispersant selama 72 jam.....	42
Tabel 30.	Hasil uji Statistika Two Way Anova pada Spesies <i>Chaetoceros calcitrans</i>	52
Tabel 31.	Hasil uji Tukey untuk bahan kimia (WAF, CEWAF, Dispersant)	53

Tabel 32. Hasil uji <i>Tukey</i> untuk konsentrasi.....	54
Tabel 33. Hasil uji Statistika Two Way Anova	55
Tabel 34. Hasil uji <i>Tukey</i> untuk konsentrasi.....	56
Tabel 35. Data hasil persentase mortalitas WAF terhadap <i>Chaetoceros calcitrans</i> selama 24 jam.	57
Tabel 36. Data hasil persentase mortalitas CEWAF terhadap <i>Chaetoceros calcitrans</i> selama 24 jam.....	58
Tabel 37. Data hasil persentase mortalitas <i>Dispersant</i> terhadap <i>Chaetoceros calcitrans</i> selama 24 jam.....	58
Tabel 38. Data hasil persentase mortalitas WAF terhadap <i>Tetraselmis chuii</i> selama 24 jam.	59
Tabel 39. Data hasil persentase mortalitas CEWAF terhadap <i>Tetraselmis chuii</i> selama 24 jam.	59
Tabel 40. Data hasil persentase mortalitas <i>Dispersant</i> terhadap <i>Tetraselmis chuii</i> selama 24 jam.	59
Tabel 41. Hasil nilai LC ₅₀ pada <i>Chaetoceros calcitrans</i> dan <i>Tetraselmis chuii</i>	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	12
Gambar 2.	Morfologi <i>Tetraselmis chuii</i>	14
Gambar 3.	Skema susunan peralatan kultur skala laboratorium	22
Gambar 4.	Pembuatan WAF	24
Gambar 5.	Kurva pertumbuhan <i>Chaetoceros calcitrans</i>	30
Gambar 6.	Kurva Pertumbuhan <i>Tetraselmis chuii</i>	33
Gambar 7.	Persentase pertumbuhan dan mortalitas <i>Chaetoceros calcitrans</i> terhadap <i>Water Accommodated Fraction</i> (WAF) selama waktu pemaparan 72 jam	43
Gambar 8.	Persentase pertumbuhan dan mortalitas <i>Chaetoceros calcitrans</i> terhadap <i>Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction</i> (CEWAF) selama waktu pemaparan 72 jam	45
Gambar 9.	Persentase pertumbuhan dan mortalitas <i>Chaetoceros calcitrans</i> terhadap dispersant selama waktu pemaparan 72 jam	46
Gambar 10.	Persentase pertumbuhan dan mortalitas <i>Tetraselmis chuii</i> terhadap <i>Water Accommodated Fraction</i> (WAF) selama waktu pemaparan 72 jam	48
Gambar 11.	Persentase pertumbuhan dan Mortalitas <i>Tetraselmis chuii</i> terhadap <i>Chemically Enhanced water Accommodated Fraction</i> (CEWAF) selama waktu pemaparan 72 jam	49
Gambar 12.	Persentase pertumbuhan dan mortalitas <i>Tetraselmis chuii</i> terhadap Dispersant selama waktu pemaparan 72 jam	51
Gambar 13.	Grafik Regresi Linier WAF terhadap <i>Chaetoceros calcitrans</i>	60
Gambar 14.	Grafik Regresi Linier CEWAF terhadap <i>Chaetoceros calcitrans</i>	60
Gambar 15.	Grafik Regresi Linier Dispersant terhadap <i>Chaetoceros calcitrans</i>	61
Gambar 16.	Grafik Regresi Linier WAF terhadap <i>Tetraselmis chuii</i>	61
Gambar 17.	Grafik Regresi Linier CEWAF terhadap <i>Tetraselmis chuii</i>	62
Gambar 18.	Grafik Regresi Linier Dispersant terhadap <i>Tetraselmis chuii</i>	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Alat-Alat di Laboratorium	74
Lampiran 2. Bahan-bahan Yang Digunakan di Laboratorium	75
Lampiran 3. Proses Pembuatan WAF, CEWAF dan Dispersant	76
Lampiran 4. Kultur Fitoplankton	77
Lampiran 5. Fitoplankton Pada Media Uji.....	78
Lampiran 6. Pengamatan Pertumbuhan Fitoplankton	78
Lampiran 7. Hasil Pengamatan Fitoplankton.....	79
Lampiran 8. Rata-rata Jumlah Sel Fitoplankton (sel/ml) Selama Penelitian.....	80



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tumpahan minyak di laut dapat menjadi permasalahan serius hal ini diakibatkan oleh meningkatnya penggunaan minyak seperti transportasi, dan produksi (Chuvilin dan Miklyaeva, 2003; Poland *et al.*, 2003). Rata-rata sekitar 35 juta barel minyak bumi diangkut melintasi laut setiap tahunnya, hal ini akan mengakibatkan ekosistem laut rentan terhadap polusi (Anisuddin *et al.*, 2005) dalam (Macaulay *et al.*, 2015). Tumpahan minyak dapat berasal dari berbagai sumber, diantaranya dari penyulingan minyak, penambangan lepas pantai, kecelakaan kapal tanker dan transportasi laut (Harrould - Kolieb *et al.*, 2009).

Tumpahan minyak di laut dapat merugikan organisme laut karena mengandung campuran *hydrocarbon complex* (termasuk *alkana*, *cycloalkana* dan *aromatic hydrocarbon*) dan *non-hydrocarbon* (termasuk aspal dan resin) (Jiang *et al.*, 2010). Menurut Hutabarat (1992) dalam Setiawati (1997) minyak bumi dapat bersifat sebagai polutan dan bersifat toksik, secara serius dapat merusak struktur atau fungsi biologis sehingga menyebabkan kematian atau mortalitas dan juga dapat menyebabkan suatu perubahan respon dalam sistem biologis.

Salah satu yang terkena dampak dari tumpahan minyak adalah terjadi penurunan baik pada komposisi maupun kelimpahan fitoplankton karena akibat jangka pendek yaitu, molekul hidrokarbon minyak dapat merusak membran sel biota laut yang mengakibatkan keluarnya cairan sel dan berpenetrasinya bahan tersebut kedalam sel. Fitoplankton memainkan peranan penting dalam perairan sebagai produktivitas primer pada rantai makanan sehingga perubahan fitoplankton dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan terhadap fungsi ekosistem laut (Hallare *et al.*, 2011) dalam (Podkuiko *et al.*, 2013). Menurut Clark

(1986) dalam Setiawati (1997) fraksi-fraksi dari minyak akan mengalami beberapa proses yaitu pelarutan, penyebaran, penggumpalan dan sedimentasi sehingga akan berpotensi sebagai polutan yang menyebabkan kematian terhadap biota atau organisme disekitarnya terutama bagi biota yang hidupnya melayang dan memiliki kemampuan bergerak terbatas seperti fitoplankton.

Salah satu cara mengatasi adanya tumpahan minyak di laut adalah dengan menggunakan dispersant. Dispersant terdiri dari campuran *surfaktan* (bahan aktif) dalam pelarut yang memberikan kontribusi untuk pembentukan tetesan minyak yang berukuran lebih kecil yang dapat bercampur dengan air kemudian akan terdegradasi (Brandvik *et al.*, 2006). Dispersant tidak dapat mengurangi jumlah minyak tetapi dapat meningkatkan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (Lyons *et al.*, 2011). *Polycyclic aromatic hydrokarbon* adalah senyawa organik yang bentuknya terdiri dari beberapa rantai siklik dan bersifat dapat larut dalam minyak yang berasal dari proses pembakaran yang menggunakan suhu tinggi pada pengolahan minyak bumi (Ahmad, 2012). Banyak penelitian di laboratorium dilakukan untuk mengetahui perbedaan toksisitas dispersant dan minyak pada organisme laut yang berbeda (Almeda *et al.*, 2014), namun perbedaan jenis minyak dan dispersant akan memberikan perilaku yang berbeda terhadap lingkungan, (Jiang *et al.*, 2010). Beberapa bahan yang memiliki komposisi kandungan minyak dan dispersant yang berbeda adalah WAF dan CEWAF.

Dampak yang ditimbulkan oleh minyak sangat bervariasi terhadap fitoplankton laut antara spesies yang satu dengan spesies yang lainnya (Huang *et al.*, 2011). Fitoplankton yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*. *Chaetoceros calcitrans* merupakan salah satu spesies penting yang merupakan dasar dari rantai makanan dan memiliki kelimpahan yang sangat tinggi dalam perairan yang dominan di perairan laut (Putri *et al.*, 2009). *Tetraselmis chuii* juga dikenal sebagai sumber makanan

yang baik bagi organisme akuatik seperti abalone dan oyster (Matakupan, 2009) selain memiliki nilai ekonomis penting *Tetraselmis chuii* merupakan pakan alami yang berpotensi bagi *artemia*, *rotifer*, *tiram*, *remis* dan karang (Putri *et al*, 2013).

WAF, CEWAF dan Dispersant merupakan bahan kimia yang umumnya digunakan dalam uji toksisitas karena mengandung senyawa dengan *bioavailibilty* yang tinggi. WAF mewakili senyawa minyak yang dapat larut dalam air, sedangkan CEWAF merupakan campuran dari WAF dan dispersant (Singer *et al.*, 2000).

1.2 Perumusan Masalah

Meningkatnya penggunaan minyak seperti transportasi dan produksi akan menyebabkan tumpahan minyak yang menjadi permasalahan serius. Salah satu yang terkena dampak dari tumpahan minyak adalah fitoplankton. Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* tergolong spesies penting karena memiliki peran sebagai dasar rantai makanan selain itu distribusi dan kelimpahannya sangat tinggi diperairan. Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah penggunaan WAF, CEWAF dan dispersant memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* dan apakah konsentrasi WAF, CEWAF dan dispersant yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*, serta berapa besar konsentrasi LC₅₀ yang dihasilkan olehn WAF, CEWAF dan Dispersant.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui apakah penggunaan WAF, CEWAF, dan Dispersant memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*.
2. Untuk mengetahui apakah konsentrasi WAF, CEWAF dan Dispersant yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*.
3. Untuk mengetahui berapa besar nilai LC₅₀ 24 jam yang dihasilkan oleh WAF, CEWAF dan Dispersant.

1.4 Kegunaan

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan dan dimanfaatkan oleh :

1. Peneliti
Untuk meningkatkan kemampuan dalam memperoleh gambaran mengenai seberapa besar efek toksik yang mungkin terjadi dari minyak solar dan dispersant terhadap fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*
2. Masyarakat Akademis
Untuk menambah ilmu pengetahuan serta wawasan mengenai tingkat toksisitas minyak solar dan dispersant, sehingga diharapkan informasi tersebut dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk menggunakan minyak solar dan dispersant.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Solar

2.1.1 Definisi Minyak Solar

Minyak dan gas bumi (migas) sampai saat ini masih merupakan sumber energi yang menjadi pilihan utama untuk digunakan manusia pada berbagai kebutuhan pada industri, transportasi dan rumah tangga. Salah satu minyak yang sering digunakan dalam hal transportasi darat maupun laut adalah minyak solar. Peningkatan penggunaan minyak solar mengakibatkan pencemaran lingkungan baik dilaut maupun didarat, karena solar mengandung senyawa yang beracun dari hidrokarbon (Kauppi, 2011)

Minyak solar merupakan campuran kompleks hidrokarbon terutama paraffin termasuk *n*, *iso*, dan *cycloparaffin*, *naphthalena* dan *alkilbenzena* yang diperoleh dari penyulingan fraksi gas minyak selama pemisahan minyak bumi. Polutan minyak ini dapat berasal dari tangki-tangki yang bocor serta dari pipa-pipa sehingga beresiko bagi manusia dan organisme hidup lainnya. (Zanaroli *et al.*, 2010).

Minyak solar dapat menyebabkan efek jangka panjang maupun jangka pendek terhadap tumbuhan, karena minyak solar mengandung campuran kompleks hidrokarbon yang dapat membentuk sebuah lapisan pada benih sehingga mencegah masuknya oksigen dan air, dan mengakibatkan terganggunya kegiatan fotosintesis serta respirasi. (Bona *et al.*, 2011).

2.1.2 Sumber Cemaran Minyak Solar Di Laut

Salah satu sumber cemaran dilautan yang sering diketahui adalah minyak, yang disebabkan karena berbagai hal mulai dari eksplorasi minyak bumi, pengilangan minyak, kecelakaan transportasi, kebocoran pipa ataupun kegiatan kapal lainnya (Setiawan *et al.*, 2014). Dampak yang ditimbulkan dari cemaran minyak ini salah satunya adalah polusi terhadap perairan dan laut yang akan berdampak pada turunnya daya dukung lingkungan yang mengakibatkan terganggunya kehidupan organisme dalam perairan tersebut.

Tumpahan minyak di laut dapat berasal dari berbagai kegiatan, baik berasal dari aktivitas didarat maupun dari aktivitas di lautan sendiri yang terjadi pada saat proses eksplorasi dan pada saat produksi minyak berlangsung. Tumpahan minyak tersebut dapat menjadi polutan yang mengakibatkan terganggunya ekosistem pada wilayah yang terkontaminasi (Komarawidjaja, 2011).

Penurunan kualitas lingkungan menjadi salah satu akibat jangka panjang yang ditimbulkan dari kontaminasi *hidrokarbon* minyak yang dapat mengurangi fungsi lingkungan, terutama sebagai habitat biota yang memberi kontribusi terhadap keseimbangan ekologis. Menurut Munawar *et al.*, 2008, minyak dapat menjadi sumber cemaran yang berasal dari berbagai kegiatan atau aktivitas diantaranya ialah kebocoran pipa, tumpahan atau ceceran *crude oil* selama proses eksplorasi, *tank cleaning*, produksi, maupun peristiwa kecelakaan.

2.1.3 Pengaruh Minyak Solar Terhadap Biota Laut

Beberapa dampak dapat dirasakan secara langsung maupun tidak langsung yang diakibatkan oleh minyak untuk biota akuatik sangat bervariasi tergantung dari tingkatan dampak awal yang terjadi. Dampak yang memberikan pengaruh tidak nampak dan memiliki periode yang panjang (sublethal) akan mampu memberikan pengaruh yang lebih berbahaya karena mampu merubah

karakteristik populasi spesies laut dan struktur ekologi komunitas laut (Nattasya, 2009).

Melalui rantai makanan, minyak dapat masuk kedalam tubuh organisme seperti pada insang atau difusi melalui permukaan kulit. Dampak yang ditimbulkan dapat terserap dalam jaringan yang dapat mengakumulasi minyak dan pada konsentrasi tertentu akan dapat merusak organ-organ dalam tubuh terutama pada insang (Novyan *et al.*, 2014). Insang merupakan organ yang rentan terhadap pengaruh zat kimia dan menjadi organ sasaran dari efek racun zat kimia atau toksikan.

Minyak pada permukaan air akan berpengaruh terhadap aktifitas fotosintesis fitoplankton. Hal ini dapat terjadi karena penetrasi sinar yang dibutuhkan fitoplankton untuk dapat melakukan fotosintesis terhalangi oleh minyak sehingga nilai kecerahan perairan menurun akibat dipantulkannya sebagian sinar. Hal ini juga dapat menghalangi difusi oksigen langsung dari udara dan mengakibatkan penurunan kandungan oksigen terlarut (Setiapermana, 1995).

Tumpahan minyak di laut dapat mengakibatkan efek jangka panjang dan jangka pendek. Akibat jangka pendek, molekul hidrokarbon minyak dapat merusak membrane sel biota laut, mengakibatkan keluarnya cairan sel dan berpenetrasinya bahan tersebut ke dalam sel. Akibat jangka panjang, lebih banyak mengancam biota muda. Minyak di dalam laut dapat termakan oleh biota laut. Sebagian senyawa minyak dapat dikeluarkan bersama-sama makanan, sedangkan sebagian lagi dapat terakumulasi dalam senyawa lemak dan protein. Sifat akumulasi ini dapat dipindahkan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan (Kuncowati, 2010)

2.2 Dispersant

Dispersant mirip dengan deterjen yang digunakan pada pakaian, bukan untuk menghilangkan kotoran dari kain, melainkan untuk menghilangkan minyak yang terdapat di permukaan air laut. Biasanya dalam hal penggunaannya menggunakan pesawat terbang ke lokasi tumpahan minyak. *Dispersant* mulai digunakan pada tahun 1960-an. Pada tahun 1970-an dan 1980-an banyak negara yang enggan untuk menggunakan dispersant karena kemungkinan besar akan berdampak negatif yang dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan. (Lessard dan DeMarco, 2000) *dalam* (Diemand, 2011).

Selama beberapa dekade dispersant telah digunakan sebagai alat respon untuk tumpahan minyak. Dispersant bukan metode pembersihan langsung untuk tumpahan minyak, karena dispersant tidak menghilangkan minyak dari lingkungan. Sebaliknya, dispersant adalah salah satu dari beberapa metode kontrol yang dipertimbangkan berdasarkan faktor seperti jenis minyak, kuantitas, dan konsekuensi potensi dari dampak pesisir. Penggunaan dispersant yang efektif dapat menurunkan dampak dari tumpahan minyak (Franklin dan Warner, 2011)

Dispersant terdiri dari surfaktan yang mengandung gugus *hidrofilik* dan *hidrofobik* yang dapat menarik air dan minyak. Dispersant memberikan kontribusi dalam hal pembentukan minyak menjadi tetesan kecil, yang dapat pindah ke kolom air dan minyak akan terdegradasi secara alami. Dispersant tidak dapat menghilangkan masalah tumpahan minyak tetapi dijadikan sebagai alternatif atau cara untuk menurunkan dampak pada lingkungan. Penggunaan dispersant secara efektif dan sesegera mungkin setelah terjadi tumpahan minyak dapat menurunkan atau mencegah dampak terhadap habitat pesisir. Namun penggunaan dispersant tidak umum dianjurkan untuk semua tumpahan di suatu habitat (Long dan Holdway, 2002)

Dispersant merupakan campuran bermacam - macam bahan kimia, awalnya dispersant yang dipakai merupakan zat pengemulsi dari campuran hidrokarbon diantaranya *hidrokarbon aromatic, fenol*, dan senyawa lain dengan konsentrasi tinggi yang bersifat racun terhadap kehidupan laut. Tetapi untuk sekarang ini telah diproduksi dispersant yang tidak menggunakan senyawa *hidrokarbon*. Dispersant yang telah disemprotkan pada tumpahan minyak dapat memecahkan lapisan minyak menjadi tetesan, yang selanjutnya akan hilang ke permukaan karena terdegradasi secara alami. Penggunaan dispersant ini tidak efektif pada air yang tenang karena cara ini membutuhkan gerakan gelombang agar dispersant tercampur dengan tumpahan minyak (Misran, 2002)

Manfaat penggunaan dispersant adalah untuk penguraian minyak secara alamiah dengan memanfaatkan bahan kimia surfactant. Surfactant ini memiliki kemampuan untuk menguraikan minyak menjadi tetesan kecil, yaitu dengan cara menurunkan tekanan interfasial antara minyak dan air. Proses ini mungkin terjadi karena molekul surfactant mengandung dua sisi yang masing-masing memiliki sifat hidrofilik dan hidrofobik. Oleh karena itu bila dispersant ditebarkan pada tumpahan minyak, minyak akan segera terurai dan membentuk tetesan kecil yang mudah dilaurtkan oleh air (www.rempec.org)

2.3 Uji Toksisitas

2.3.1 Definisi Uji Toksisitas

Uji Toksisitas merupakan uji hayati yang berguna untuk menentukan tingkat toksisitas dari suatu zat atau bahan pencemar. Suatu senyawa kimia dikatakan bersifat racun akut jika senyawa tersebut dapat menimbulkan efek racun dalam jangka waktu singkat, dalam hal ini 24 jam, sedangkan jika senyawa tersebut baru menimbulkan efek dalam waktu yang panjang, disebut racun kronis karena kontak yang berulang-ulang walaupun dalam jumlah yang sedikit (Arifuddi, 2013)

Menurut Reskianingsih (2014), uji toksisitas adalah uji yang dilakukan untuk melihat kemampuan suatu zat kimia menimbulkan efek toksik tertentu pada makhluk hidup. Uji toksisitas dibagi menjadi 2 kategori berdasarkan efek lamanya paparan yaitu : uji toksisitas akut (LC_{50}) dan uji toksisitas jangka panjang. Uji toksisitas akut (LC_{50}) merupakan bagian dari uji toksisitas kuantitatif yang dilakukan dalam jangka yang singkat sebagai akibat dari pemaparan jangka pendek terhadap suatu bahan kimia. Efek akut dapat terjadi dalam selang waktu beberapa jam, hari atau minggu. Parameter yang dapat diamati dari uji toksisitas akut pada umumnya adalah kematian (mortality)

LC_{50} merupakan nilai konsentrasi suatu toksikan atau bahan pencemar untuk dapat membunuh 50% dari hewan uji yang dapat diestimasi dengan grafik dan perhitungan pada waktu pengamatan tertentu, misalnya LC_{50} 48 jam, LC_{50} 96 jam sampai waktu hidupnya hewan uji. Penentuan LC_{50} dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan grafik probit log konsentrasi, metode grafik dan perhitungan secara matematik (Subekti, 2014)

2.4 Definisi Fitoplankton

Fitoplankton merupakan salah satu komponen penting dalam suatu ekosistem karena memiliki kemampuan untuk menyerap langsung cahaya matahari melalui proses fotosintesis untuk membentuk bahan organik dari bahan-bahan anorganik yang dikenal sebagai produktivitas primer. Pigmen fotosintesis yang paling penting bagi fitoplankton adalah klorofil-a, produktivitas primer sangat tergantung dari konsentrasi klorofil (Widyorini, 2009)

Fitoplankton merupakan organisme mikroskopis yang mampu membuat makanan sendiri di dalam laut. Melalui proses fotosintesis yang dilakukannya, fitoplankton mampu menjadi sumber energi bagi seluruh biota lewat mekanisme rantai makanan. Fitoplankton merupakan satu- satunya sumber produksi primer

untuk mempertahankan rantai makanan. Kegiatan antropogenik akan memberikan dampak yang negative terhadap fitoplankton (Guinder dan Molinero, 2013).

