

**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKAT PADA PUPUK CAIR LIMBAH PADAT
TAMBAK UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) UNTUK
PERTUMBUHAN *Chaetoceros calcitrans* SKALA LABORATORIUM**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh:

**ARDIAN WAHYU SAPUTRI
NIM. 125080500111077**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



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

**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKAT PADA PUPUK CAIR LIMBAH PADAT
TAMBAK UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) UNTUK
PERTUMBUHAN *Chaetoceros calcitrans* SKALA LABORATORIUM**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

Oleh :
ARDIAN WAHYU SAPUTRI
NIM. 125080500111077

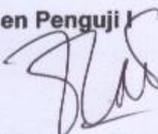


**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

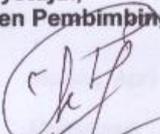
**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKAT PADA PUPUK CAIR LIMBAH PADAT
TAMBAK UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) UNTUK PERTUMBUHAN
Chaetoceros calcitrans SKALA LABORATORIUM**

Oleh:
ARDIAN WAHYU SAPUTRI
NIM. 125080500111077

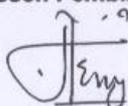
Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 22 Juni 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No :
Tanggal :

Dosen Penguji I


(Dr. Ir. M. Fadjar, M.Sc)
NIP.19621014 198701 1 001
TANGGAL: 19 JUL 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I


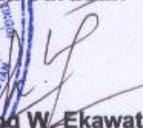
(Dr. Ir. Arning W. Ekawati, MS)
NIP. 49620805 198603 2 001
TANGGAL: 19 JUL 2016

Dosen Pembimbing II


(Ir. Heny Suprastyani, MS)
NIP.19620904 198701 2 001
TANGGAL: 19 JUL 2016



Mengetahui,
Ketua Jurusan


(Dr. Ir. Arning W. Ekawati, MS)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal : 19 JUL 2016



PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam 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 kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, April 2016

Mahasiswa

Ardian Wahyu Saputri



UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala anugerah dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS selaku dosen pembimbing 1
2. Ir. Heny Suprastyani, MS selaku dosen pembimbing 2
3. Dr. Ir. M. Fadjar, MSc selaku dosen penguji
4. Kepala Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara dan seluruh pihak balai yang telah mengizinkan dan membantu penulis untuk mengambil bahan penelitian yaitu limbah padat tambak udang vaname.
5. Sujud dan terima kasih yang dalam penulis persembahkan kepada keluarga tercinta yang telah memberi motivasi, doa dan dukungan materil selama ini.
6. Pihak Laboratorium Pak Yit, Pak Udin, Mbak Hawa, Ibu Chot yang turut membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Teman-teman tim limbah padat tambak udang vaname (Asih dan Asma), atas segala jerih payah dan semangatnya sehingga bisa menyelesaikan penelitian ini.
8. Teman-teman tim pakan yang telah memberi motivasi dan semangatnya.
9. Teman-teman kos Enman yang telah memberikan dukungan, semangat dan motivasi.
10. Kelurga Besar AQUASEAN BP 2012 atas semangat dan dukungan yang telah diberikan.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian Skripsi.

Malang, April 2016

Penulis

RINGKASAN

ARDIAN WAHYU SAPUTRI. Pengaruh Penambahan Silikat pada Pupuk Cair Limbah Padat Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk Pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* Skala Laboratorium (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS.** Dan **Ir. Heny Suprastyani, MS.**)