Salah satu organisme yang mempunyai peranan besar dalam ekosistem perairan dan menjadi produsen primer adalah Fitoplankton. Keberadaan fitoplankton dapat dijadikan sebagai bioindikator adanya perubahan lingkungan perairan yang disebabkan ketidakseimbangan suatu ekosistem akibat pencemaran (Fachrul *et al.*, 2008)

Fitoplankton dalam ekosistem perairan mempunyai peranan yang sangat penting terutama dalam rantai makanan di laut. Fitoplankton merupakan produsen utama yang memberikan sumbangan terbesar pada produksi primer total suatu perairan. Peranan penting Fitoplankton bagi produktivitas primer perairan ini adalah karena fitoplankton dapat melakukan proses fotosintesis yang menghasilkan bahan organik maupun kebutuhan oksigen bagi organisme yang tingkatannya lebih tinggi (Putri *et al.*, 2009)

2.5 *Chaetoceros calcitrans*

2.5.1 Klasifikasi dan Morfologi

Bacillariophyceae (Diatom) merupakan salah satu kelas fitoplankton terpenting, dominan di perairan laut, dan tersebar luas diseluruh perairan laut, baik perairan pantai maupun laut lepas (Rahmadiani dan Aunurohim, 2013). *Chaetoceros* merupakan genus terbesar dalam diatom laut dengan jumlah spesies sekitar 400. Jenis yang umum dijumpai di perairan Indonesia adalah *Chaetoceros calcitrans* karena memiliki kelimpahan tinggi dalam perairan, distribusi dan ketersediaanya sepanjang tahun.

Odum (1998) menyatakan bahwa banyaknya kelas *Bacillariophyceae* (Diatom) di perairan disebabkan oleh kemampuannya beradaptasi dengan

lingkungan, tahan terhadap kondisi ekstrim, bersifat kosmopolit serta mempunyai daya reproduksi yang tinggi. Pada saat terjadi peningkatan konsentrasi zat hara, diatom mampu melakukan reproduksi tiga kali dalam 24 jam pada kondisi zat hara yang sama.

Menurut Yamaji (1984) adalah alga yang berwarna cokelat keemasan, klasifikasi dari *Chaetoceros calcitrans* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Chromista

Filum: Ochrophyta

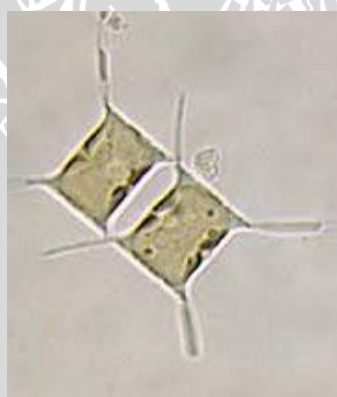
Kelas: Bacillariophyceae

Ordo : Chaetocerotanae incertae sedis

Genus : *Chaetoceros*

Species : *Chaetoceros calcitrans*

Berikut merupakan gambar *Chaetoceros calitrans*:



Gambar 1. *Chaetoceros calcitrans* (Sumber: Iriwarnas, 2010)

Uji toksisitas ion *Cu* terhadap *Chaetoceros calcitrans* pernah dilakukan oleh (Iriwarnas, 2010) dengan berbagai konsentrasi dimana pertumbuhan *Chaetoceros* menunjukkan penurunan jumlah populasi dari pertumbuhan awal sebelum pemaparan larutan *Cu*. Hal ini mengindikasikan bahwa logam *Cu* dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton *Chaetoceros calcitrans*. Keadaan ini diakibatkan oleh *Cu* karena memiliki daya toksik yang dapat menjadi racun bagi

mikroorganisme yang ada di perairan. Kemampuan logam Cu dalam menghambat pertumbuhan fitoplankton *C. calcitrans* ini bergantung pada besarnya konsentrasi logam yang diberikan. Semakin besar konsentrasi logam, maka pertumbuhan fitoplankton semakin menurun dengan kata lain besarnya konsentrasi berbanding terbalik dengan pertumbuhan fitoplankton *C. calcitrans*.

2.6 *Tetraselmis chuii*

2.6.1 Klasifikasi dan Morfologi

Tetraselmis chuii merupakan salah satu jenis fitoplankton yang berwarna hijau, yang memiliki empat flagel yang berwarna hijau (green flagella) yang tumbuh dari sebuah alur pada bagian belakang anterior sel. *Tetraselmis chuii* memiliki lebar 9-10 μm dan panjang 12-15 μm . Sel-selnya bergerak dengan cepat di air dan tampak bergoncang pada saat berenang (Kasim *et al.*, 2013).

Tetraselmis chuii memiliki dua macam pigmen klorofil yaitu karotin dan xantofil selain itu dinding sel *Tetraselmis* mengandung bahan selulosa dan pektosa (Rostini, 2007). Klorofil merupakan pigmen yang dominan sehingga alga ini berwarna hijau yang dipenuhi oleh plastid kloroplas (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995 dalam (Pujiono, 2013).

Menurut Bougis (1979) Klasifikasi *Tetraselmis chuii* sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Phylum : Chlorophyta

Kelas : Prasinophyceae

Ordo : Pyraminonadales

Genus : *Tetraselmis*

Spesies : *Tetraselmis chuii*

Berikut merupakan morfologi *Tetraselmis chuii* :



Gambar 2. Morfologi *Tetraselmis chuii* (Sumber : Isnansetyo dan Kurniastuty,1995 dalam Pujiono, 2013)



3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrobiologi dan Laboratorium Keamanan Hasil Pangan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya yang dimulai pada bulan Januari - Mei 2016.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Kegunaan
1	<i>Jerry Can</i>	Sebagai wadah air laut
2	Refraktometer	Mengukur salinitas kultur
3	pH Meter	Mengukur pH kultur
4	Termometer	Mengukur suhu kultur
5	Autoclave	Untuk sterilisasi alat
6	Kertas Saring Watmann	Untuk menyaring air laut
7	Lampu TL Phillips	Sebagai sumber cahaya dalam kultur
8	Mikroskop Cahaya	Digunakan pengamatan fitoplankton
9	Hand Counter	Alat bantu menghitung kepadatan fitoplankton
10	Haemocytometer	Untuk menghitung sel fitoplankton
11	Cover Glass	Untuk menutup objek yang telah diletakkan pada <i>Haemocytometer</i>
12	Batu aerasi	Pemberat pada selang aerator
13	Aerator	Menyuplai oksigen
14	Pipet Tetes	Untuk mengambil sampel fitoplankton yang akan diamati
15	Gelas ukur	Untuk mengukur volume WAF, CEWAF dan <i>Dispersant</i> yang akan digunakan dalam penelitian
16	Erlenmeyer	Sebagai wadah kultur fitoplankton
17	Botol Aspirator	Untuk membuat WAF, CEWAF dan <i>Dispersant</i>
18	<i>Magnetic Stirrer</i>	Mengaduk WAF, CEWAF dan dispersant
19	Hot plate Stirrer	Untuk memanaskan dan menghomogenkan dengan pengadukan
20	Nampan	Wadah alat dan bahan
21	Gunting	Menggunting aluminium foil
22	Washing bottle	Wadah aquades

Bahan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan	Kegunaan
Tissue	Untuk mengeringkan alat
Alumunium foil	Untuk sterilisasi
Aquades	Untuk mengkalibrasi
Air laut	Sebagai media dasar kultur fitoplankton
Minyak solar	Sebagai bahan uji toksisitas
Dispersant	Sebagai bahan uji toksisitas
Bibit <i>Chaetoceros calcitrans</i> dan <i>Tetraselmis chuii</i>	Sebagai biota uji dalam penelitian
Pupuk diatom, Vitamin, Silikat dan Walne	Sebagai nutrisi dalam pertumbuhan fitoplankton

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Dalam hal ini, eksperimen merupakan penelitian yang dikembangkan untuk mempelajari fenomena dalam rangka hubungan sebab akibat, yang dilakukan dengan memberikan perlakuan oleh peneliti kepada subjek penelitian, selanjutnya dipelajari atau diobservasi efek perlakuan tersebut dengan mengendalikan variable yang tidak dikehendaki (Latipun, 2004). Menurut Jaedun, (2011) penelitian eksperimen merupakan suatu penelitian yang sangat diandalkan keilmiahannya (paling valid), karena dilakukan dengan pengontrolan secara ketat terhadap variable-variabel pengganggu di luar yang dieksperimenkan. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF). Rancangan perlakuan disusun secara faktorial 2 faktor, faktor pertama adalah konsentrasi yaitu 0% (Kontrol); 5%; 10%; 20%; 40% dan 80%. Faktor kedua adalah WAF, CEWAF dan Dispersant.

Desain perlakuan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 3. Desain Perlakuan Penelitian

Faktor Konsentrasi	Faktor Bahan Kimia (WAF, CEWAF Dispersant)		
	A	B	C
0% (Kontrol)	A0	B0	C0
5%	A5	B5	C5
10%	A10	B10	C10
20%	A20	B20	C20
40%	A40	B40	C40
80%	A80	B80	C80

Keterangan :

A = WAF

B = CEWAF

C = Dispersant

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan bertujuan agar seluruh alat, bahan, dan kondisi lingkungan kultur dapat mendukung setiap tahap penelitian dengan optimal. Persiapan penelitian ini terdiri atas beberapa tahap, yaitu : Sterilisasi alat dan media kultur, penyiapan air laut, penyiapan bibit, penyiapan pupuk, pengaturan intensitas cahaya, serta penyusunan peralatan kultur. Tahapan persiapan penelitian dijelaskan sebagai berikut.

1. Sterilisasi Alat dan Media Kultur

Kegiatan kultur harus diawali dengan sterilisasi alat dan bahan. Sterilisasi bertujuan untuk menjadikan suatu alat atau bahan yang bebas dari mikroorganisme yang tidak diinginkan yang dapat mencegah kontaminasi pada saat melakukan kegiatan kultur. Langkah-langkah sterilisasi sebagai berikut :

- Alat-alat yang telah disiapkan harus dicuci terlebih dahulu, lalu dikeringkan dengan tisu
- Alat yang telah kering ditutup dengan menggunakan kapas

- Dibungkus dengan kertas koran atau alumunium foil dan diikat
- Dimasukkan kedalam autoklav untuk disterilisasi basah
- Bila air dalam autoklav kurang, maka di tambahkan air sampai menutupi elemen
- Autoclav ditutup secara diagonal dan dirapatkan
- Dinyalakan kompor dan hingga suhu naik menjadi 121°C (249,8°F) tekanan 1 atm (0,15 Mpa)
- Dikecilkan api pada kompor dan tunggu selama 15-20 menit
- Dimatikan kompor
- Dibuka klep uap perlahan-lahan dan tunggu sampai tekanan 0 Mpa
- Dibuka tutup autoklaf secara diagonal dan dikeluarkan alat-alat

2. Penyiapan Air Laut Sebagai Medium Kultur

Air laut yang digunakan dalam penelitian berasal dari penyedia komersial dengan salinitas sebesar 30 ‰ untuk kultur *Chaetoceros calcitrans* dan 25 ‰ untuk kultur *Tetraselmis chuii*. Sterilisasi air laut terlebih dahulu dilakukan karena untuk memperkecil jumlah kontaminan berupa mikroorganisme lain yang terdapat didalamnya. Tujuan persiapan air media yaitu untuk menghindari terjadinya kekurangan air pada saat melakukan kultur. pH optimum produktivitas perairan untuk medium kultur yang digunakan berada pada rentang 7,5 - 8,5 (Prabowo, 2009). Salinitas yang paling baik untuk pertumbuhan adalah 20-30 ppt (Supriyantini, 2013). Tinggi rendahnya salinitas akan mempengaruhi tekanan osmotik sel alga. Salinitas merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan perkembangan fitoplankton, terutama dalam mempertahankan tekanan osmosis antara protoplasma sel dengan air sebagai lingkungannya.

Prosedur penyiapan air laut adalah sebagai berikut :

- Air laut disaring dengan menggunakan kertas saring whatman 0,45 μm , dengan tujuan untuk menyaring partikel partikel-partikel dalam air laut.
- Air laut disterilisasi menggunakan autoclave dengan suhu 121°C (249,8°F) tekanan 1 atm (0,15 Mpa)
- Diukur nilai pH menggunakan pH meter, diukur nilai salinitas menggunakan refraktometer dan diukur suhu menggunakan termometer
- Air laut/ media kultur yang telah disterilisasi dan diukur parameternya dimasukkan kedalam wadah uji.

3. Penyiapan bibit Fitoplankton

Bibit awal *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* yang akan digunakan dalam kultur skala laboratorium diperoleh dari Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Situbondo yang berlokasi di Jalan Raya Pecaron, Kecamatan Panarukan, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur 68351, Indonesia. Medium dasar yang digunakan adalah air laut yang telah steril dan pupuk yang digunakan dalam kultur *Chaetoceros calcitrans* merupakan pupuk diatom, vitamin dan silikat, sedangkan pupuk yang digunakan untuk *Tetraselmis chuii* merupakan pupuk Walne.

4. Penyiapan Pupuk

Pupuk diatom, vitamin dan silikat sebagai nutrisi untuk pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* dan Walne digunakan sebagai nutrisi pertumbuhan untuk *Tetraselmis chuii* yang diperoleh dari BBAP Situbondo. Pupuk yang digunakan merupakan pupuk diatom dan alga hijau dengan dosis pemakaian masing-masing 1 ml pupuk untuk 1 liter volume kultur. Adapun komposisi nutrient yang

ditambahkan pada media kultur *Chaetoceros calcitrans* disajikan pada Tabel 4, sedangkan komposisi nutrient media kultur *Tetraselmis chuii* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Komposisi Pupuk Diatom, Vitamin, dan Silikat

Nutrient	Konsentrasi dalam larutan stok
Larutan stok 1: Pupuk Diatom	
Na ₂ HPO ₄	5 gr/ L
KNO ₃	75 gr/ L
Na ₂ EDTA	5 gr/ L
FeCL ₃	3,15 gr/ L
Larutan stok 2: Vitamin	
Vitamin B ₁	1000 mg/ L
Vitamin B ₁₂	5 mg/ L
Larutan Stok 3 : Silikat	
Silikat	30 gr/ L

(Rahmadiani, 2013)

Tabel 5. Komposisi Walne

Komponen	Dalam 1000 ml H ₂ O
Na ₂ EDTA	45,00 gr
NaNO ₃	100,00 gr
NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O	20,00 gr
FeCl ₃ 6H ₂ O	1,30 gr
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,36 gr
H ₃ BO ₃	33,60 gr
Trace Metal Solution	1 ml dari 100 ml larutan
CuSO ₄ . 5H ₂ O	2,0 gr
ZnCL ₂	2,1 gr
CoCl ₂ . 6H ₂ O	2,0 gr
(NH ₄) ₆ .MO ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,9 gr
Vitamin	Dalam 100 ml
B ₁	100 gr
B ₁₂	5 gr

(Andersen, 2005)

5. Pengaturan Intensitas Cahaya

Salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton adalah cahaya. Cahaya yang digunakan dalam ruangan kultur *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* seluas 80 cm x 34 cm menggunakan 1 lampu TL

merk Phillips 18 Watt sebesar 3860 lux. Besar cahaya yang digunakan dalam kultur *Chaetoceros calcitrans*, dan *Tetraselmis chuii* diperoleh dari rumus :

$$E = \theta : A$$

Dimana,

E = Kuat penerangan (lux)

θ = Total lumen lampu/ Lamp luminous flux

A = Luas ruangan (m²)

Jadi,

$$E = \theta : A$$

$$E = 1050 : 0,272$$

$$E = 3860 \text{ lux}$$

Pertumbuhan fitoplankton sangat tergantung pada intensitas cahaya, lama penyinaran untuk melakukan fotosintesis. Menurut Tjahjo *et al.*, (2002) intensitas cahaya yang baik untuk pertumbuhan mikroalga adalah dengan kisaran 1000-10.000 lux, sedangkan menurut Isnansetyo dan Kurniastuti, (1995) laju pertumbuhan alga akan naik pada inntensitas penyinaran 500-10000 lux.

3.4.2 Susunan Peralatan Penelitian

Kultur fitoplankton dilakukan di Laboratorium Hidrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya dengan sumber cahaya dari lampu TL 18 Watt sebesar 3860 lux. Temperatur disesuaikan dengan temperatur ruangan yang berkisar antara 24°C - 29°C. Aerasi disalurkan dari aerator melalui selang menuju ke gelas-gelas kultur (Erlenmeyer) yang tersusun didalam rak kultur. Adapun susunan peralatan kultur yang dilakukan didalam Laboratorium adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Skema susunan peralatan kultur skala laboratorium

3.4.3 Kultur Fitoplankton

Kultur dilakukan untuk mengetahui pola pertumbuhan kepadatan *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* yang nantinya akan digunakan sebagai biota uji dalam uji toksisitas. Kultur dilakukan dalam skala laboratorium dengan volume kultur 200 ml.

Adapun prosedur kultur fitoplankton sebagai berikut :

- Air laut steril dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 150 ml (total volume kultur 200 ml).
- Salinitas diukur menggunakan refraktometer, pH diukur menggunakan pH meter dan suhu diukur menggunakan termometer.
- Pupuk diatom, Vitamin, Silikat dan Walne dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer sebanyak 0,2 ml sebagai nutrisi *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*.
- *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* dimasukkan ke dalam masing-masing Erlenmeyer sebanyak 50 ml
- Dikocok erlenmeyer yang telah berisi volume kultur sebanyak 200 ml.
- Udara dialirkan melalui aerator ke dalam erlenmeyer menggunakan selang dan batu aerasi

- Permukaan lubang erlenmeyer ditutup menggunakan plastik dan diikat menggunakan karet
- Kultur diletakkan dalam rak dengan lampu sebagai sumber cahaya.
- Selanjutnya, dihitung kepadatan masing-masing fitoplankton dalam setiap harinya.