Pembenihan merupakan langkah awal dan merupakan kunci keberhasilan dalam budidaya perikanan. Faktor utama yang mendukung dalam suatu usaha pembenihan adalah ketersediaan pakan hidup yaitu fitoplankton yang memadai dan berkesinambungan. Salah satu jenis fitoplankton yang digunakan untuk pakan larva udang adalah *Chaetoceros calcitrans*. *C. calcitrans* memiliki nutrisi yang baik untuk pertumbuhan larva udang seperti karbohidrat, protein, lemak, omega 3 EPA. Dalam pertumbuhannya *C. calcitrans* membutuhkan unsur makro antara lain N (14 mg/L), P (2,4 mg/L) dan Si (3,2 mg/L). Limbah padat tambak udang vaname adalah limbah organik yang sebagian besar dihasilkan dari feses dan sisa pakan udang vaname (*L. vannamei*). Limbah padat tambak udang vaname mengandung sejumlah besar unsur hara makro yang terdiri dari 30,7 g/100g C (karbon), 8,8 g/100g N (nitrogen), 12,7 g/100g P (fosfor) dan 7,7 g/100g K (kalium). Berdasarkan hal tersebut unsur hara makro dari limbah padat tambak udang vaname dapat dijadikan pupuk untuk kultur *C. calcitrans* dengan penambahan silikat dosis optimal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan silikat pada media kultur dan dosis silikat yang paling baik terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Prosedu penelitian dalam 2 tahap yaitu tahap pertama persiapan penelitian meliputi sterilisasi alat dan media kultur, penyiapan air sebagai media pemeliharaan, penyiapan limbah padat tambak udang vaname, dan penyiapan stok bibit *C. calcitrans*. Tahap kedua yaitu pelaksanaan penelitian meliputi pengamatan pertumbuhan *C. calcitrans*, laju pertumbuhan spesifik *C. calcitrans*, biomassa *C. calcitrans* dan pengukuran kualitas air. Sampel limbah padat tambak udang vaname diperoleh dari lokasi pertambakan udang vaname intensif di BBPBAP Jepara. Sterilisasi limbah dengan cara dioven menggunakan oven memmert selama 24 jam. Waktu perendaman limbah padat tambak udang selama 24 jam dengan dosis 4 gr/L air laut diaerasi terus menerus kemudian disaring dengan kertas Whatman no 42. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Dosis silikat pada perlakuan A yaitu 1,5 mg/L, B 3 mg/L, C 4,5 mg/L, D 6 mg/L dan K tanpa penambahan silikat. Parameter yang diamati adalah kepadatan *C. calcitrans*, laju pertumbuhan spesifik, biomassa, nitrat, fosfat, suhu, pH, DO dan salinitas.

Hasil paling baik dalam penelitian ini adalah perlakuan B yaitu pemberian dosis silikat sebanyak 3 mg/L. Hal ini ditunjukkan dengan kepadatan sel tertinggi $147,75 \times 10^4$ sel/ml, berat biomassa sebesar 3,70 g/L, dan hasil akhir N dan P terendah masing-masing 0,05 dan 0,34. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa limbah padat tambak udang vaname dapat digunakan sebagai media kultur *C. calcitrans* dengan penambahan dosis silikat paling baik 3,3 mg/L.

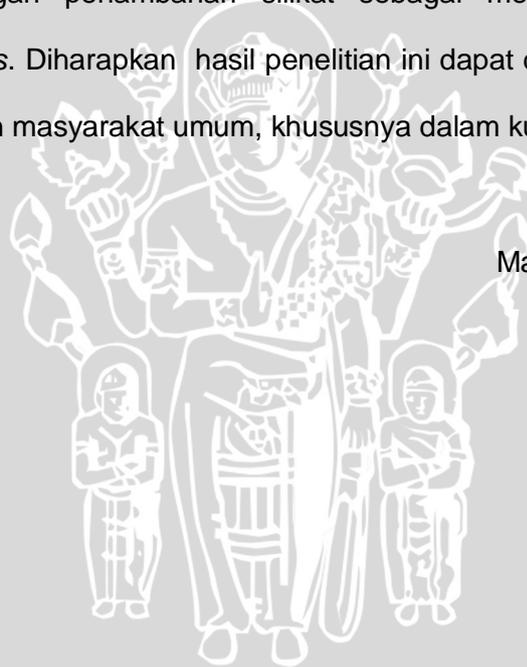
KATA PENGANTAR

Skripsi ini penulis sajikan berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Silikat pada Pupuk Cair Limbah Padat Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk Pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* Skala Laboratorium”. Dalam penelitian tersebut di bawah bimbingan Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS dan Ir. Heny Suprastyani, MS. Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana perikanan.

Dalam skripsi ini menjelaskan tentang pemanfaatan limbah padat tambak udang vaname dengan penambahan silikat sebagai media dalam kultur *Chaetoceros calcitrans*. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan informasi bagi pembudidaya dan masyarakat umum, khususnya dalam kultur *C. calcitrans*.

Malang, April 2016

Penulis



DAFTAR ISI

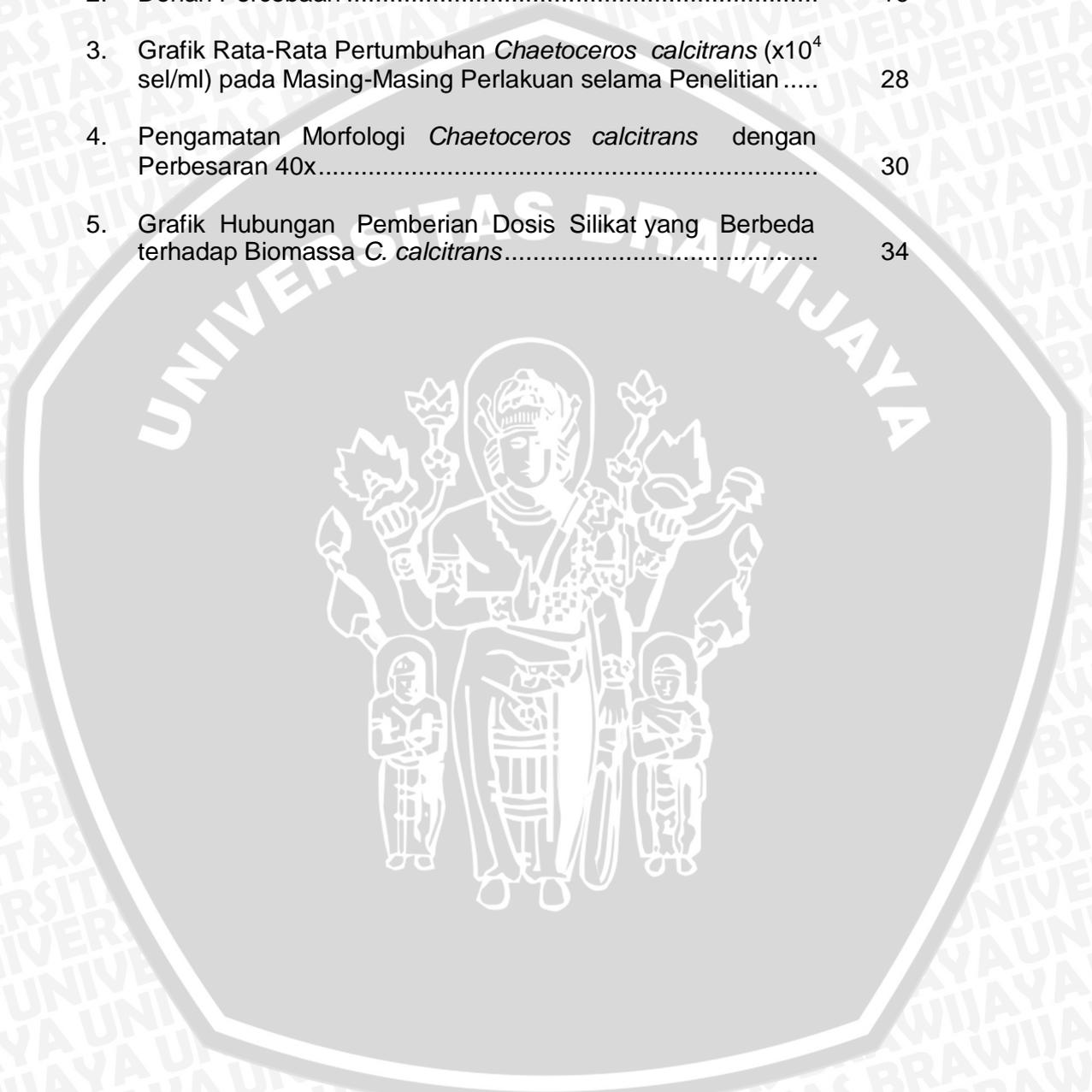
	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
UCAPAN TERIMAKASIH	v
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kegunaan	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Tempat dan Waktu	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>C. calcitrans</i>	5
2.2 Reproduksi <i>C. calcitrans</i>	6
2.3 Fase Pertumbuhan Mikroalga	6
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i>	7
2.4.1 Suhu	7
2.4.2 pH	8
2.4.3 Salinitas	9
2.4.4 Oksigen Terlarut	9
2.4.5 Nitrogen	10
2.4.6 Fosfat	11
2.5 Limbah Budidaya Udang	11
2.6 Unsur Silikat	13
2.7 Biomassa Plankton	13
3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.1.1 Alat Penelitian	15
3.1.2 Bahan Penelitian	15
3.2 Metode Penelitian	15
3.3 Rancangan Penelitian	16