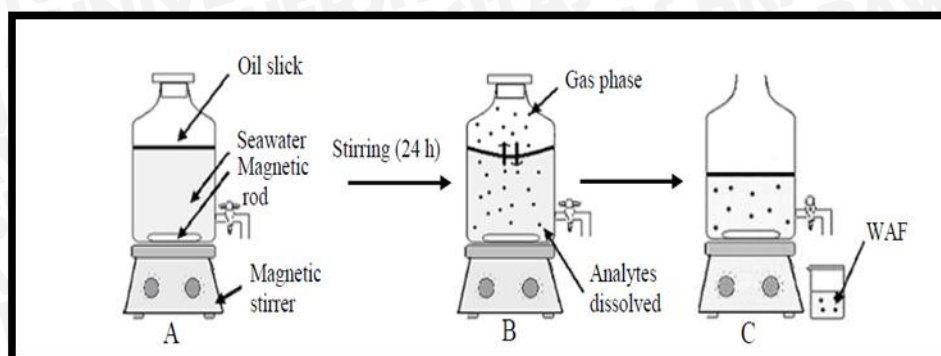
3.4.4 Penyiapan *Water Accommodated Fraction* (WAF)

Water Accommodated Fraction (WAF) telah dibuat berdasarkan pedoman yang telah ditetapkan oleh CROSSERF (*Chemical Response to Oil Spills: Ecological Effects Research Forum*) (Singer et al., 2000). Pembuatan WAF dilakukan pada ruangan bersuhu sekitar 21°C - 28°C selama 24 jam untuk mencapai keseimbangan. Minyak yang digunakan adalah minyak solar yang diperoleh dari SPBU Malang, dan selanjutnya sampel WAF dikeluarkan melalui keran dibagian bawah botol aspirator.

Adapun prosedur langkah kerja dari pembuatan WAF sebagai berikut :

- Air laut disaring menggunakan kertas saring Whatmann 0,45 µm
- Air laut di sterilisasi menggunakan *autoclave* (suhu 121°C selama 15-20 menit)
- Air laut sebanyak 1600 ml dan minyak solar sebanyak 160 ml dimasukkan ke dalam botol aspirator
- Botol aspirator yang telah berisi WAF diletakkan di atas *hot plate* dan dimasukkan *magnetic stirrer* berukuran 1-2 inch kedalam botol untuk pengadukan selama 24 jam pada ruangan yang gelap dengan kecepatan mixing 200±20 rpm (3-4 rps).

Susunan langkah kerja pembuatan WAF disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Pembuatan WAF (A: Minyak dituangkan di atas permukaan air, B: Diaduk selama 24 jam, C: Sampel dari WAF)

Sumber : Kanan et al., 2012

3.4.5 *Penyiapan Chemically Enhanced Water Accomodated Fraction (CEWAF)*

Chemically Enhanced Water Accomodated Fraction (CEWAF) dibuat berdasarkan metode dari US Environmental Protection Agency, EPA, (1995). Rasio yang digunakan antara minyak dan dispersant sebesar 1 : 20 (Almeda et al., 2014).

Adapun prosedur langkah kerja dari pembuatan *CEWAF* sebagai berikut :

- Air laut disaring menggunakan kertas saring Whatmann 0,45 μm
- Air laut di sterilisasi menggunakan *autoclave* (suhu 121°C selama 15-20 menit)
- Air laut sebanyak 1.600 ml lalu di tambahkan minyak solar sebanyak 160 ml dan dispersant sebanyak 8 ml dengan perbandingan antara minyak solar dan dispersant adalah 1:20 dimasukkan ke dalam botol aspirator yang berukuran 2 L

- Botol aspirator diletakkan di atas hot plate dan dimasukkan *magnetic stirrer* kedalam botol dengan kecepatan mixing 8 rps selama 18 jam pada ruangan yang gelap (sehingga putaran yang terbentuk setinggi 20-25% dari tinggi volume larutan tersebut)
- Setelah 18 jam di diamkan selama 3 jam

3.4.6 Penyiapan Minyak Dispersant

Dispersant yang digunakan pada penelitian ini bernama IPAC – OCD berasal dari CV. Pratama Abadi Chemical.

Adapun prosedur langkah kerja dari pembuatan dispersant sebagai berikut :

- Air laut disaring menggunakan kertas saring Whatmann 0,45 μm
- Air laut di sterilisasi menggunakan *autoclave* (suhu 121°C selama 15-20 menit)
- Air laut sebanyak 440 ml, dan dispersant sebanyak 2 ml dimasukkan ke dalam botol aspirator
- Botol aspirator di letakkan di atas *hot plate* dan dimasukkan *magnetic stirrer* ke dalam botol dengan kecepatan mixing 8 rps selama 1 jam (sehingga putaran yang terbentuk setinggi 20-25% dari tinggi volume larutan tersebut)

3.5 Uji Toksisitas

3.5.1 Uji Toksisitas *Water Accomodated Fraction (WAF)*, *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)* dan Dispersant

Uji toksisitas dilakukan untuk melihat pengaruh yang diberikan *WAF*, *CEWAF* dan Dispersant terhadap mortalitas *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* dilakukan selama 72 jam pada konsentrasi yang berbeda (0% (Kontrol), 5%, 10%, 20%, 40% dan 80%) dengan masing masing total volume perlakuan sebanyak 50 ml.

Adapun volume fitoplankton, nutrient, air laut dan *WAF/ CEWAF/ Dispersant* dengan kontrol yang berbeda yang digunakan dalam uji toksisitas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Prosedur perlakuan uji toksisitas masing-masing untuk *WAF*, *CEWAF* dan *Dispersant*

Konsentrasi	Fitoplankton	Air laut	Nutrient	<i>WAF/ CEWAF/ Dispersant</i>
0% (kontrol)	10 ml	40 ml	0.05 ml	0 ml
5 %	10 ml	37.5 ml	0.05 ml	2.5 ml
10 %	10 ml	35 ml	0.05 ml	5 ml
20 %	10 ml	30 ml	0.05 ml	10 ml
40 %	10 ml	20 ml	0.05 ml	20 ml
80 %	10 ml	0 ml	0.05 ml	40 ml

3.5.2 Prosedur Pengambilan Data Penelitian

1. Penghitungan Kepadatan Sel *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*

Penghitungan kepadatan sel *Caetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* pada setiap tahap penelitian dilakukan dengan menggunakan Haemocytometer Neubauer Improved dengan ulangan sebanyak tiga kali perhitungan untuk masing-masing kultur dan masing-masing uji. Penentuan pola pertumbuhan fitoplankton, dilakukan dengan penghitungan jumlah sel per milliliter medium

setiap 24 jam. Sampel fitoplankton tiap perlakuan diambil menggunakan pipet tetes steril, diteteskan sekitar 1 ml selama 72 jam pada Haemositometer, kemudian diamati melalui mikroskop Olympus CX 21 LED perbesaran 40x. Perhitungan kepadatan sel fitoplankton menggunakan rumus :

$$\text{Jumlah } \frac{\text{sel}}{\text{mL}} = \frac{\text{jumlah sel dalam 4 kotak}}{\text{jumlah blok (=4)}} \times 10.000 \quad (\text{Rizky et al., 2013})$$

2. Pengukuran Parameter Pendukung (suhu, salinitas dan pH Kultur)

Pengukuran suhu media kultur dilakukan dengan menggunakan thermometer air raksa. Suhu yang dicatat adalah suhu ketika pengamatan jumlah sel pada kultur dan pada saat uji toksisitas dilakukan terhadap *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*. Salinitas setiap kultur dan pada saat uji toksisitas juga diukur menggunakan refraktometer. Derajat keasaman atau pH setiap kultur dan uji toksisitas *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* diukur dengan menggunakan pH meter.

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis probit, Two Way ANOVA yang dilanjutkan dengan uji lanjut *Tukey*. Analisis probit (probabilitas unit) digunakan untuk mendapatkan nilai LC_{50} . Contoh nilai probit dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Contoh Nilai Probit

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
—	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

Sumber (Finney, 1952)

Adapun langkah-langkah dalam mencari nilai LC_{50} sebagai berikut :

- Mempunyai tabel probit
- Data dibuat dalam bentuk persen (%)
- Menentukan nilai probit dari setiap % kematian tiap kelompok hewan uji
- Menentukan log konsentrasi tiap-tiap kelompok
- Menentukan persamaan garis lurus hubungan antara nilai probit dengan log konsentrasi
- Cari nilai konsentrasi (X) yang dibutuhkan untuk mendapatkan respon (Y) yang diinginkan
- Memasukkan nilai 5 (probit 50 % kematian hewan uji) pada persamaan garis lurus
- Persamaannya, $Y = a + bX$

Keterangan :

$Y = 5$ = Nilai probit dari 50% kematian hewan coba

X = Merupakan nilai LC_{50} ketika diubah menjadi anti log X

Sumber (Reskianingsih, 2014)

Fungsi linier $Y = a + bX$ digunakan untuk mencari nilai konsentrasi yang dapat menyebabkan 50% kematian *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*. Two way Anova berfungsi untuk melihat pengaruh yang diberikan WAF, CEWAF dan dispersant terhadap mortalitas *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*. Jika dalam uji statistik yang dilakukan terdapat perbedaan yang nyata atau signifikan maka dilanjutkan menggunakan uji Tukey untuk mengetahui perlakuan dan konsentrasi mana saja yang memberikan hasil yang berbeda (Rudiyanti *et al.*, 2009).

Analisis probit dilakukan dengan menggunakan bantuan Ms. Excel 2003 sedangkan Analisis Two Way Anova dilakukan dengan menggunakan SPSS 16.0 for Windows.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Stok Fitoplankton

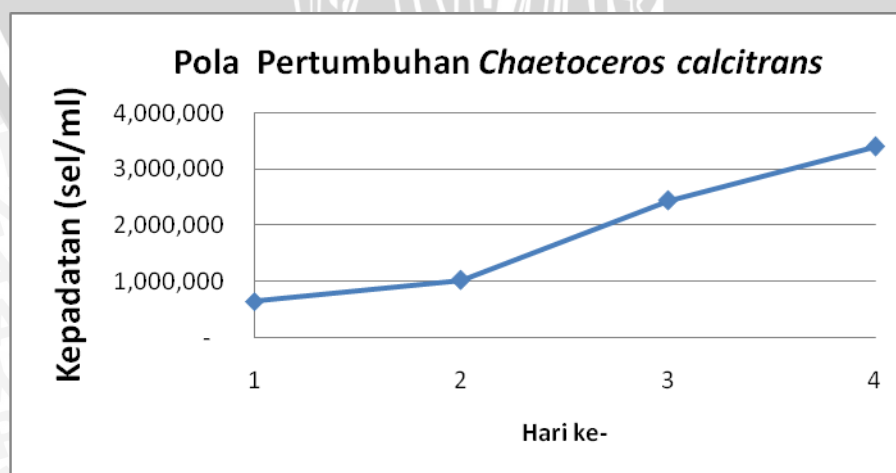
4.1.1 *Chaetoceros Calcitrans*

Kultur *Chaetoceros calcitrans* dilakukan untuk mendapatkan fitoplankton pada kondisi laboratorium. Hasil pengamatan kepadatan kultur *Chaetoceros calcitrans* dilakukan selama 4 hari dalam media kultur air laut dengan penambahan medium pupuk diatom, silikat serta vitamin. Data hasil pengamatan pertumbuhan fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengamatan pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*

Hari	Jumlah Sel <i>Chaetoceros calcitrans</i> (sel/ ml)
1	646.667
2	1.020.833
3	2.444.167
4	3.403.333

Tabel 8 menunjukkan bahwa pertumbuhan maksimum fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dicapai pada hari ke-4. Adapun kurva pertumbuhan fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Kurva pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*

Menurut Ru'yatin *et al.*, 2015 pertumbuhan fitoplankton secara normal meliputi fase lag atau fase adaptasi, fase eksponensial, fase penurunan kecepatan pertumbuhan, fase stasioner, dan fase drop atau kematian. Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5, waktu pertumbuhan yang dibutuhkan oleh fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* untuk beradaptasi terhadap media kultur (air laut yang ditambahkan dengan pupuk diatom, silikat dan vitamin) sangat singkat, yakni satu hari (hari 1-2). Pada fase ini terjadi penyesuaian terhadap lingkungan yang baru sehingga penambahan populasi fitoplankton cenderung sedikit. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sutomo (2005) bahwa *Chaetoceros calcitrans* memiliki fase adaptasi terhadap lingkungan yang relatif cepat dibandingkan dengan fitoplankton lain dengan nilai laju pertumbuhan relatif tinggi. Pertumbuhan yang signifikan atau eksponensial mulai terjadi pada hari ke 3 sampai hari ke 4 yang ditandai dengan bertambahnya jumlah sel pada kultur secara cepat, dimana proses pembelahan sel mulai optimal.

Faktor pendukung dalam pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* selain dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di dalam media kultur yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga antara lain cahaya, suhu, pH, dan salinitas (Sylvester *et al.*, 2002). Hasil pengukuran kisaran kualitas air selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 9. Kisaran kualitas air selama kultur *Chaetoceros calcitrans*

Parameter	Kisaran
Suhu	27°C – 29°C
Salinitas	30 – 32.5 ppt
pH	7.9 – 8.3

Hasil pengukuran pH pada penelitian ini berkisar antara 7.9-8.3. Hal ini sesuai dengan pernyataan Banerjee *et al* (2011) bahwa pertumbuhan maksimum *Chaetoceros calcitrans* akan naik pada rentang pH 7.9 – 8.5. Suhu secara

langsung akan mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam pertumbuhan mikroalga (Indarmawan, 2012). Suhu air pada penelitian ini berkisar antara 27°C – 29°C. Sesuai dengan pernyataan Koniyo (2006) suhu air optimum untuk pertumbuhan *Chaetoceros* berkisar antara 25°C -30°C, sedangkan dengan salinitas yang optimal, aktifitas osmosis sel akan berlangsung dengan maksimal sehingga sangat mendukung pertumbuhan alga. Salinitas yang tercatat pada penelitian ini berkisar antara 30-32.5 ppt.

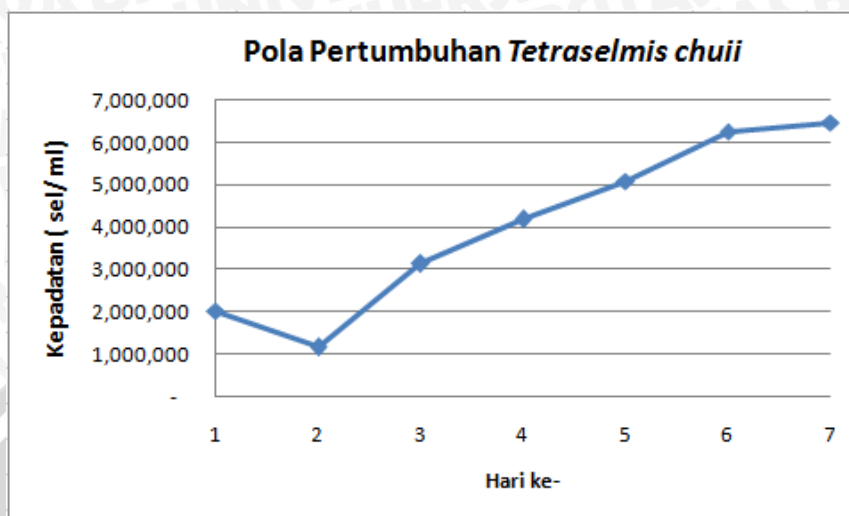
4.1.2 *Tetraselmis chuii*

Hasil pengamatan kultur *Tetraselmis chuii* dilakukan selama 7 hari dalam media kultur air laut dengan penambahan wane dan vitamin. Data hasil pengamatan pertumbuhan fitoplankton *Tetraselmis chuii* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data pengamatan pertumbuhan *Tetraselmis chuii*

Hari	Jumlah Sel <i>Tetraselmis chuii</i> (sel/ml)
1	2.019.583
2	1.152.083
3	3.135.417
4	4.184.167
5	5.079.167
6	6.257.917
7	6.459.583

Adapun kurva pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut :



Gambar 6. Kurva Pertumbuhan *Tetraselmis chuii*

Tetraselmis chuii dikultur pada kepadatan awal 2.019.583 sel/mL mengalami penurunan jumlah populasi terhadap media pertumbuhannya hingga mencapai 1.152.083 sel/ml. Hari ke 1 sampai ke 2 *T.chuii* ini mengalami fase lag atau fase adaptasi dimana laju pertumbuhan pertumbuhannya yang sangat kecil dikarenakan mikroalga menyesuaikan diri pada lingkungan yang baru Soeprbowati *et al.*, (2013) dalam Pranajaya *et al.*, (2014) . Penelitian (Pujiono, 2013) dalam Ru'yatin (2015) memperlihatkan bahwa jenis *Tetraselmis* juga mengalami fase adaptasi berkisar 1-3 hari. Adapun beberapa parameter yang mempengaruhi waktu fase adaptasi adalah jenis dan umur mikroorganisme, ukuran inokulum dan media tumbuh. Apabila sel tumbuh dalam medium yang kekurangan nutrisi maka fase adaptasi akan terjadi lebih lama, karena sel harus menghasilkan enzim yang sesuai dengan jenis nutrisi yang ada (Pujiono, 2013).

Fase eksponensial terjadi pada hari ke 3 hingga hari ke 7 dengan kepadatan *Tetraselmis chuii* mencapai 6.459.583 sel/mL. Hasil penelitian dari (Sari dan Manan, 2012) dan (Fachrullah, 2011) juga memperlihatkan fase eksponensial

berkisar antara hari ke 6 sampai hari ke 8. Pada fase eksponensial ditandai dengan naiknya laju pertumbuhan hingga kepadatan populasi meningkat beberapa kali lipat. Pada fase ekponensial ini juga sel alga sedang aktif berkembang biak melalui pembelahan (Utomo dan Winarti, 2005). Kultur fitoplankton untuk persiapan stok dilakukan untuk mengetahui kapan fitoplankton mencapai fase eksponensial, karena kandungan nutrisi terbaik dalam fitoplankton pada saat pertumbuhannya ada pada fase eksponensial dimana laju pertumbuhannya maksimal, selain itu ketika fase eksponensial adalah fase terbaik untuk melakukan percobaan atau eksperimen (Chilmawati dan Suminto, 2008)

Pertumbuhan mikroalga sangat erat kaitannya dengan ketersediaan unsur hara dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sebagai faktor pembatas seperti pH, suhu, nutrient, salinitas dan cahaya. Hasil pengukuran kisaran kualitas air selama penelitian dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kisaran kualitas air selama kultur *Tetraselmis chuii*

Parameter	Kisaran
Suhu	27°C -29°C
Salinitas	25 – 30 ppt
pH	8.15 -8.33

Dapat diketahui dari tabel di atas kualitas air selama kultur *Tetraselmis* diperoleh kisaran suhu 27°C -29°C. Pada kondisi laboratorium, perubahan suhu air dipengaruhi oleh temperatur ruangan dan intensitas cahaya. Suhu secara langsung dapat mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan faktor yang menentukan dalam pertumbuhan. Suhu optimum kultur mikroalga di laboratorium antara 25-32°C Fogg and Thake, (1987) dalam Yudha, (2008). Salinitas optimum bagi pertumbuhan mikroalga antara 25-35 ppt (Tjahyo *et al.*, 2002), sedangkan pH optimum bagi pertumbuhan mikroalga adalah 8-8.5 (Yudha, 2008).

4.2 Faktor Kualitas Air Setelah Penambahan *Water Accommodated Fraction (WAF)*, *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)*, dan Dispersant.

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi kehidupan suatu organisme yaitu fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*. Faktor pendukung dalam pertumbuhan mikroalga antara lain, suhu, pH dan salinitas. Maka dari itu dilakukan pengukuran suhu, pH dan salinitas untuk mengetahui nilai dari setiap parameter tersebut.

Menurut Indarmawan, *et al* (2012) suhu dapat mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan faktor yang menentukan dalam pertumbuhan mikroalga. Menurut Pujiono, (2013) *Tetraselmis chuii* dapat mentoleransi suhu antara 15°C-35°C sedangkan suhu optimalnya berkisar antara 23°C-25°C. Rata-rata suhu air yang tercatat pada penelitian untuk fitoplankton *Tetraselmis chuii* berkisar antara 27.47°C - 27.90°C, sedangkan rata-rata suhu air yang tercatat pada *Chaetoceros calcitrans* berkisar antara 27.35°C – 27.97°C sesuai dengan pernyataan (Koniyo, 2006) suhu air yang optimal untuk pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* berkisar antara 25°C - 30°C. Kenaikan suhu yang optimal akan dapat mempercepat proses metabolisme sel (Suriawiria, 1985 dalam Indarmawan, 2012). Kondisi suhu pada saat penelitian dapat dilihat pada Tabel 12 – 17.