3.4	Prosedur Penelitian	17
3.4.1	Persiapan Penelitian	17
3.4.2	Pelaksanaan Penelitian	23
3.5	Parameter Penelitian	23
3.5.1	Parameter Utama	23
3.5.2	Parameter Penunjang	25
3.6	Analisis Data	27
4.	PEMBAHASAN	28
4.1	Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i>	28
4.2	Laju Pertumbuhan Spesifik <i>C. calcitrans</i>	31
4.3	Biomassa <i>C. calcitrans</i>	33
4.4	Parameter Kualitas Air Media Kultur <i>C. calcitrans</i>	36
4.4.1	Suhu	36
4.4.2	Derajat Keasaman (pH)	36
4.4.3	Oksigen Terlarut (DO)	37
4.4.4	Salinitas	37
4.4.5	Nitrat	38
4.4.6	Fosfat	38
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	39
	DAFTAR PUSTAKA	40
	LAMPIRAN	43



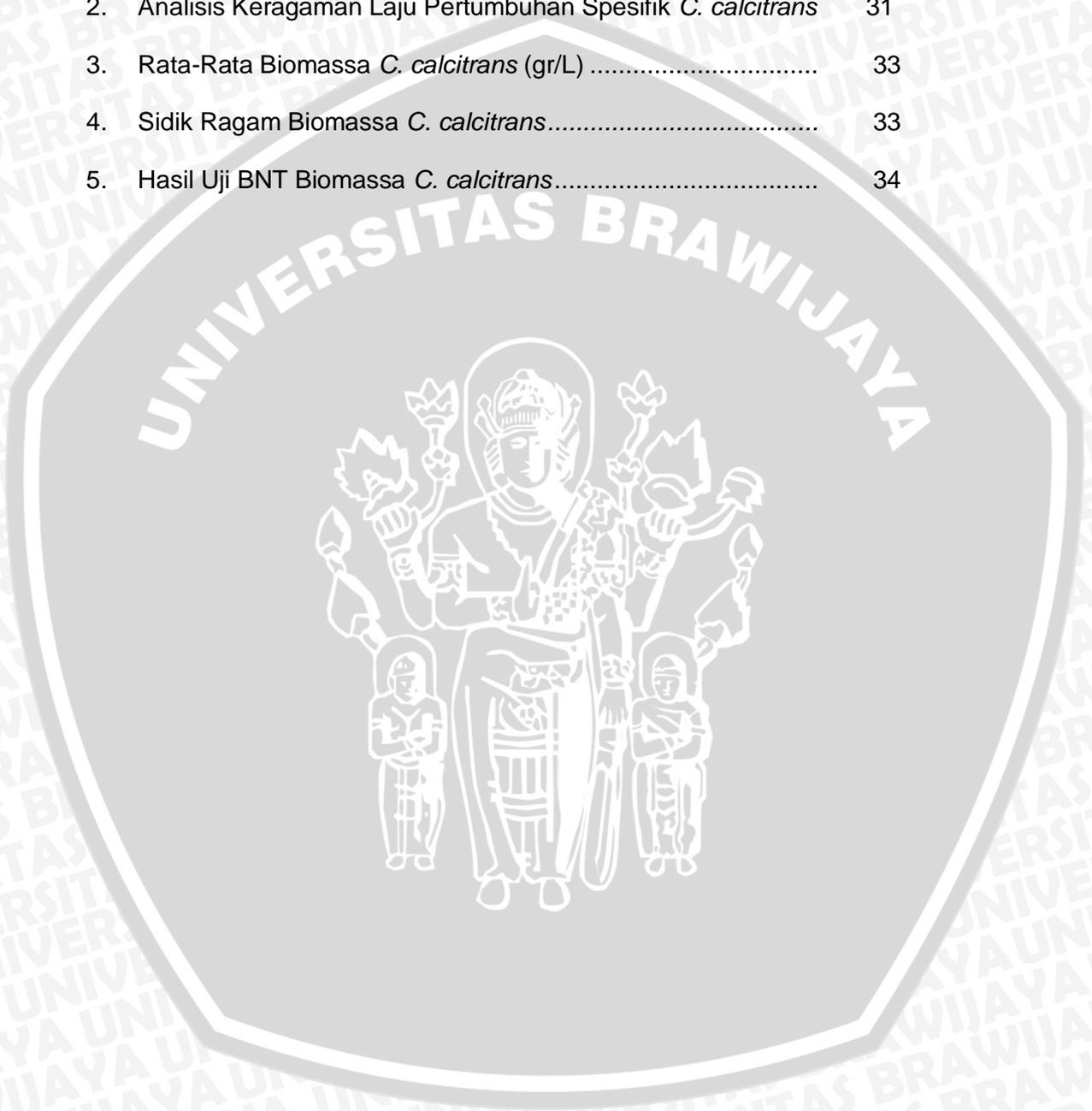
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Chaetoceros calcitrans</i>	5
2. Denah Percobaan	16
3. Grafik Rata-Rata Pertumbuhan <i>Chaetoceros calcitrans</i> ($\times 10^4$ sel/ml) pada Masing-Masing Perlakuan selama Penelitian	28
4. Pengamatan Morfologi <i>Chaetoceros calcitrans</i> dengan Perbesaran 40x.....	30
5. Grafik Hubungan Pemberian Dosis Silikat yang Berbeda terhadap Biomassa <i>C. calcitrans</i>	34



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rata-Rata Laju Pertumbuhan Spesifik <i>C. calcitrans</i>	31
2. Analisis Keragaman Laju Pertumbuhan Spesifik <i>C. calcitrans</i>	31
3. Rata-Rata Biomassa <i>C. calcitrans</i> (gr/L)	33
4. Sidik Ragam Biomassa <i>C. calcitrans</i>	33