Tabel 12. Suhu *Tetraselmis chuii* pada pengamatan *Water Accommodated Fraction (WAF)* Selama 72 jam

Suhu (°C)	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	26.3	27.5	28.2	27.9	27.47
	5	26.7	27.9	28.3	28.3	27.8
	10	26.9	27.5	27.9	27.8	27.52
	20	27.2	27.5	28.3	28.1	27.77
	40	27.2	27.7	27.9	28.3	27.77
	80	26.9	28.2	28.2	28.1	27.85

Tabel 13. Suhu *Tetraselmis chuii* pada pengamatan *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)* selama 72 jam

Suhu (°C)	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	27.8	27.8	26.9	27.4	27.47
	5	28.2	28.3	26.9	27.5	27.72
	10	28	28.3	27.2	27.5	27.75
	20	28.1	27.9	27.3	27.8	27.77
	40	27.8	27.9	27.4	28	27.77
	80	27.9	28	27.3	27.9	27.77

Tabel 14. Suhu *Tetraselmis chuii* pada pengamatan Dispersant selama 72 jam

Suhu (°C)	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	27.7	28.3	27.7	28.2	27.97
	5	27.5	28.4	27.5	28	27.85
	10	27.5	27.9	27.7	28.2	27.82
	20	27.6	27.8	27.6	28.1	27.77
	40	27.5	28.2	27.9	27.9	27.87
	80	27.8	28.2	27.7	27.9	27.9

Tabel 15. Suhu *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam

Suhu (°C)	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	27.9	27.9	28.2	28.3	28.07
	5	28.3	28.2	28	28.2	28.17
	10	27.9	28.2	28.1	27.9	28.02
	20	28.1	27.8	27.7	28.1	27.92
	40	28.2	28	27.9	27.8	27.97
	80	27.8	27.9	27.9	28.1	27.92

Tabel 16. Suhu *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam

Suhu (°C)	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	27.9	26.8	27.5	28.2	27.6
	5	27.7	26.8	27.3	27.6	27.35
	10	27.7	27.2	26.9	27.8	27.4
	20	27.9	27.5	26.8	27.8	27.5
	40	27.8	27.3	27.2	28.2	27.62
	80	27.8	27.5	27.2	28.1	27.65

Tabel 17. Suhu *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Dispersant selama 72 jam

Suhu (%)	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	27.5	28.4	27.4	28.1	27.85
	5	27.5	28.5	27.5	27.8	27.82
	10	27.8	27.9	26.9	27.6	27.55
	20	27.9	27.9	26.8	27.9	27.62
	40	27.7	28.1	27.2	28	27.75
	80	27.7	28.1	27.4	28.1	27.82

Selain suhu, faktor kualitas air selanjutnya ialah pH. Derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh pada adaptasi organisme perairan, pH dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis dan suhu (Adani *et al.*, 2013). Kondisi fotosintesis akan terjadi optimal ketika pH dalam keadaan normal. Rata-rata nilai pH *Tetraselmis*

chuii yang tercatat pada pengamatan berkisar antara 7.30 – 8.30, sedangkan rata-rata nilai pH *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan berkisar antara 7.51 – 8.35. Kondisi perairan yang bersifat asam atau basa akan menyebabkan gangguan metabolisme dan respirasi pada organisme, selain itu pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa yang bersifat toksik akan semakin tinggi. Kondisi pH pada pengamatan dapat dilihat pada Tabel 18 - 23.

Tabel 18. pH *Tetraselmis chuii* pada pengamatan *Water Accommodated Fraction (WAF)* selama 72 jam

pH	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	8.10	8.18	8.22	8.30	8.21
	5	8.21	8.28	8.32	8.30	8.27
	10	8.25	8.30	8.28	8.28	8.27
	20	8.29	8.32	8.28	8.30	8.29
	40	8.30	8.25	8.32	8.30	8.29
	80	8.33	8.35	8.28	8.32	8.32

Tabel 19. pH *Tetraselmis chuii* pada pengamatan *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF)* selama 72 jam

pH	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	8.18	8.23	8.28	8.31	8.25
	5	8.20	8.26	8.30	8.35	8.27
	10	8.22	8.25	8.30	8.30	8.26
	20	8.32	8.27	8.30	8.33	8.30
	40	8.33	8.32	8.29	8.28	8.30
	80	8.35	8.32	8.27	8.29	8.30

Tabel 20. pH *Tetraselmis chuii* pada pengamatan Dispersant selama 72 jam

pH	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	8.25	8.18	8.28	8.31	8.25
	5	8.32	8.25	8.26	8.30	8.28
	10	7.75	7.78	7.82	7.82	7.79
	20	7.61	7.65	7.65	7.63	7.63
	40	7.57	7.6	7.57	7.59	7.58
	80	7.33	7.30	7.27	7.33	7.30

Tabel 21. pH *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam

pH	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	8.02	7.90	8.09	8.14	8.03
	5	8.21	8.25	8.27	8.20	8.23
	10	8.28	8.20	8.27	8.29	8.25
	20	8.28	8.30	8.28	8.32	8.29
	40	8.31	8.29	8.33	8.30	8.30
	80	8.35	8.38	8.35	8.33	8.35

Tabel 22. *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Chemichally Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam

pH	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
	0	7.89	7.96	8.07	8.10	8.05
	5	8.14	8.11	8.11	8.14	8.12
	10	8.17	8.17	8.18	8.14	8.16
	20	8.29	8.27	8.28	8.27	8.27
	40	8.38	8.35	8.38	8.4	8.37
	80	8.44	8.40	8.34	8.35	8.38

Tabel 23. pH *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Dispersant selama 72 jam

	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
pH	0	7.90	8.13	7.92	8.25	7.9
	5	7.94	8.10	8.15	8.18	8.09
	10	7.79	7.78	7.77	7.79	7.78
	20	7.65	7.65	7.68	7.68	7.66
	40	7.65	7.67	7.69	7.7	7.67
	80	7.46	7.52	7.45	7.61	7.51

Faktor kualitas air yang terakhir adalah salinitas. Salinitas merupakan salah satu parameter perairan yang berpengaruh terhadap fitoplankton. Variasi salinitas mempengaruhi laju fotosintesis, terutama didaerah estuary, khususnya pada fitoplankton yang hanya bisa bertahan pada batas-batas salinitas yang kecil (Rahmawati *et al.*, 2013). Variasi dari salinitas dapat mempengaruhi kehidupan berbagai jenis plankton dalam suatu perairan (Simanjuntak, 2009). Salinitas memiliki peranan penting dalam pertumbuhan fitoplankton karena secara langsung berpengaruh pada tekanan osmosis sel fitoplankton sehingga fluktuasi salinitas menyebabkan aktivitas sel menjadi terganggu.

Tetraselmis chuii tumbuh dengan kondisi optimal antara 25 ‰ sampai dengan 35 ‰ (Pujiono, 2013), pada penelitian ini rata-rata salinitas yang tercatat untuk *Tetraselmis chuii* adalah 25.67 – 26.25 ‰, sedangkan salinitas yang optimal untuk *Chaetoceros calcitrans* tumbuh pada kisaran 17 – 25 ‰ (Kusumawardani, 2012) dan *Chaetoceros calcitrans* memiliki toleransi terhadap salinitas sangat lebar yaitu 6 – 50 ‰. Berdasarkan pernyataan tersebut rata-rata salinitas yang diperoleh untuk *Chaetoceros calcitrans* adalah 30.55 – 31.17 ‰. Sesuai pernyataan Darley (1982) dalam Indarmawan (2012) bahwa salinitas yang optimal, aktivitas osmosis sel akan berlangsung dengan maksimal sehingga sangat mendukung pertumbuhan alga.

Tabel 24. Salinitas *Tetraselmis chuii* pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam

	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
Salinitas (‰)	0	25	25.7	26.3	26.7	25.92
	5	25	25.5	25.8	26.2	25.62
	10	25	25.7	26.2	26.8	25.92
	20	25	26.4	26.3	25.5	25.8
	40	25	25.9	26.4	26.7	26
	80	25	25.4	26.6	26.8	25.95

Tabel 25. Salinitas *Tetraselmis chuii* pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam

	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
Salinitas (‰)	0	25	25.9	26.1	26.3	25.82
	5	25	25.7	25.9	26.1	25.67
	10	25	26.3	26.2	26.4	25.97
	20	25	25.8	26.5	26.4	25.92
	40	25	26.6	26.5	26.3	26.1
	80	25	25.9	26	26.5	25.85

Tabel 26. Salinitas *Tetraselmis chuii* pada pengamatan Dispersant selama 72 jam

	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
Salinitas (‰)	0	25	25.5	26.3	26.5	25.82
	5	25	25.9	26.4	26.6	25.97
	10	25	26.2	26.3	26.5	26
	20	25	25.6	26.4	26.2	25.8
	40	25	26.8	26.5	26.7	26.25
	80	25	25.9	26.8	26.9	26.15

Tabel 27. Salinitas *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Water Accommodated Fraction (WAF) selama 72 jam

	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
Salinitas (‰)	0	30	31.3	32.1	31.3	31.17
	5	30	30.5	31.3	31.5	30.82
	10	30	30.8	31.3	30.5	30.65
	20	30	30.2	30.4	31.6	30.55
	40	30	30.2	32.3	30.9	30.85
	80	30	31.6	31.5	30.6	30.92

Tabel 28. Salinitas *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) selama 72 jam

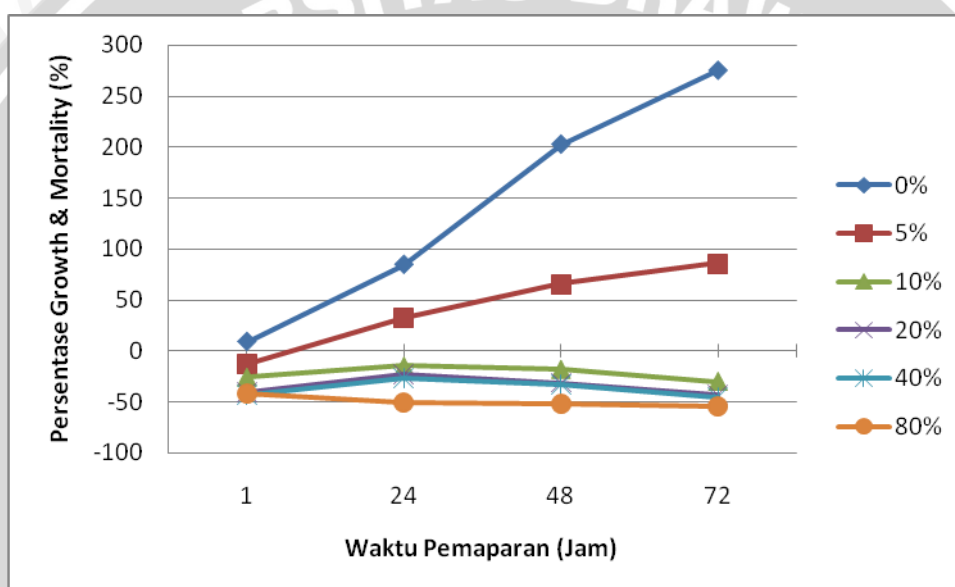
	Konsentrasi (%)	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
Salinitas (‰)	0	30	31.8	31.4	31.5	31.17
	5	30	31.4	31.2	31.3	30.97
	10	30	31.5	31.5	30.8	30.95
	20	30	30.8	30.9	31.6	30.82
	40	30	30.8	30.8	31	30.65
	80	30	31.3	31.2	30.9	30.85

Tabel 29. Salinitas *Chaetoceros calcitrans* pada pengamatan Dispersant selama 72 jam

	Konsentrasi	1 jam	24 jam	48 jam	72 jam	Rata-rata
Salinitas (‰)	0	30	30.8	31.5	31.5	30.95
	5	30	31.6	31.2	31.3	31.02
	10	30	31.2	31.5	30.8	30.87
	20	30	30.9	30.9	31.6	30.85
	40	30	30.9	30.8	31	30.67
	80	30	31.2	31.2	30.9	30.82

4.3 Persentase Pertumbuhan dan Mortalitas *Chaetoceros calcitrans* Setelah Pemaparan Water Accommodated Fraction (WAF), Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) dan Dispersant

Dampak dari WAF, CEWAF dan Dispersant terhadap pertumbuhan dan mortalitas *Chaetoceros calcitrans* bervariasi tergantung pada species dan tingkatan pemaparan (Almeda *et al.*, 2014). Grafik persentase pertumbuhan dan mortalitas *Chaetoceros calcitrans* terhadap WAF, CEWAF dan dispersant dapat dilihat pada Gambar 7 – 9.



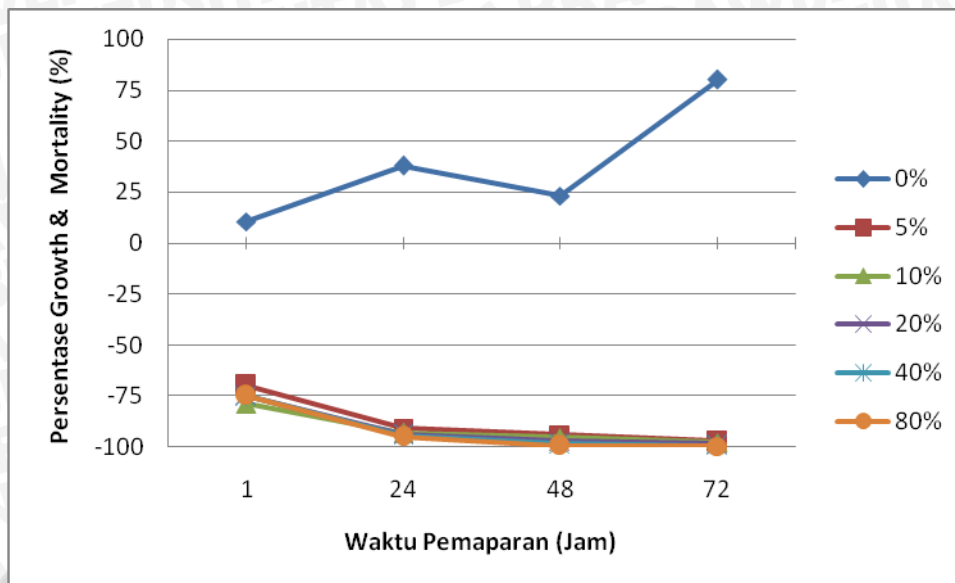
Gambar 7. Persentase pertumbuhan dan mortalitas *Chaetoceros calcitrans* terhadap Water Accommodated Fraction (WAF) selama waktu pemaparan 72 jam

Gambar 7 menunjukkan konsentrasi WAF 0% (kontrol) semakin hari semakin mengalami pertumbuhan yang berturut-turut sebesar 9.01%, 84.69%, 202.85% dan 275.40%. Kenaikan pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* juga terjadi pada konsentrasi 5% WAF pada jam ke 24 hingga 72 jam berturut-turut 32.47%, 65.48%, 85.96% meskipun pertumbuhan yang dialaminya tidak sebanyak pada pertumbuhan 0% (kontrol), tetapi pada jam ke 1 *Chaetoceros calcitrans* mengalami mortalitas sebesar 13.05%. Kemungkinan yang terjadi

pada jam ke 1, *Chaetoceros calcitrans* mengalami mortalitas dikarenakan masih menyesuaikan diri dengan medianya yang baru, sedangkan pada jam ke 24 hingga jam ke 72 *Chaetoceros calcitrans* mulai mengalami pertumbuhan hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi 5% WAF belum mampu menghambat pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*. Hasil pengamatan pada jam ke - 72 untuk konsentrasi 10% menunjukkan mortalitas fitoplankton hingga mencapai 30.10%, untuk konsentrasi 20% pada jam yang sama mortalitas *Chaetoceros calcitrans* mencapai 43.18% dan pada konsentrasi 40% dan 80% mortalitas *Chaetoceros calcitrans* berturut-turut mencapai 45.36% dan 54.85% dari pertumbuhan awal sebelum pemaparan WAF. Hal ini mengindikasikan bahwa WAF pada konsentrasi 10%, 20%, 40% dan 80% dapat menghambat pertumbuhan atau dapat menyebabkan mortalitas terhadap fitoplankton *Chaetoceros calcitrans*.

Sesuai dengan pernyataan Jiang *et al.*, (2010) bahwa *Water Accommodated Fraction* (WAF) dapat menghalangi penyerapan CO₂ dan nutrients, yang mengakibatkan terjadinya penurunan klorofil. Selain itu WAF dapat mengurangi produktifitas primer dimana minyak WAF terakumulasi dalam sel fitoplankton sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis dengan mengurangi hasil fitokimia primer, serta oksigen. Sementara respirasi dari fitoplankton ditingkatkan sehingga dapat meningkatkan pengeluaran energy serta minyak WAF akan menghancurkan struktur sel dan system membrane mikroalga bahkan menyebabkan kelainan sel dan mutasi gen (Aksmann *et al.*, 2008).

Water Accommodated Fraction (WAF) juga akan merusak struktur DNA atau menyebabkan pembentukan DNA pada sel fitoplankton serta dapat mencegah terjadinya replikasi dari ukuran sel. Penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al.*, (2004) menemukan bahwa minyak WAF tidak dapat membuat butiran kecil dan halus atau disebut dengan granula yang terdapat pada sel *Chaetoceros curvisetus* meningkat sehingga diperlukan untuk penelitian lebih lanjut.



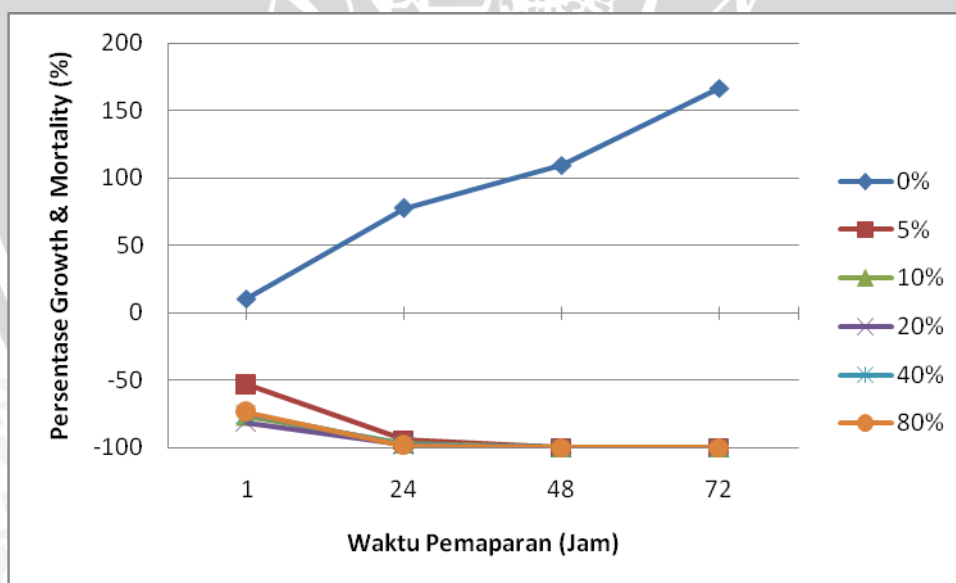
Gambar 8. Persentase pertumbuhan dan mortalitas *Chaetoceros calcitrans* terhadap *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction* (CEWAF) selama waktu pemaparan 72 jam

Gambar 8 menunjukkan pada konsentrasi CEWAF 0% (kontrol) *Chaetoceros calcitrans* mengalami pertumbuhan pada jam ke 1 jam, 24 jam dan 72 jam berturut-turut sebesar 10.48%, 38.05%, 79.98% akan tetapi pada jam ke 48 jam *Chaetoceros calcitrans* mengalami mortalitas sebesar 23.21%, hal ini dapat terjadi dikarenakan kemungkinan *Chaetoceros calcitrans* masih beradaptasi terhadap lingkungannya sehingga mengalami pertumbuhan yang sedikit dibandingkan dengan 1 jam, 24 jam dan 72 jam . Berbeda dengan konsentrasi CEWAF 5%, 10%, 20%, 40% dan 80% *Chaetoceros calcitrans* menunjukkan tren mortalitas. Pada konsentrasi CEWAF 5%, *Chaetoceros calcitrans* mengalami mortalitas hingga 97.21%, untuk konsentrasi CEWAF 10%, 20%, 40% dan 80% seiring dengan lamanya pemaparan dan bertambahnya konsentrasi *Chaetoceros calcitrans* mengalami mortalitas dengan jumlah berturut-turut sebesar 97.62%, 98.32%, 99.25% dan 99.63% selama 72 jam pemaparan oleh CEWAF.

Chaetoceros calcitrans yang diberi bahan toksikan *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction* (CEWAF) lebih banyak mengalami kematian

(mortalitas) dibandingkan dengan *Chaetoceros calcitrans* yang diberi bahan toksikan *Water Accommodated Fraction* (WAF). Hal ini menandakan bahwa CEWAF lebih beracun daripada WAF terhadap *Chaetoceros calcitrans*.

Pada umumnya dispersant dianggap tidak beracun karena digunakan apabila terjadi tumpahan minyak di laut. Studi Laboratorium yang dilakukan oleh Dasgupta *et al.*, (2011) menyatakan bahwa CEWAF hampir 100 kali lebih beracun daripada WAF. Hidrokarbon dari CEWAF lebih beracun daripada WAF hal ini dikarenakan toksisitas dari dispersant dapat meningkatkan kandungan hidrokarbon aromatik. Dispersant memiliki kemampuan untuk meningkatkan hidrokarbon dari senyawa minyak, maka penggunaan dispersant pada tumpahan minyak harus dievaluasi terlebih dahulu. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Dasgupta *et al.*, (2011) menunjukkan bahwa konsentrasi hidrokarbon aromatik yang ada pada CEWAF jauh lebih tinggi daripada WAF meskipun minyak awal yang digunakan untuk WAF lebih banyak daripada CEWAF.



Gambar 9. Persentase pertumbuhan dan mortalitas *Chaetoceros calcitrans* terhadap dispersant selama waktu pemaparan 72 jam

Gambar 9 pada konsentrasi dispersant 0% (kontrol) juga mengalami peningkatan pertumbuhan seiring dengan bertambahnya waktu hingga 72 jam

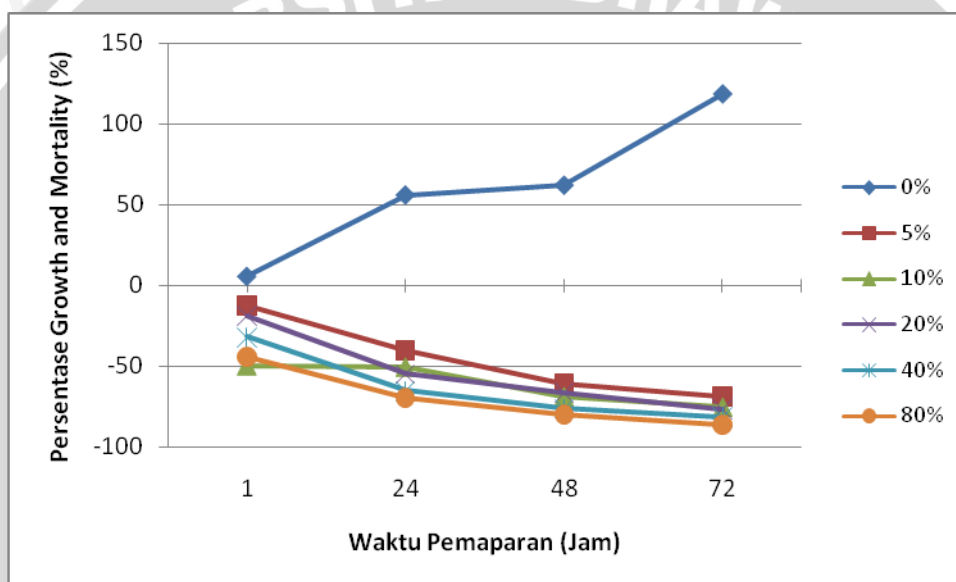
yang berturut-turut 10.27%, 77.62%, 109.34%, 166.42%. Pada konsentrasi dispersant 5% hingga 80% dengan lama paparan 48 jam hingga 72 jam menunjukkan bahwa *Chaetoceros calcitrans* mengalami mortalitas hingga 100%.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Almeda *et al.*, (2014) pada konsentrasi paparan tertinggi dan lamanya paparan, dispersant secara signifikan lebih beracun dari minyak mentah sendiri. Almeda *et al.*, (2014) juga menyatakan bahwa dampak yang ditimbulkan dari minyak mentah, dispersant dan dispersant yang diperlakukan pada minyak mentah (CEWAF) pada pertumbuhan atau mortalitas microzooplankton bervariasi tergantung pada spesies dan tingkatan paparan. Semakin lama waktu paparan, akan memberikan dampak persentase mortalitas yang besar terhadap *Chaetoceros calcitrans*. Hal ini juga didukung dengan pernyataan dari (George-Ares dan Clark, 2000; Singer *et al.*, 1996, 1995) penelitian laboratorium telah menemukan bahwa dispersant Corexit beracun bagi invertebrata laut, hewan benthik dan ikan terutama telur dan pada tahap perkembangan awal. Toksisitas dari dispersant akan berasosiasi dengan komponen kimia yang lain seperti surfaktan. Surfaktan inilah yang dapat mempengaruhi membran sel, meningkatkan permeabilitas pada membran dan dapat menyebabkan lisis terhadap membran organisme laut (Nagell *et al.*, 1974); (Singer *et al.*, 1990) dalam (Almeda *et al.*, 2013).

Salah satu diatom yang juga sering digunakan sebagai biota uji dalam toksisitas adalah *Chaetoceros gracilis* karena memenuhi beberapa persyaratan sebagai biota uji (Rand and Petrocelli, 1985) dalam (Puspitasari & Lestari, 2014) yaitu memiliki pertumbuhan yang sangat cepat, sensitivitas dan penangannya mudah didalam laboratorium (Hindarti *et al.*, 2008).

4.4 Persentase Pertumbuhan dan Mortalitas *Tetraselmis chuii* Setelah Pemaparan Water Accommodated Fraction (WAF), Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) dan Dispersant

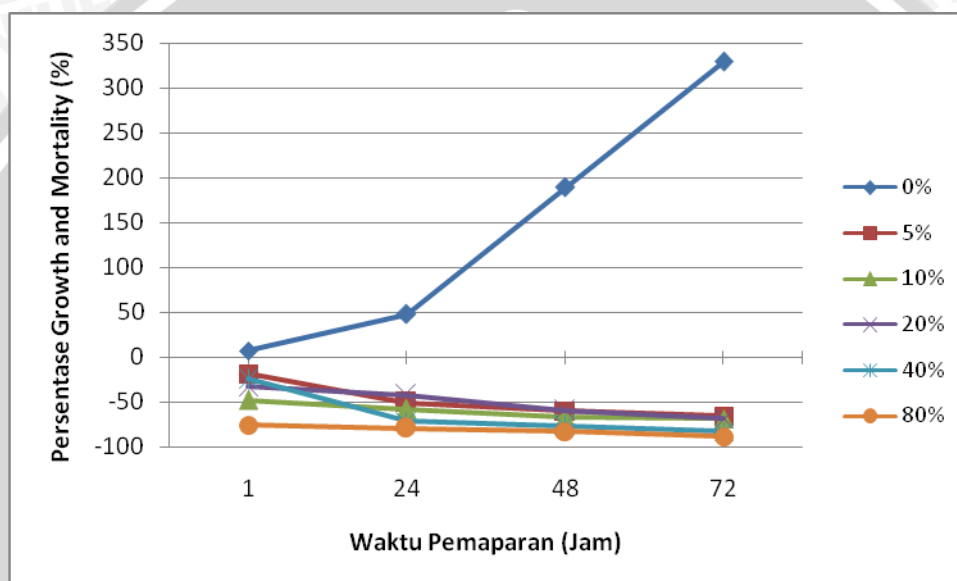
Dampak yang ditimbulkan oleh WAF, CEWAF, dan Dispersant sangat bervariasi tergantung pada spesies yang digunakan dalam percobaan dan tingkatan pemaparan (Almeda *et al.*, 2014). Grafik persentase pertumbuhan dan mortalitas *Tetraselmis chuii* terhadap WAF, CEWAF dan Dispersant dapat dilihat pada Gambar 10 - 12.



Gambar 10. Persentase pertumbuhan dan mortalitas *Tetraselmis chuii* terhadap Water Accommodated Fraction (WAF) selama waktu pemaparan 72 jam

Gambar 10 menunjukkan pada konsentrasi WAF 0% (kontrol) dari waktu 1 jam hingga 72 jam mengalami peningkatan persentase pertumbuhan berturut-turut sebesar 5.83%, 56.23%, 62.26%, 118.75% hal ini diduga pada jam ke-24 *Tetraselmis chuii* mengalami fase eksponensial karena ditandai dengan pesatnya laju pertumbuhan. Sesuai dengan pernyataan (Suantika & Hendrawandi, 2010), fase eksponensial terjadi ketika nutrient, pH dan intensitas cahaya pada medium masih dapat memenuhi kebutuhan fisiologis mikroorganisme sehingga dalam

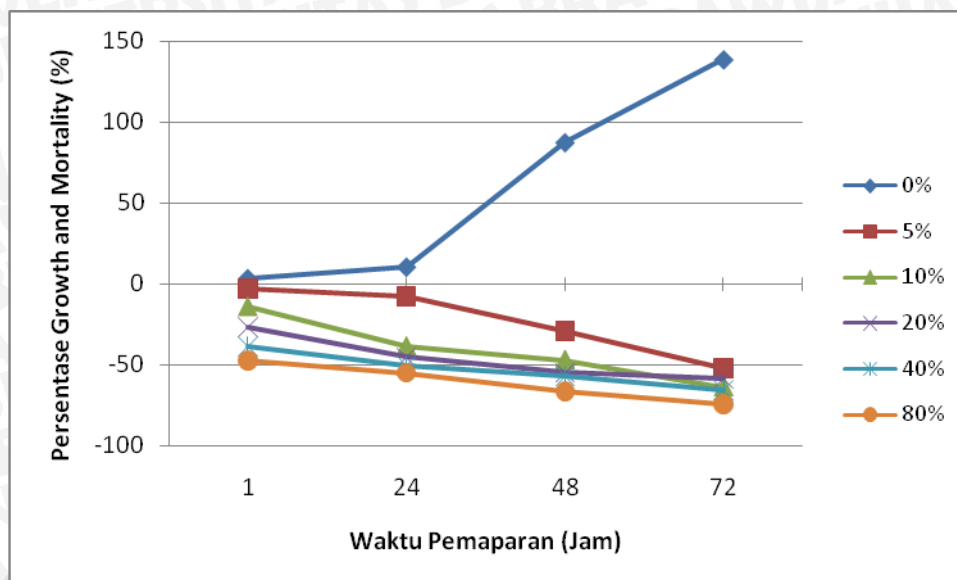
fase ini mikroorganisme masih memiliki kemampuan untuk bereproduksi hingga kepadatannya terus bertambah. Pada konsentrasi 5% hingga 80% selama pemaparan 72 jam *Tetraselmis chuii* mengalami kematian (mortalitas) berturut-turut sebesar 69.21%, 75.63%, 81.55% dan 86.46%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah konsentrasi WAF yang diberikan terhadap *Tetraselmis chuii* dan semakin lama pemaparan, akan mempengaruhi jumlah dari fitoplankton tersebut.



Gambar 11. Persentase pertumbuhan dan Mortalitas *Tetraselmis chuii* terhadap *Chemically Enhanced water Accommodated Fraction* (CEWAF) selama waktu pemaparan 72 jam

Gambar 11 menunjukkan pada konsentrasi CEWAF 0% (kontrol) persentase pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dari waktu 1 jam hingga 72 jam berturut-turut mencapai 6.96%, 47.56%, 189.29% dan 328.8%. *Tetraselmis chuii* mengalami mortalitas pada konsentrasi CEWAF 5% hingga 80% selama waktu pemaparan 72 jam berturut-turut sebesar 65.63%, 68.92%, 68.59%, 82.75% dan 88.46%. Pada konsentrasi 20% mortalitas *Tetraselmis chuii* tidak sebesar pada konsentrasi 10%, hal ini mungkin terjadi karena pada saat pengambilan sampel menggunakan pipet tetes fitoplankton yang ada pada Erlenmeyer menyebar

sehingga pada saat perhitungan, tidak sebanyak pada konsentrasi 5%. Sesuai dengan pernyataan dari (Adams *et al.*, 2014), bahwa CEWAF dapat 100 kali lebih beracun dari WAF yang disebabkan oleh peningkatan paparan hidrokarbon dengan bahan kimia. Penelitian tentang uji toksisitas dari WAF, CEWAF dan Dispersant juga dilakukan oleh Denslow *et al.*, (2015) terhadap 2 spesies ikan estuary yaitu *Cyprinodon variegatus* dan *Menidia beryllina* menunjukkan bahwa minyak yang ditambahkan dengan Dispersant Corexit lebih beracun daripada pemaparan dengan menggunakan minyak saja. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan dispersant terhadap minyak (CEWAF) akan dapat meningkatkan toksisitas pada CEWAF dengan kata lain CEWAF lebih toksik terhadap ikan daripada WAF karena penambahan dispersan dapat meningkatkan hidrokarbon yang terlarut dalam air. Toksisitas minyak yang terjadi pada saat tumpahan minyak terhadap organisme laut tergantung pada spesifik *hydrocarbon* yang ada, konsentrasi, kerentanan atau sensitivitas spesies serta lamanya pemaparan (French-McCay, 2002) dalam (Peiffer, 2013). Tingkat toksisitas suatu bahan tergantung dari pada spesies yang digunakan dalam percobaan dan tingkatan pemaparan (Almeda *et al.*, 2014).



Gambar 12. Persentase pertumbuhan dan mortalitas *Tetraselmis chuii* terhadap Dispersant selama waktu pemaparan 72 jam.

Gambar 12 menunjukkan persentase pertumbuhan *Tetraselmis chuii* pada konsentrasi dispersant 0% (kontrol) seiring dengan bertambahnya waktu, persentase pertumbuhan *Tetraselmis chuii* mengalami peningkatan pertumbuhan berturut-turut sebesar 3.3%, 10.46%, 87.45% dan 138.75%. Pada konsentrasi dispersant 5%, 10%, 20%, 40% dan 80% selama pemaparan 72 jam, pertumbuhan *Tetraselmis chuii* mengalami mortalitas, dengan kata lain besarnya konsentrasi dispersant berbanding terbalik dengan pertumbuhan fitoplankton *Tetraselmis chuii* yang berturut turut sebesar 52.15%, 63.93%, 58.77% dan 74.51%.

Mortalitas yang diakibatkan oleh dispersant pada *Tetraselmis chuii* tidak sebanyak dengan dispersant pada perlakuan *Chaetoceros calcitrans* karena dampak yang ditimbulkan oleh tiap-tiap bahan seperti WAF, CEWAF dan dispersant akan memberikan respon yang berbeda pula terhadap spesies yang digunakan pada saat penelitian. Toksisitas dari dispersant akan memberikan respon yang berbeda terhadap *Chaetoceros calcitrans*, selain itu masing-masing

spesies memiliki daya tahan yang berbeda beda terhadap bahan-bahan kimia dan memiliki daya adaptasi berbeda pula.

4.5 Hasil Analisis Data

Analisis data dengan uji Two Way ANOVA dilakukan untuk melihat pengaruh perlakuan (bahan kimia, konsentrasi dan interaksi antar keduanya) terhadap pertumbuhan fitoplankton. Hasil analisis untuk *Chaetoceros calcitrans* disajikan pada Tabel 30 berikut.

Tabel 30. Hasil uji Statistika Two Way Anova pada Spesies *Chaetoceros calcitrans*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Corrected Model	362417.547 ^a	17	21318.679	16.651	.000
Intercept	123184.970	1	123184.970	96.215	.000
Bahan kimia	85005.052	2	42502.526	33.197	.000
Konsentrasi	259785.077	5	51957.015	40.582	.000
Bahan kimia*konsentrasi	17627.418	10	1762.742	1.377	.216
Error	69136.684	54	1280.309		
Total	554739.201	72			
Corrected Total	431554.231	71			

a. R Squared = .840 (Adjusted R Squared = .789)

Tabel di atas menunjukkan bahwa bahan kimia (WAF, CEWAF, Dispersant) dan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap persentase pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*, sedangkan interaksi antara bahan kimia (WAF, CEWAF dan Dispersant) dengan berbagai konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh tidak berbeda nyata terhadap persentase pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*. Dengan kata lain tidak ada perbedaan antar perlakuan bahan kimia (WAF, CEWAF dan Dispersant) dengan berbagai konsentrasi yang berbeda antara satu dengan yang lainnya, sehingga untuk mengetahui signifikansi pengaruh antara bahan kimia dan konsentrasi perlakuan satu dengan perlakuan

lain maka, analisis dilanjutkan dengan uji statistik *Tukey*. Hasil uji *Tukey* untuk penggunaan bahan kimia yang berbeda disajikan pada Tabel 31.

Tabel 31. Hasil uji *Tukey* untuk bahan kimia (WAF, CEWAF, Dispersant)

(I) Bahan Kimia	(J) Bahan Kimia	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	76.3396*	10.32920	.000	51.4464	101.2328
	3	68.8621*	10.32920	.000	43.9689	93.753
2	1	-76.339*	10.32920	.000	-101.2328	-51.4464
	3	-7.4775	10.32920	.750	-32.3707	17.4157
3	1	-68.8621*	10.32920	.000	-93.7553	-43.9689
	2	7.4775	10.32920	.750	-17.4157	32.3707

Based on observed means

The error term is Mean Square (Error) = 1280.309.

*.The mean difference is significant at the .05 level

Keterangan :

1 = WAF

2 = CEWAF

3 = Dispersant

Hasil uji *Tukey* menunjukkan bahwa perlakuan yang menggunakan WAF berbeda nyata dengan perlakuan yang menggunakan CEWAF dan dispersant, artinya pemberian WAF memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap persentase pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* dibandingkan dengan pemberian CEWAF dan dispersant. Tabel di atas juga menunjukkan bahwa perlakuan yang menggunakan CEWAF tidak berbeda nyata dengan perlakuan yang menggunakan dispersant, artinya pemberian CEWAF dan dispersant tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*.

Hasil uji *Tukey* untuk mengetahui konsentrasi yang paling berbeda disajikan pada Tabel 32.

Tabel 32. Hasil uji *Tukey* untuk konsentrasi

(I) Konsentra si	(J) Konsen trasi	Mean Difference (I – J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0	5	134.6533	14.60770	.000	91.4952	177.8115
	10	159.5342	14.60770	.000	116.3760	202.6923
	20	163.9767	14.60770	.000	120.8185	207.1348
	40	164.6192	14.60770	.000	121.4610	207.7773
	80	169.0550	14.60770	.000	125.8969	212.2131
5	0	-134.6533	14.60770	.000	-177.8115	-91.4952
	10	24.8808	14.60770	.536	-18.2773	68.0390
	20	29.3233	14.60770	.352	-13.8348	72.4815
	40	29.9658	14.60770	.328	-13.1923	73.1240
	80	34.4017	14.60770	.191	-8.7565	77.5598
10	0	-159.5342	14.60770	.000	-202.6923	-116.3760
	5	-24.8808	14.60770	.536	-68.0390	18.2773
	20	4.4425	14.60770	1.000	-38.7156	47.6006
	40	5.0850	14.60770	.999	-38.0731	48.2431
	80	9.5208	14.60770	.986	-33.6373	52.6790
20	0	-163.9767	14.60770	.000	-207.1348	-120.8185
	5	-29.3233	14.60770	.352	-72.4815	13.8348
	10	-4.4425	14.60770	1.000	-47.6006	38.7156
	40	.6425	14.60770	1.000	-42.5156	43.8006
	80	5.0783	14.60770	.999	-38.0798	48.2365
40	0	-164.6192	14.60770	.000	-207.7773	-121.4610
	5	-29.9658	14.60770	.328	-73.1240	13.1923
	10	-5.0850	14.60770	.999	-48.2431	38.0731
	20	-.6425	14.60770	1.000	-43.8006	42.5156
	80	4.4358	14.60770	1.000	-38.7223	47.5940
80	0	-169.0550	14.60770	.000	-212.2131	-125.8969
	5	-34.4017	14.60770	.191	-77.5598	8.75665
	10	-9.5208	14.60770	.986	-52.6790	33.6373
	20	-5.0783	14.60770	.999	-48.2365	38.0798
	40	-4.4358	14.60770	1.000	-47.5940	38.7223

Hasil uji *Tukey* pada Tabel 32 menunjukkan bahwa konsentrasi 0% (kontrol) berbeda nyata secara signifikan dengan konsentrasi yang lain, sedangkan konsentrasi 5%, 10%, 20%, 40% dan 80% tidak berbeda nyata, meskipun pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* pada konsentrasi WAF 5% (Gambar 7,

halaman 43) menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* tetapi hasilnya berbeda nyata secara significant (0.05) dengan konsentrasi WAF yang lain.