5. Hasil Uji BNT Biomassa <i>C. calcitrans</i>	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Gambar Alat dan Bahan Penelitian	43
2. Data Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i> ($\times 10^4$) dalam Perlakuan yang Berbeda selama Penelitian.....	49
3. Data Laju Pertumbuhan Spesifik <i>C. calcitrans</i>	50
4. Hasil Uji Homogenitas dan Normalitas ($p > 0,005$) pada Laju Pertumbuhan Spesifik <i>C. calcitrans</i>	51
5. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik <i>C. calcitrans</i>	52
6. Data Biomassa Kering <i>C. calcitrans</i> (gr/L).....	54
7. Hasil Uji Homogenitas dan Normalitas ($p > 0,005$) Biomassa Kering <i>C. calcitrans</i>	55
8. Data Sidik Ragam Biomassa Kering <i>C. calcitrans</i> (gr/L).....	56
9. Data Pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) pada Media Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i> selama Penelitian.....	60
10. Data Pengukuran pH pada Media Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i> selama Penelitian.....	62
11. Data Pengukuran DO pada Media Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i> selama Penelitian.....	64
12. Data Pengukuran Salinitas pada Media Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i> selama Penelitian.....	66
13. Data Pengukuran Nitrat (NO_3) dan Pospat (PO_4) pada Media Pertumbuhan <i>C. calcitrans</i> selama Penelitian.....	67