Analisis data dengan uji Two Way ANOVA dilakukan untuk melihat pengaruh pengaruh perlakuan (bahan kimia, konsentrasi dan interaksi antar keduanya) terhadap pertumbuhan fitoplankton. Hasil analisis untuk *Tetraselmis chuii* disajikan pada Tabel 33 berikut.

Tabel 33. Hasil uji Statistika Two Way Anova

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	233250.987 ^a	17	13720.646	7.482	.000
Intercept	69978.523	1	69978.523	38.162	.000
Bahan kimia	2241.404	2	1120.702	.611	.546
Konsentrasi	210996.095	5	42199.219	23.013	.000
Bahan kimia*konsentrasi	20013.488	10	2001.349	1.091	.385
Error	99021.511	54	1833.732		
Total	402251.020	72			
Corrected Total	332272.498	71			

a. R Squared = .702 (Adjusted R Squared = .608)

Tabel 33 menunjukkan bahwa pemberian bahan kimia (WAF, CEWAF dan Dispersant) memberikan pengaruh tidak berbeda nyata, begitu juga dengan interaksi bahan kimia (WAF, CEWAF, Dispersant) dengan berbagai macam konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh tidak berbeda nyata atau berpengaruh tetapi tidak signifikan terhadap persentase pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. Dengan kata lain tidak ada perbedaan antar perlakuan bahan kimia (WAF, CEWAF dan Dispersant) dengan berbagai macam konsentrasi yang berbeda antara satu dengan yang lainnya sedangkan perlakuan konsentrasi memberikan pengaruh berbeda nyata, sehingga untuk mengetahui signifikansi pengaruh dari konsentrasi perlakuan satu dengan perlakuan lain maka analisis dilanjutkan dengan uji statistik *Tukey*.

Hasil uji Tukey untuk mengetahui konsentrasi yang paling berbeda disajikan pada Tabel 34.

Tabel 34. Hasil uji *Tukey* untuk konsentrasi

(I) Konsentra si	(J) Konsen trasi	Mean Difference (I – J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0	5	127.1525*	17.48205	.000	75.5021	178.8029
	10	142.2692*	17.48205	.000	90.6188	193.9195
	20	138.5117*	17.48205	.000	86.8613	190.1620
	40	148.1275*	17.48205	.000	96.4771	199.7779
	80	158.8133*	17.48205	.000	107.1630	210.4637
5	0	-127.1525*	17.48205	.000	-178.8029	-75.5021
	10	15.1167	17.48205	.953	-36.5337	66.7670
	20	11.3592	17.48205	.986	-40.2912	63.0095
	40	20.9750	17.48205	.835	-30.6754	72.6254
	80	31.6608	17.48205	.467	-19.9895	83.3112
10	0	-142.2692*	17.48205	.000	-193.9195	-90.6188
	5	-15.1167	17.48205	.953	-66.7670	36.5337
	20	-3.7575	17.48205	1.000	-55.4079	47.8929
	40	5.8583	17.48205	.999	-45.7920	57.5087
	80	16.5442	17.48205	.932	-35.1062	68.1945
20	0	-138.5117	17.48205	.000	-190.1620	-86.8613
	5	-11.3592	17.48205	.986	-63.0095	40.2912
	10	3.7575	17.48205	1.000	-47.8929	55.4079
	40	9.6158	17.48205	.994	-42.0345	61.2662
	80	20.3017	17.48205	.853	-31.3487	71.9520
40	0	-148.1275*	17.48205	.000	-199.7779	-96.4771
	5	-20.9750	17.48205	.835	-72.6254	30.6754
	10	-5.8583	17.48205	.999	-57.5087	45.7920
	20	-9.6158	17.48205	.994	-61.2662	42.0345
	80	10.6858	17.48205	.990	-40.9645	62.3362
80	0	-158.8133*	17.48205	.000	-210.4637	-107.1630
	5	-31.6608	17.48205	.467	-83.3112	19.9895
	10	-16.5442	17.48205	.932	-68.1945	35.1062
	20	-20.3017	17.48205	.853	-71.9520	31.3487
	40	-10.6858	17.48205	.990	-62.3362	40.9645

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 1833.732.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Hasil uji statistik Tukey pada Tabel 34 menunjukkan bahwa hanya perlakuan konsentrasi 0% (kontrol) saja yang memberikan pengaruh berbeda nyata dengan konsentrasi yang lainnya sedangkan konsentrasi 5%, 10%, 20%, 40% dan 80% tidak memberikan pengaruh berbeda nyata.

4.6 Penentuan Nilai LC_{50}

Hasil potensi dari WAF, CEWAF dan Dispersant dapat diketahui dari jumlah kematian fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* karena disebabkan adanya pengaruh dari pemberian WAF, CEWAF dan Dispersant pada konsentrasi 5%, 10%, 20%, 40%, dan 80%. Analisis probit dilakukan untuk mengetahui nilai LC_{50} . Analisis probit diperoleh dengan cara membuat persamaan regresi dengan log konsentrasi dengan variable independen dan nilai probit sebagai variable dependen. Persamaan tersebut dibuat karena terdapat hubungan antara log konsentrasi dengan nilai probit. Setelah persamaan regresi didapatkan, nilai LC_{50} diperoleh dari anti log X setelah dihitung melalui fungsi linier $Y = a + bx$. Hasil persentase mortalitas *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* terhadap WAF, CEWAF dan Dispersant dapat dilihat pada Tabel 35 - 40.

Tabel 35. Data hasil persentase mortalitas WAF terhadap *Chaetoceros calcitrans* selama 24 jam.

WAF Konsentrasi	Log Konsentrasi	Total Populasi Kontrol	Jumlah Populasi (24Jam)	(%) Mortalitas	Probit
0%		649833	1200000	0	
5%	0.69897	649833	860833	0	
10%	1	649833	554167	14.72	3.92
20%	1.30103	649833	501667	22.80	4.23
40%	1.60206	649833	475833	26.77	4.36
80%	1.90309	649833	320833	50.62	5

Tabel 36. Data hasil persentase mortalitas CEWAF terhadap *Chaetoceros calcitrans* selama 24 jam.

CEWAF Konsentrasi	Log Konsentrasi	Total Populasi Kontrol	Jumlah Populasi (24 Jam)	(%) Mortalitas	Probit
0		736.166	1.016.250	0	
5	0.69897	736.166	6.7917	90.77	6.28
10	1	736.166	50.500	93.14	6.48
20	1.30103	736.166	47.677	93.52	6.48
40	1.60206	736.166	42.000	94.29	6.55
80	1.90309	736.166	37.333	94.92	6.55

Tabel 37. Data hasil persentase mortalitas Dispersant terhadap *Chaetoceros calcitrans* selama 24 jam.

Konsentrasi Dispersant	Log Konsentrasi	Total Populasi Kontrol	Jumlah Populasi (24 Jam)	(%) Mortalitas	Probit
0		512.333	910.000	0	
5	0.69897	512.333	30.000	94.14	6.55
10	1	512.333	14.167	97.23	6.88
20	1.30103	512.333	10.833	97.88	6.88
40	1.60206	512.333	9.167	98.21	7.05
80	1.90309	512.333	5.833	98.86	7.05

Berdasarkan Tabel 35 menunjukkan bahwa fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* pada konsentrasi 5% WAF tidak mengalami mortalitas dikarenakan *Chaetoceros calcitrans* masih dapat tumbuh dengan konsentrasi 5% atau dapat dikatakan pada konsentrasi WAF 5%, WAF belum mampu menghambat *Chaetoceros calcitrans*. Pada Tabel 36 dan 37 dari konsentrasi 5% hingga 80% persentase kematian yang dialami *Chaetoceros calcitrans* semakin banyak seiring dengan bertambahnya konsentrasi yang diberikan, dengan kata lain semakin tinggi konsentrasi WAF, CEWAF dan Dispersant semakin tinggi pula persen kematian *Chaetoceros calcitrans*.

Tabel 38. Data hasil persentase mortalitas WAF terhadap *Tetraselmis chuii* selama 24 jam.

Konsentrasi WAF	Log Konsentrasi	Total Populasi Kontrol	Jumlah Populasi (24Jam)	(%) Mortalitas	Probit
0%		1.146.817	1.791.000	0	
5%	0.69897	1.146.817	662.500	42.23	4.8
10%	1	1.146.817	546.667	52.33	5.05
20%	1.30103	1.146.817	503.333	56.11	5.15
40%	1.60206	1.146.817	385.000	66.43	5.41
80%	1.90309	1.146.817	335.833	70.72	5.52

Tabel 39. Data hasil persentase mortalitas CEWAF terhadap *Tetraselmis chuii* selama 24 jam.

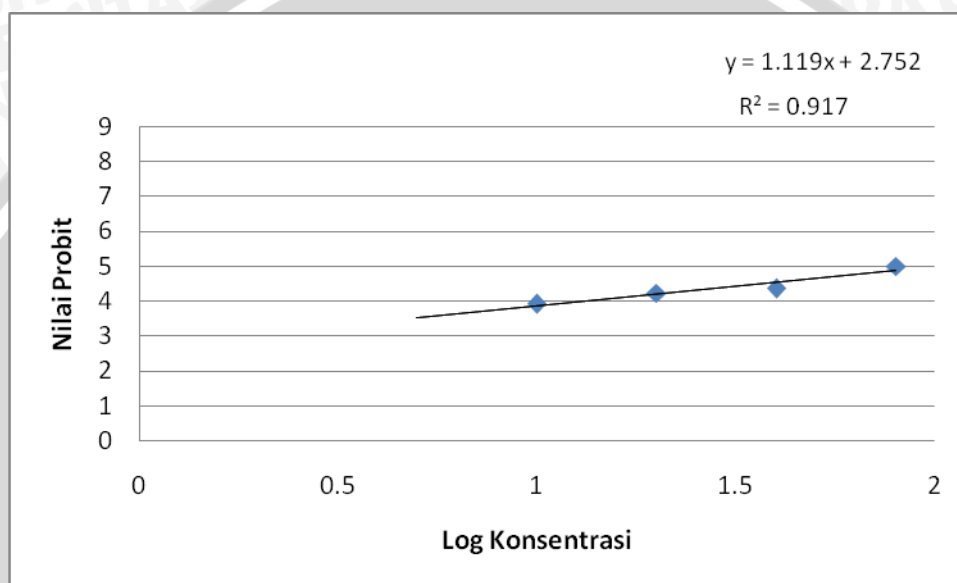
CEWAF Konsentrasi	Log Konsentrasi	Total Populasi Kontrol	Jumlah Populasi (72Jam)	(%) Mortalitas	Probit
0		621.000	915.833	0	
5	0.69897	621.000	307.083	50.55	5
10	1	621.000	260.417	58.06	5.2
20	1.30103	621.000	359.583	42.10	4.8
40	1.60206	621.000	176.250	71.62	5.55
80	1.90309	621.000	126.250	79.67	5.81

Tabel 40. Data hasil persentase mortalitas Dispersant terhadap *Tetraselmis chuii* selama 24 jam.

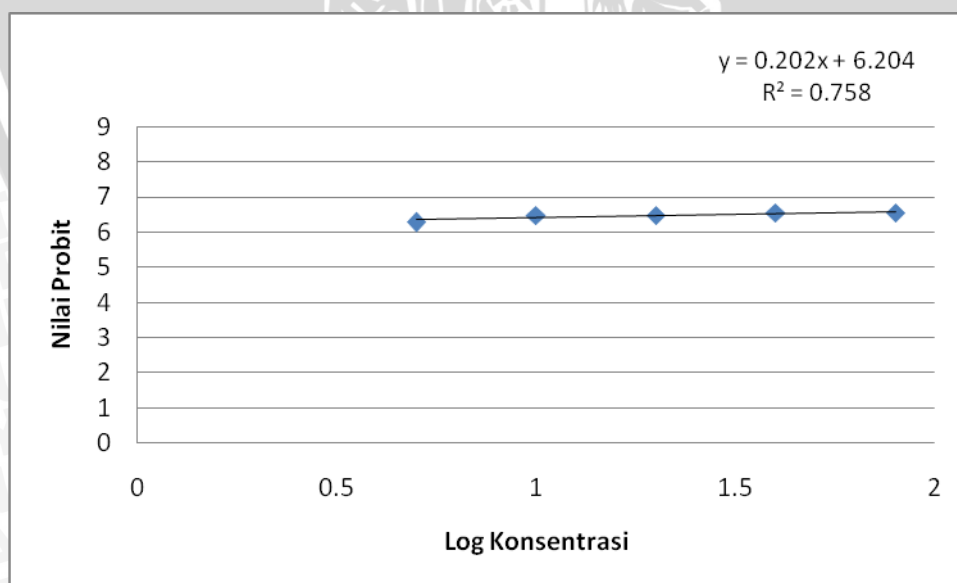
Konsentrasi Dispersant	Log Konsentrasi	Total Populasi Kontrol	Jumlah Populasi (24Jam)	(%) Mortalitas	Probit
0		736.000	812.917	0	
5	0.69897	736.000	679.167	7.72	3.57
10	1	736.000	452.083	38.58	4.69
20	1.30103	736.000	400.333	45.61	4.87
40	1.60206	736.000	364.583	50.46	5
80	1.90309	736.000	331.667	54.94	5.1

Hal ini juga terjadi pada *Tetraselmis chuii*, semakin tinggi konsentrasi WAF semakin tinggi pula kematian *Tetraselmis chuii*. Setelah didapatkan hasil dari perhitungan persen mortalitas selanjutnya dilakukan analisis probit dengan membuat persamaan regresi dengan log konsentrasi sebagai variable

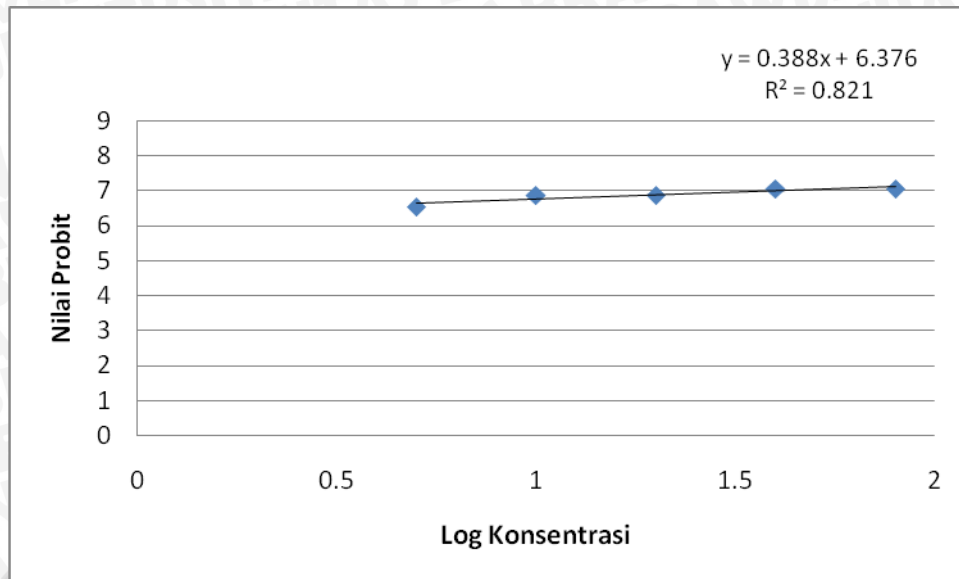
independen dan nilai probit sebagai variable dependen. Persamaan ini dibuat karena terdapat hubungan antara log konsentrasi dengan nilai probit yaitu terjadi peningkatan nilai probit seiring dengan meningkatnya log konsentrasi. Setelah persamaan regresi didapatkan, nilai LC_{50} didapatkan dari anti log X setelah dihitung melalui fungsi linier $Y = a + bX$. Perhitungan regresi linier dengan *Microsoft Excel* dapat dilihat pada gambar 14 – 19.



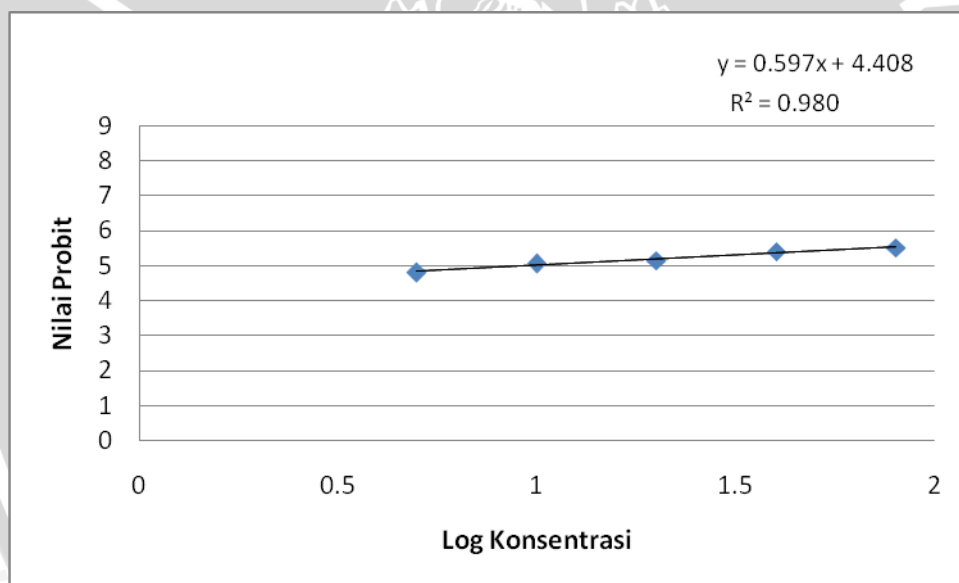
Gambar 13 . Grafik Regresi Linier WAF terhadap *Chaetoceros calcitrans*



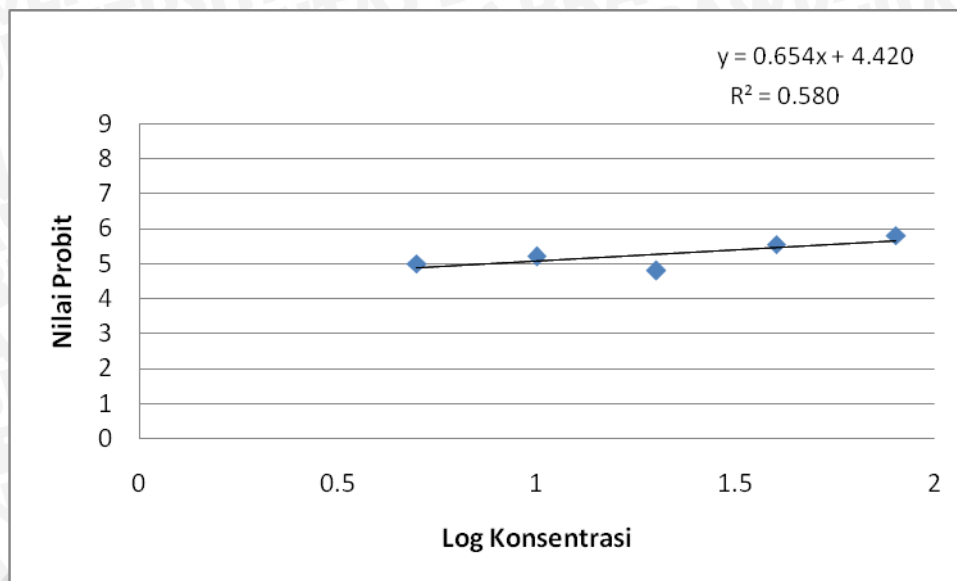
Gambar 14. Grafik Regresi Linier CEWAF terhadap *Chaetoceros calcitrans*



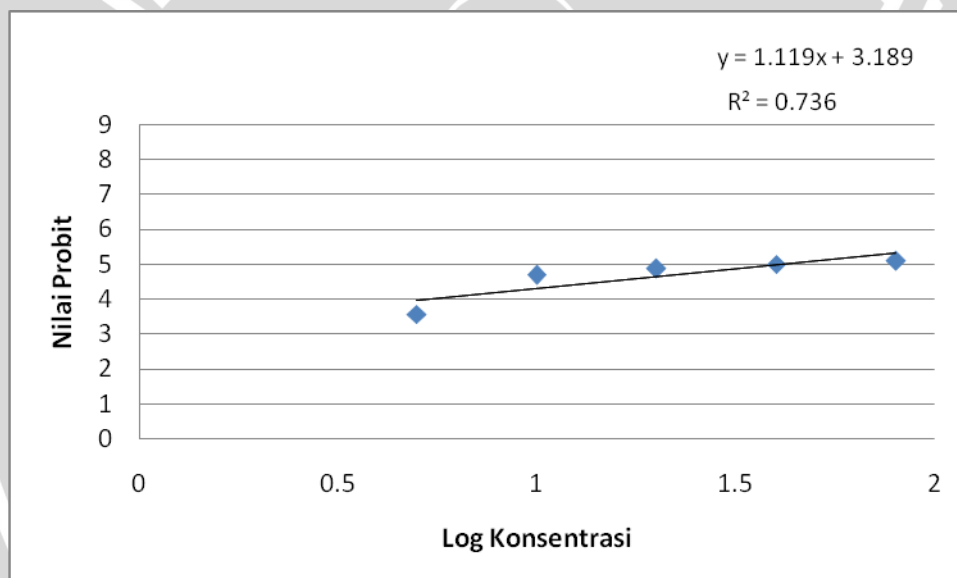
Gambar 15. Grafik Regresi Linier Dispersant terhadap *Chaetoceros calcitrans*



Gambar 16. Grafik Regresi Linier WAF terhadap *Tetraselmis chuii*



Gambar 17. Grafik Regresi Linier CEWAF terhadap *Tetraselmis chuii*



Gambar 18. Grafik Regresi Linier Dispersant terhadap *Tetraselmis chuii*

Dari persamaan regresi diatas setelah dihitung menggunakan persamaan

$Y = a + bX$ diperoleh nilai LC_{50} yang ditunjukkan pada Tabel 41 sebagai berikut :

Tabel 41. Hasil nilai LC_{50} pada *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii*

Waktu Pemaparan	Biota Uji	Nilai LC_{50}		
		WAF	CEWAF	Dispersant
24 jam	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	86 ml/L	1.03 ml/L	5×10^{-4} ml/L
	<i>Tetraselmis chuii</i>	8.55 ml/L	7.05 ml/L	1.8 ml/L

Tabel 41 menunjukkan konsentrasi WAF, CEWAF dan dispersant yang dapat membunuh 50% *Chaetoceros calcitrans* berturut-turut yaitu 86 ml/L, 1.03 ml/L dan 5×10^{-4} ml/L, sedangkan konsentrasi WAF, CEWAF dan dispersant yang dapat membunuh 50% *Tetraselmis chuii* berturut-turut sebesar 8.55 ml/L, 7.05 ml/L dan 1.8 ml/L.

Dispersant memiliki nilai LC_{50} yang paling kecil diantara WAF dan CEWAF terhadap *Chaetoceros calcitrans*, hal ini mengindikasikan bahwa dispersant lah yang lebih toksik diantara WAF dan CEWAF terhadap *Chaetoceros calcitrans*. Sama halnya dengan *Tetraselmis chuii*, dispersant memiliki nilai LC_{50} paling kecil diantara WAF dan CEWAF yang mengindikasikan bahwa dispersant juga lebih toksik bagi *Tetraselmis chuii*. Sesuai dengan pernyataan dari Sumihe (2014) bahwa, semakin kecil nilai LC_{50} dari suatu sampel maka semakin tinggi senyawa bioaktifnya sedangkan semakin besar nilai LC_{50} berarti toksisitasnya semakin kecil.

Almeda *et al.*, (2014) menyatakan bahwa pada konsentrasi paparan tertinggi dan lamanya pemaparan, dispersant secara signifikan lebih beracun dari minyak mentah sendiri. Hal ini juga didukung dengan pernyataan dari (George-Ares dan Clark, 2000; Singer *et al.*, 1996, 1995) penelitian laboratorium telah menemukan bahwa dispersant Corexit beracun bagi invertebrata laut. Toksisitas dari dispersant akan berasosiasi dengan komponen kimia yang lain seperti surfaktan. Surfaktan inilah yang dapat mempengaruhi membran sel, meningkatkan permeabilitas pada membran dan dapat menyebabkan lisis terhadap membran organisme laut (Nagell *et al.*, 1974); (Singer *et al.*, 1990) dalam (Almeda *et al.*, 2013). Dampak yang ditimbulkan WAF, CEWAF dan Dispersant bervariasi tergantung pada spesies dan tingkatan pemaparan (Almeda *et al.*, 2014).

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian Skripsi ini adalah :

1. Penggunaan WAF berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*. Penggunaan CEWAF dan Dispersant tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*. Tidak ada perbedaan antara penggunaan WAF, CEWAF dan Dispersant terhadap pertumbuhan *Tetraselmis chuii*.
2. Tidak ada pengaruh perbedaan konsentrasi WAF, CEWAF, dan Dispersant terhadap pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* dan *Tetraselmis chuii* kecuali pada kontrol
3. Konsentrasi WAF, CEWAF dan dispersant yang mampu membunuh 50% terhadap mortalitas *Chaetoceros calcitrans* berturut turut adalah 86 ml/L, 1.03 ml/L dan 5×10^{-4} ml/L, sedangkan konsentrasi WAF, CEWAF dan dispersant yang dapat membunuh 50% *Tetraselmis chuii* berturut-turut sebesar 8.55 ml/L, 7.05 ml/L dan 1.8 ml/L.

5.2 Saran

Saran yang didapatkan dari penelitian Skripsi ini adalah :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai toksisitas *Water Accommodated Fraction* (WAF), *Chemically Enhanced Water Accommodated Fraction* (CEWAF) minyak solar dan dispersant atau jenis minyak yang lain terhadap spesies fitoplankton yang lain sehingga dapat diketahui dampak yang ditimbulkan oleh WAF, CEWAF, dan Dispersant terhadap spesies yang digunakan dalam percobaan.

2. Apabila terjadi tumpahan minyak di laut, alangkah baiknya jika dispersant tidak digunakan sebagai cara untuk menanggulangi dampak yang disebabkan oleh minyak. Toksisitas dispersant akan berasosiasi dengan hidrokarbon pada minyak, sehingga dapat lebih beracun daripada minyak sendiri.



DAFTAR PUSTAKA

- Adams, J., Sweezey, M., Hodson, P.V., 2014. Oil and oil dispersant do not cause synergistic toxicity to fish embryos. *Environ. Toxicol. Chem.* 33, 107–114.
- Adani, N.G., Hendarto, B., Muskanonfolo, M.R., 2013. Kesuburan Perairan Ditinjau dari Kandungan Klorofil-a Fitoplankton: Studi Kasus di Sungai Wedung, Demak. *Manag. Aquat. Resour. J.* 2, 38–45.
- Ahmad, F., 2012. Kandungan Senyawa *Polisiklik Aromatik Hidrokarbon* (PAH) di Teluk Jakarta (Polycyclic Aromatic Compounds Hydrocarbons (PAH) Content in Jakarta Bay). *Ilmu Kelautan. Indonesia. J. Mar. Sci.* 17, 199–208.
- Aksmann, Anna., Tukaj, Zbiniew., 2008. Intact Anthracene Inhibits Photosynthesis In Algal Cells: A Fluorescence Induction Study On *Chlamydomonas reinhardtii* cw92 strain. *Chemosphere* 74 , 26-32
- Almeda, R., Hyatt, C., Buskey, E.J., 2014. Toxicity of dispersant Corexit 9500A and crude oil to marine microzooplankton. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 106, 76–85.
- Almeda, R., Wambaugh, Z., Wang, Z., Hyatt, C., Liu, Z., Buskey, E.J., 2013. Interactions between zooplankton and crude oil: toxic effects and bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *PloS One* 8 (6), 1-21
- Andersen, R.A., 2005. *Algal Culturing Techniques*. China : Elsevier Academic press. Pp. 242 - 249.
- Anisuddin, S., Al Hashar, N., Tasheen, S., 2005. Prevention of oil spill pollution in seawater using locally available materials. *Arab. J. Sci. Eng.* 30, 143–152.
- Arifuddin, M., 2013. Sitotoksitas Bahan Aktif Lamun Dari Kepulauan Spermonde Kota Makassar Terhadap *Artemia Salina* (Linnaeus,1758). Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Banarjee, S., W. E. Hew, H. Khatoon, M.Shariff and F.M Yusoff. 2011. Growth and Proximate Composition of Tropical Marine *Chaetoceros calcitrans* and *Nannochloropsis oculata* Cultured Outdoors and Under Laboratory Conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10 (8) : 1375-1383.
- Bona, C., Rezende, I.M. de, Santos, G. de O., Souza, L.A. de, 2011. Effect of soil contaminated by diesel oil on the germination of seeds and the growth of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) Seedlings. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 54, 1379–1387.
- Bougis, P. (1979), *Marine Plankton Ecology*, American Elsevier Publishing Company, New York City.

- Brandvik, P.J., Sørheim, K.R., Singaas, I., Reed, M., 2006. Short state-of-the-art report on oil spills in ice-infested waters. JIP Rep. SINTEF Materials and Chemistry. Marine Environ Technol. 8, 58-63.
- Chilmawati, D., Suminto, S., 2008. Penggunaan Media Kultur Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Chlorella sp.* J. Saintek Perikan. 4, 42-49.
- Chuvilin, E.M., Miklyaeva, E.S., 2003. An experimental investigation of the influence of salinity and cryogenic structure on the dispersion of oil and oil products in frozen soils. Cold Reg. Sci. Technol. 37, 89-95.
- Dasgupta, Subham., Huang, I.J., McElroy, A.E. 2015. Hypoxia Enhances The Toxicity Of Corexit EC9500A and Chemically Dispersed Southern Louisiana Sweet Crude Oil (MC - 242) To Sheepshead Minnow (*Cyprinodon Variegatus Larvae*). School Of Marine and Atmospheric Science, Stony Brook University. United States Of America. PLoS ONE 10 (6), 1-9.
- Denslow, N.D., Adeyemo, O.K., Kroll, K.J., 2015. Effect of Oil and Dispersants from the Gulf of Mexico on Estuarine Fish Species. J of Environ Indicators, 9 :10-11
- Diemand, R., 2011. Dispersants for Crude Oil Spills: Dispersant Behavior Studies. Worcester Polytechnic Institute. Degree of Bachelor of Science. Faculty of Worcester Polytechnic Institute. 13-23.
- Fachrul, M.F., Ediyono, S.H., Wulandari, M. 2008. Komposisi dan Model Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Sungai Ciliwung, Jakarta. Biodiversitas Volume 9, Nomor 4 Halaman: 296 - 300
- Fachrullah, M.R., 2011. Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis sp.* yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Finney, D.J., Ed. 1952. *Probit Analysis*. Cambridge, England, Crambridge University Press.
- Fogg, G.E., Thake, B., 1987. *Algal cultures and phytoplankton ecology*. Univ of Wisconsin Press.
- Franklin, C.L., Warner, L.J., 2011. Fighting chemicals with chemicals: the role and regulation of dispersants in oil spill response. Nat Resour. Emt 26 (2), 1-8.
- French - McCay, D.P., 2002. Development and application of an oil toxicity and exposure model, Oil Tox Ex. Environ. Toxicol. Chem. 21, 2080-2094.
- George-Ares, A., Clark, J.R., 2000. Aquatic toxicity of two Corexit® dispersants. Chemosphere 40, 897-906.

- Guinder, V., Molinero, J.C., 2013. Climate change effects on marine phytoplankton, in: Marine Ecology in a Changing World. CRC Press, pp. 68–90.
- Hallare, A.V., Lasafin, K.J.A., Magallanes, J.R., 2011. Shift in phytoplankton community structure in a tropical marine reserve before and after a major oil spill event. *Int. J. Environ. Res.* 5, 651–660.
- Harrould - Kolieb, E., Savitz, J., Short, J., Veach, M., 2009. Toxic Legacy: Long-Term Effects of Offshore Oil on Wildlife and Public Health. Oceana URL [Http://oceana.org/sites/default/files/reports/ToxicLegacy Final Pdf](http://oceana.org/sites/default/files/reports/ToxicLegacy/Final%20Pdf.pdf).
- Hindarti, D., Arifin, Z., Puspitasari, R., Rochyatun, E., 2008. Sediment contaminant and toxicity in Kelabat bay, Bangka Belitung Province. *Mar. Res. Indones.* 33, 203–211.
- Huang, Y.-J., Jiang, Z.-B., Zeng, J.-N., Chen, Q.-Z., Zhao, Y., Liao, Y., Shou, L., Xu, X., 2011. The chronic effects of oil pollution on marine phytoplankton in a subtropical bay, China. *Environ. Monit. Assess.* 176, 517–530.
- Indarmawan, Taufik., Mubarak, A.S., Mahasri, Gunanti. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Azolla Pinnata Terhadap Populasi *Chaetoceros sp.* *Journal of Marine and Coastal Science*, 1 (1), 61-70
- Irirwanas, A.Z.T. 2010. Dampak Pemberian Ion Cu (II) Terhadap Pertumbuhan Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* Dalam Medium Conwy Cair. Skripsi. Universitas Hassanudin. Makassar.
- Isnansetyo dan Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton Pakan Alami Untuk Pembenihan Organisme Laut*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Jaedun, A., 2011. Metodologi Penelitian Eksperimen. Fak. Tek. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Jiang, Z., Huang, Y., Xu, X., Liao, Y., Shou, L., Liu, J., Chen, Q., Zeng, J., 2010. Advance in the toxic effects of petroleum water accommodated fraction on marine plankton. *Acta Ecol. Sin.* 30, 8–15.
- Kanan, Rami., Floch, S.L., Andersson, J.T., Menach, K.L., Budzinski, Helena. 2012. Extraction of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Polycyclic Aromatic Sulfur Heterocycles (PASHs) and Alkylated Derivatives from Seawater using Solid-Phase Microextraction (SPME) - Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS), Proceedings of the Thirty - fifth AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response, Environment Canada, Ottawa, ON, pp. 928-940.
- Kauppi, S., 2011. Bioremediation Of diesel Oil Contaminated Soil And Water. Disertasi. University of Helsinki, Lahti.
- Kasim, S., Sjahrul, M., Usman, H., 2013. Pemanfaatan Medium Ars-Chat Pada Produksi Biomassa Fitoplankton Laut Yang Potensial Sebagai Bahan Baku Biofuel Jenis Bioetanol, in: Prosiding Seminar Nasional MIPA.

- Komarawidjaja, W., 2011. Status Konsorsium Mikroba Lokal Pendegradasi Minyak. J. Tek. Ling 10 (3), 347-354.
- Koniyo, Y., 2006. Biologi Dan Metode Kultur Plankton Sebagai Pakan Alami Larva Hewan Air. Makara Sains 3, 1–8.
- Kuncowati. 2010. Pengaruh Pencemaran Minyak Di laut Terhadap Ekosistem Laut. Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhan, 1 (1), 1-5.
- Kusumawardani, A., 2012. Pengaruh Berbagai Dosis Multivitamin Terhadap Kepadatan dan Kualitas Nutrisi *Chaetoceros calcitrans*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Latipun. 2004. Psikologi Eksperimen. Malang: UMM Press
- Lessard, R.R., DeMarco, G., 2000. The significance of oil spill dispersants. Spill Sci. Technol. Bull. 6, 59–68.
- Long, S.M., Holdway, D.A., 2002. Acute toxicity of crude and dispersed oil to Octopus pallidus (Hoyle, 1885) hatchlings. Water Res. 36, 2769–2776.
- Lyons, M.C., Wong, D.K.H., Mulder, I., Lee, K., Burrige, L.E., 2011. The influence of water temperature on induced liver EROD activity in Atlantic cod (*Gadus morhua*) exposed to crude oil and oil dispersants. Ecotoxicol. Environ. Saf. 74, 904–910.
- Macaulay, B.M. 2015. Understanding the behaviour of oil-degrading micro-organisms to enhance the microbial remediation of spilled petroleum. Appl. Ecol. Environ. Res. 13, 247–262.
- Matakupan, J., 2009. Studi Kepadatan Tetraselmis chuii Yang Dikultur Pada Intensitas Cahaya Yang Berbeda. J. triton. 5 (2), 1-66. Ambon
- Misran, E., 2002. Aplikasi teknologi berbasis membran dalam bidang bioteknologi kelautan: Pengendalian pencemaran. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Munawar, M., Estuningsih, S.P., Yudono, B., Said, M., Salni, S., 2008. Studi penggunaan bakteri indigen petrofilik dalam proses bioremediasi hidrokarbon minyak bumi di wilayah Sumatera Bagian Selatan. Seminar PIT-PERMI, Purwokerto. Hal 2.
- Nagell, B., Notini, M., Grahn, O., 1974. Toxicity of four oil dispersants to some animals from the Baltic Sea. Mar. Biol. 28, 237–243.
- Nattasya, G.Y., 2009. Pengaruh Sedimen Berminyak Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Isochrysis Sp*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Novyan, E., Sagala, E.P., Saryani, V., 2014. Pengaruh Minyak Mentah Terhadap Mortalitas Dan Morfologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos Chanos Forsskal*). Maspari J. 2, 19–25.

- Odum, E.P. 1998. *Dasar-dasar Ekologi* (Fundamentals of Ecology). Diterjemahkan oleh Tj. Samingan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Peiffer, R., 2013. Lethal and sublethal effects of oil and chemical dispersant on the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. Thesis. University of Delaware. Newark, Delaware, U.S.
- Podkuiko, L. 2013. The effects of two crude oil solutions to phytoplankton species. Tartu Ülikool. Thesis. University of Tartu. Tartu, Estonia.
- Poland, J.S., Riddle, M.J., Zeeb, B.A., 2003. Contaminants in the Arctic and the Antarctic: a comparison of sources, impacts, and remediation options. *Polar Rec.* 39, 369–383.
- Prabowo, D.A., 2009. Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan *Chlorella sp.* pada Skala Laboratorium. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pranajaya, R.H., Djunaedi, A., Yulianto, B., 2014. Tembaga (Cu) Menurunkan Kandungan Pigmen dan Pertumbuhan Mikroalga Merah, *Porphyridium cruentum* (Effect of Copper on Pigments Content and Growth of Red Microalgae, *Porphyridium cruentum*). *Ilmu Kelautan. Indones. J. Mar. Sci.* 19, 97–104.
- Pujiono, A.E., 2013. Pertumbuhan *Tetraselmis Chuii* Pada Medium Air Laut Dengan Intensitas Cahaya, Lama Penyinaran Dan Jumlah Inokulan Yang Berbeda Pada Skala Laboratorium. Skripsi. Universitas Jember. Jember
- Puspitasari, R., Lestari, L., 2014. *Chaetoceros gracilis* As A Bioindicator Of Sediment Quality. *J. Ilmu Dan Teknol. Kelaut. Trop.* 6.
- Putri, B., Vickry., H.A., Maharani, H.W. 2013. Pemanfaatan Air Kelapa Sebagai Pengkaya Media Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis sp.* Prosiding Semirata. Universitas Lampung. Lampung.
- Putri, C.L.O., Insafitri., Abida, I.W. 2009. Pengaruh Pemberian FeCl₃ Terhadap Pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*. *J Kelaut*, 2 (1), 1-9.
- Rahmadiani, W.D.D., Aunurohim, A., 2013. Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada Konsentrasi Sublethal. *J. Sains Dan Seni ITS* 2, E202–E206.
- Rahmawati, I., Purnomo, P.W., Hendarto, B., 2013. Fluktuasi Bahan Organik Dan Sebaran Nutrien Serta Kelimpahan Fitoplankton Dan Klorofil-A Di Muara Sungai Sayung Demak. *Manag. Aquat. Resour. J.* 3, 27–36.
- Rand, G.M., Petrocelli, S.R., 1985. Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications. FMC Corp., Princeton, NJ.
- Reskianingsih, A., 2014. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Metanol Buah *Phaleria macrocarpa* (Scheff) Boerl Terhadap Larva *Artemia salina* Leach Dengan

Metode Brine Shrimp Letality Test (BSLT). Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.

Rizky, Y.A., Raya, I., Si, M., Dali, S., Si, M., 2013. Penentuan Laju Pertumbuhan Sel Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina*, DAN *Porphyridium cruentum*. Skripsi. Universitas Hassanuddin Makassar. Sulawesi Selatan.

Rostini, I. 2007. Kulutur Fitoplankton (*Chlorella sp.* dan *Tetraselmis chuii*) pada skala laboratorium. Skripsi. Universitas Padjajaran. Jatinangor.

Rudiyanti, S., Dana, A. 2009. Pertumbuhan dan survival rate ikan mas (*Cyprinus carpio Linn*) pada berbagai konsentrasi pestisida regent 0, 3 g. Saintek Perikan. 5, 49–54.

Ru'yatin., Rohyani, I.M., Ali, LA. 2015. Pertumbuhan *Tetraselmis* dan *Nannochloropsis* Pada Skala Laboratorium. Pros Semnas Masy Biodiv Indon. 1 (2), 296-299.

Sari, I.P., Manan, A., 2012. Pola pertumbuhan *Nannochloropsis oculata* pada kultur skala laboratorium, Intermediate dan massal. J. Ilm. Perikan. Dan Kelautan. Vol 4 (2), 1-5.

Setiapermana, D., Wuayanta, H.W.Y., Widodo, R. Damar, Ario. 1995. Efek Minyak Mentah Attaka 39,6° Api Terhadap Parameter Fotosintetik Fitoplankton Dalam Suatu Mesokom. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia 1995. No. 28 : 37 - 63.

Setiawan, T.E., Ain, C. 2014. Efisiensi Penggunaan Oil Water Separator Pada Kapal Penangkap Ikan Untuk Pencegahan Pencemaran Minyak Di Laut (Studi Kasus Km. Mantis) Di Bbppi Semarang. Manag. Aquat. Resour. J. 3, 112–120.

Simanjuntak, M., 2009. Hubungan faktor lingkungan kimia, fisika terhadap distribusi plankton di perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. J. Perikan. UGM 11, 31–45.

Singer, M.M., Aurand, D., Bragin, G.E., Clark, J.R., Coelho, G.M., Sowby, M.L., Tjeerdema, R.S., 2000. Standardization of the preparation and quantitation of water-accommodated fractions of petroleum for toxicity testing. Mar. Pollut. Bull. 40, 1007–1016.

Singer, M.M., George, S., Jacobson, S., Lee, I., Weetman, L.L., Tjeerdema, R.S., Sowby, M.L., 1996. Comparison of acute aquatic effects of the oil dispersant Corexit 9500 with those of other Corexit series dispersants. Ecotoxicol. Environ. Saf. 35, 183–189.

Singer, M.M., George, S., Jacobson, S., Lee, I., Weetman, L.L., Tjeerdema, R.S., Sowby, M.L., 1995. Acute toxicity of the oil dispersant Corexit 9554 to marine organisms. Ecotoxicol. Environ. Saf. 32, 81–86.

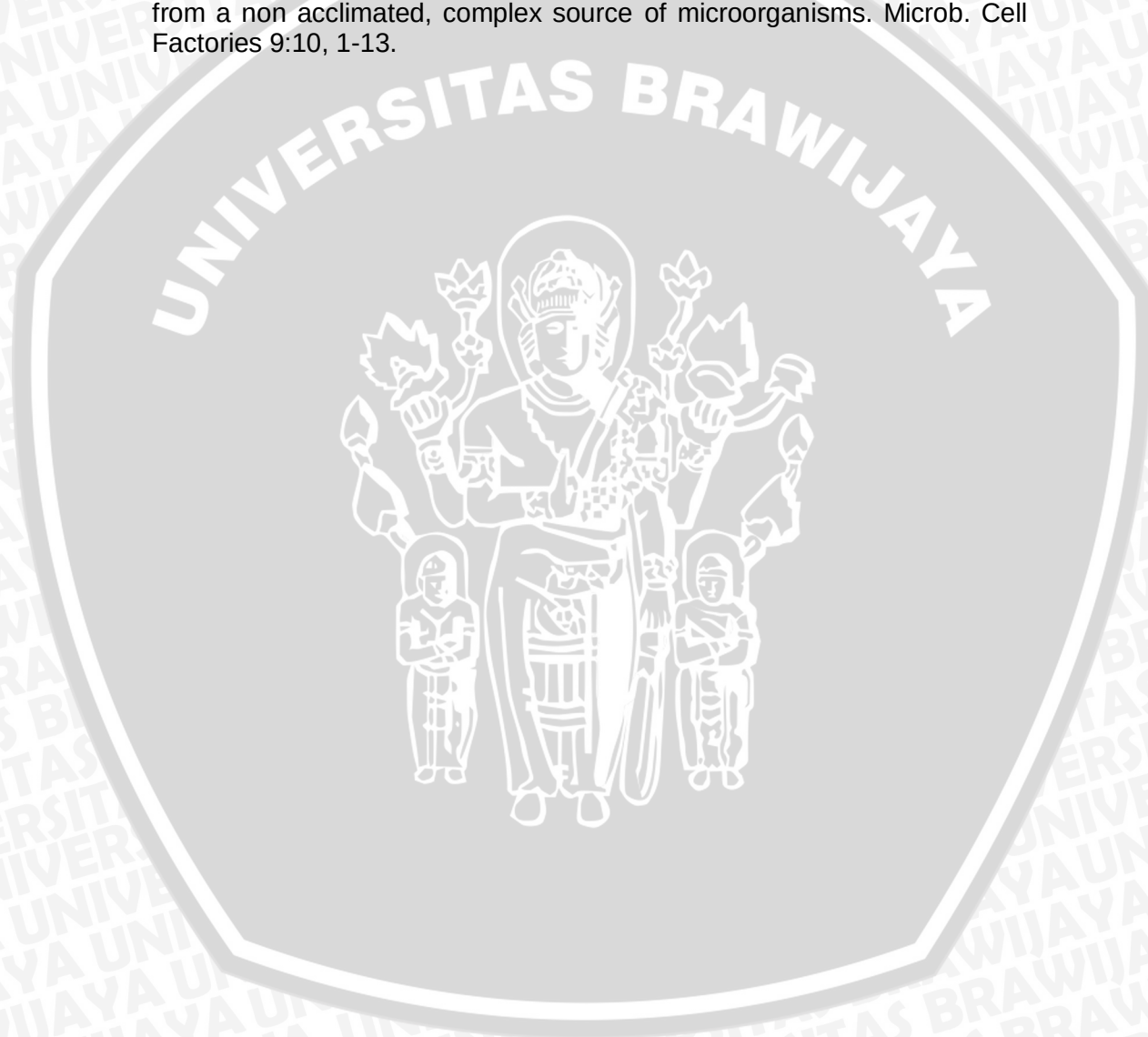
- Singer, M.M., Smalheer, D.L., Tjeerdema, R.S., Martin, M., 1990. Toxicity of an oil dispersant to the early life stages of four California marine species. *Environ. Toxicol. Chem.* 9, 1387–1395.
- Soeprbowati, T.R., Hariyati, R. 2013. Bioaccumulation of Pb, Cd, Cu, and Cr by *Porphyridium cruentum* (SF Gray) Nägeli. *Int. J. Mar. Sci.* 3 (27), 212-218.
- Suantika, G., Hendrawandi, D., 2010. Efektivitas Teknik Kultur menggunakan Sistem Kultur Statis, Semi-kontinyu, dan Kontinyu terhadap Produktivitas dan Kualitas Kultur *Spirulina* sp. *J. Mat. Sains* 14, 41–50.
- Subekti, N.K., 2014. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Metanol Daun Laban Abang (*Aglaia elliptica* Blume) Terhadap Larva (*Artemia salina* Leach) dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). Skripsi. Universitas Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Sumihe, G., Runtuwane, M.R.J., Rorong, J.A. Analisis Fitokimia dan Penentuan Nilai LC₅₀ Ekstraks Metanol Daun Liwas. *Jurnal Ilmiah Sains* Vol. 14 No. 2, 1-4.
- Supriyanti, E., 2013. Pengaruh Salinitas terhadap Kandungan Nutrisi *Skeletonema costatum*. *Bul. Oseanografi Mar.* 2, 51–57.
- Sutomo. 2005. Kultur Tiga Jenis Mikroalga (*Tetraselmis* Sp., *Chlorella* Sp. Dan *Chaetoceros Gracilis*) dan Pengaruh Kepadatan Awal Terhadap Pertumbuhan *C. Gracilis* di Laboratorium. *Oseanologi dan Limnologi*, 37 : 43-58.
- Sylvester, B., D.D Nelvy, dan Sudjiharno. 2002. Persyaratan Budidaya Fitoplankton. Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton. Prosiding Proyek Pengembangan Perekayasaan Teknologi Balai Budidaya Laut Lampung. hal 24-36
- Tjahyo, W., Ernawati, L., Hanung, S., 2002. Budidaya fitoplankton dan zooplankton. Dir. Jendral Perikan. Budidaya. Dep. Kelautan. Dan Perikan. Proy. Pengembangan Perekayasaan Ekol. Balai Budid. Laut Lampung.
- US Environmental Protection Agency, EPA (1995). COREXIT EC9500A. Technical Product Bulletin. (<http://www.epa.gov>)
- Utomo, N.B.P., Winarti, E.A., 2005. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur dengan pupuk inorganik (Urea, TSP dan ZA) dan kotoran ayam. *J. Akukultur Indones.* 4, 41–48.
- Widyorini, W. 2009. Pola Struktur Komunitas Fitplankton Berdasarkan Kandungan Pigmennya di Pantai Jepara. *Jurnal Saintek Perikanan* Vol. 4 No. 2, 69-75.
- www.rempec.org. Guidelines for the usu of dispersants for combating oil pollution at sea in the Mediterranean Region.2011. Diakses pada tanggal 27 Juli 2016 jam 11.36 WIB

Wang, X.L., Wang, R.J. Yang, C.J. Zhu. 2004. Studies on size effecton *Chaetoceros curvisetus* in different concentration of Petroleum Hydrocarbon, Period. Ocean Univ. China 34 (5) 849-853

Yamaji, L. 1984. Illustration of The Marine Plankton of Japan. Hoikusha Publishin Co., Ltd : Osaka. Japan

Yudha, A.P., 2008. Senyawa Antibakteri dari Mikroalga *Dunaliella* sp. pada Umur Panen yang Berbeda. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Zanaroli, G., Toro, S., Todaro, D., Varese, G.C., Bertolotto, A., Fava, F., 2010. Characterization of two diesel fuel degrading microbial consortia enriched from a non acclimated, complex source of microorganisms. Microb. Cell Factories 9:10, 1-13.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Alat-Alat di Laboratorium



Mikroskop Olympus CX 21 LED



Thermometer



Refraktometer



Haemocytometer Neuber Improved

Lampiran 2. Bahan-bahan Yang Digunakan di Laboratorium



Air laut



Pupuk Diatom



Silikat



Vitamin



Tissue

Lampiran 3. Proses Pembuatan WAF, CEWAF dan Dispersant



Proses pembuatan WAF pada ruangan gelap



Proses pembuatan WAF



Proses pembuatan CEWAF



Proses pembuatan Dispersant

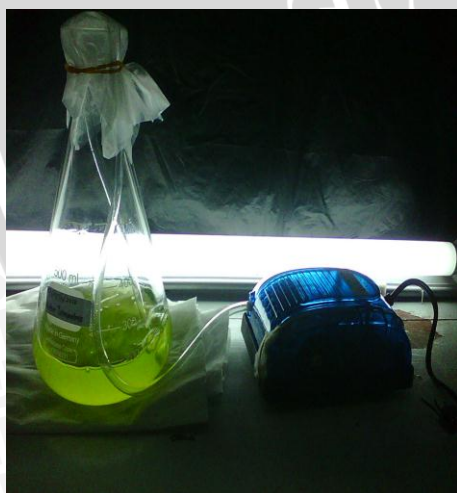
Lampiran 4. Kultur Fitoplankton



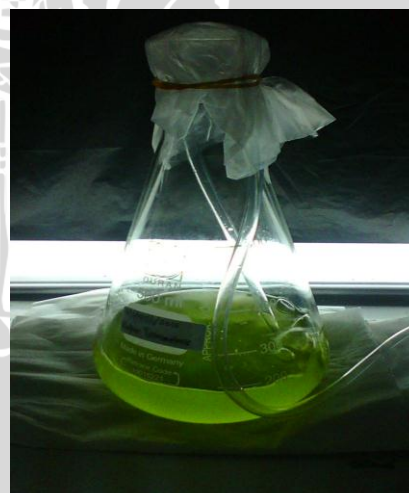
Kultur stok *Chaetoceros calcitrans*



Kultur stok *Chaetoceros calcitrans*

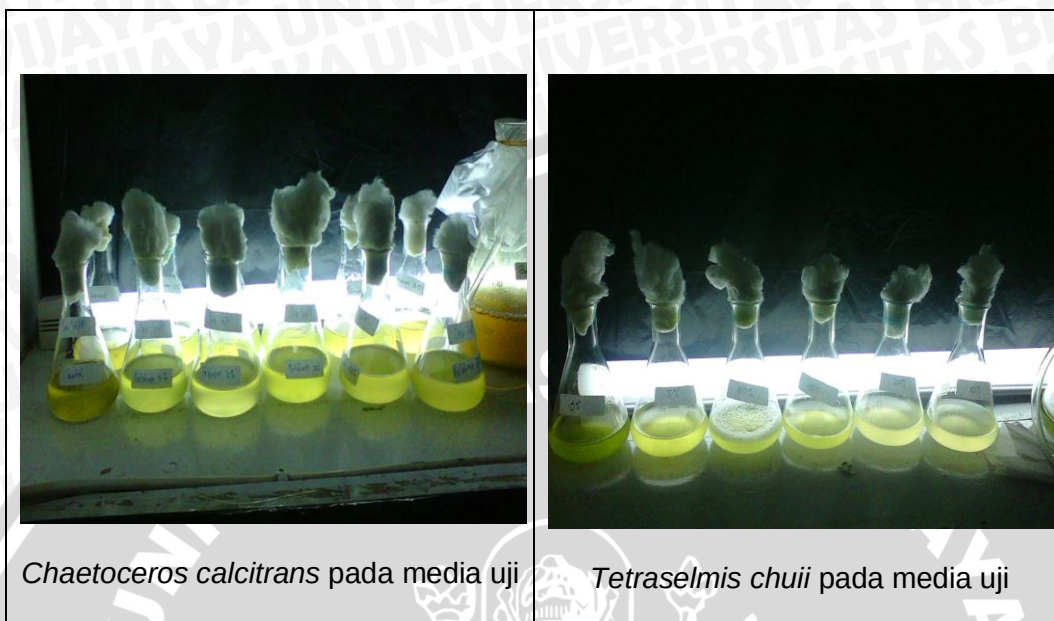


Kultur stok *Tetraselmis chuii*



Kultur stok *Tetraselmis chuii*

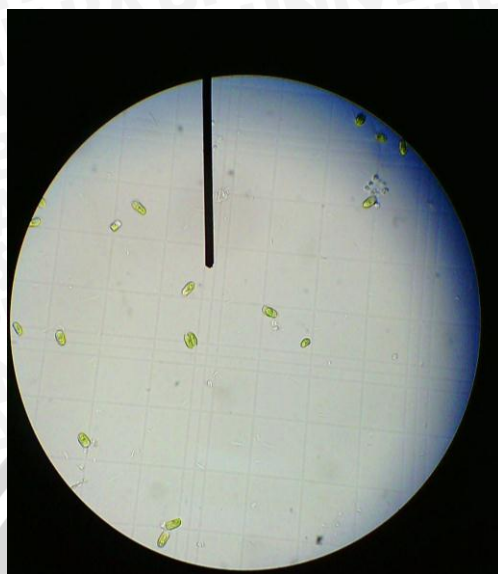
Lampiran 5. Fitoplankton Pada Media Uji.



Lampiran 6. Pengamatan Pertumbuhan Fitoplankton



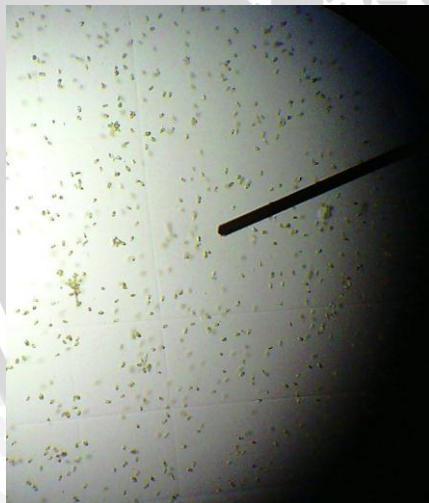
Lampiran 7. Hasil Pengamatan Fitoplankton.



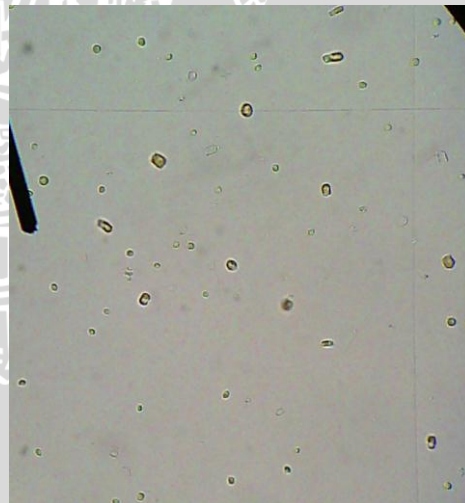
Pengamatan *Tetraselmis chuii* pada Mikroskop



Pengamatan *Tetraselmis chuii* pada Mikroskop



Pengamatan *Chaetoceros calcitrans* pada Mikroskop



Pengamatan *Chaetoceros calcitrans* pada Mikroskop

Lampiran 8. Rata-rata Jumlah Sel Fitoplankton (sel/ml) Selama Penelitian

Konsentrasi	Spesies	Bahan Kimia														
		WAF					CEWAF					DISPERSANT				
		0	1	24	48	72	0	1	24	48	72	0	1	24	48	72
0%	A	649.833	708.333	1.200.000	1.967.500	2.439.167	736.166	813.333	1.016.250	907.000	1.325.000	512.333	565.000	910.000	1.072.500	1.365.000
	B	1.146.817	1.213.542	1.791.000	1.860.000	2.508.542	621.000	663.750	915.833	1.795.417	2.661.250	736.000	760.250	812.917	1.379.583	1.757.083
5%	A	649.833	565.000	860.8333	1.075.000	1.208.333	736.166	222.500	67.917	45.500	20.500	512.333	237.500	30.000	0	0
	B	1.146.817	970.833	662.500	431.667	342.083	621.000	506.667	307.083	247.500	213.333	736.000	712.917	679.167	521.250	352.083
10%	A	649.833	481.667	554.167	533.333	454.167	736.166	156.667	50.500	36.417	17.492	512.333	119.167	14.167	0	0
	B	1.146.817	556.667	546.667	342.500	270.833	621.000	321.250	260.417	202.083	192.917	736.000	633.333	452.083	390.000	265.417
20%	A	649.833	388.333	501.667	446.667	369.167	736.166	185.833	47.667	22.167	12.383	512.333	95.000	10.833	0	0
	B	1.146.817	542.500	503.333	373.750	258.750	621.000	413.750	359.583	251.250	195.000	736.000	537.083	400.333	330.000	303.333
40%	A	649.833	374.167	475.833	433.333	355.000	736.166	183.333	42.000	12.458	5.517	512.333	127.500	9.167	0	0
	B	1.146.817	756.667	385.000	265.000	205.000	621.000	467.083	176.250	146.667	107.083	736.000	452.500	364.583	317.917	252.500
80%	A	649.833	376.667	320.833	308.333	293.333	736.166	186.667	37.333	6.340	2.708	512.333	132.500	5.833	0	0
	B	1.146.817	623.333	335.833	221.250	150.417	621.000	151.250	126.250	104.583	71.667	736.000	389.167	331.667	247.083	187.500

Keterangan :

- A : *Chaetoceros calcitrans*
- B : *Tetraselmis chuii*