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembenihan merupakan langkah awal dan merupakan kunci keberhasilan dalam budidaya perikanan. Faktor utama yang dapat mendukung dalam keberhasilan suatu panti benih adalah ketersediaan pakan hidup yang memadai dan berkesinambungan (Sutomo, *et al.* 2007). Ketersediaan pakan yang berkualitas dan mencukupi sangat penting untuk pemeliharaan larva biota laut maupun tawar seperti udang windu, ikan nila, gurame, bawal maupun rajungan. Pakan tersebut dapat berasal dari pakan alami maupun buatan. Pakan alami untuk ikan maupun udang dari jenis mikroalga yaitu fitoplankton dan zooplankton sedangkan pakan buatan yaitu pellet. Pakan alami menjadi kebutuhan pokok dalam budidaya ikan maupun udang dijadikan sebagai sumber energi yang dapat meningkatkan pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan ketahanan tubuh.

Fitoplankton adalah makanan hidup bagi benih ikan dan udang. Menurut Endrawati dan Riniatsih (2013), mikroalga merupakan organisme mikroskopis dan bersifat autotrof karena memiliki potensi sebagai produktivitas primer di perairan. Budidaya mikroalga ini sangat menarik karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi, mampu menyesuaikan pada kondisi lingkungan yang bervariasi. Mikroalga adalah tumbuhan air yang memiliki klorofil sehingga dalam hidupnya memanfaatkan energi matahari dan CO₂ yang digunakan untuk proses fotosintesis, merupakan mikroorganisme yang mudah dicerna dan sumber biomassa yang mengandung komponen penting yaitu karbohidrat, lemak, protein, dsb. Selain itu, juga mengandung beberapa sumber vitamin seperti vitamin A, B, B1, B2, B6. Dalam pemberiannya ke larva atau benih ikan harus disesuaikan dengan bukaan mulutnya karena pakan alami merupakan hal yang

sangat penting pada fase larva ikan untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Salah satu jenis mikroalga fitoplankton yang sering digunakan untuk pakan alami adalah *Chaetoceros calcitrans*.

Chaetoceros sp. adalah mikroalga yang memiliki potensi tinggi sebagai penghasil senyawa-senyawa kimia bernilai ekonomi tinggi seperti asam lemak omega (Jati *et al.* 2012), *Chaetoceros sp.* adalah jenis mikroalga yang biasanya diberikan pada larva udang. Mikroalga ini memiliki nutrisi yang baik untuk pertumbuhan larva udang seperti karbohidrat, protein, lemak dan asam lemak omega 3 EPA. Dalam pertumbuhannya *Chaetoceros sp.* membutuhkan unsur hara makro yaitu N, P dan Si.

C. calcitrans adalah jenis fitoplankton yang digunakan sebagai pakan larva udang. Dalam pertumbuhannya membutuhkan unsur silikat sebagai pembentuk dinding sel karena termasuk dalam golongan diatom. Menurut Panjaitan *et al.* (2014), jenis mikroalga yakni fitoplankton juga dapat berperan sebagai antibakterial, immunostimulan, dan pemasok enzim pencernaan bagi pemangsanya. Faktor pertimbangan dalam pemilihan fitoplankton sebagai pakan larva udang panaeid adalah kandungan gizi yang tinggi, dapat disediakan secara berkesinambungan, prosedur kultur yang tidak terlalu rumit dan biaya yang tidak mahal sehingga ketersediaan dan kualitas fitoplankton sebagai pakan larva dapat terjamin dalam waktu dan jumlah yang tepat.

Limbah padat tambak udang vaname adalah limbah organik yang sebagian besar dihasilkan dari feses dan pakan buatan yang diberikan pada udang vaname. Menurut Tangguda (2015), limbah padat tambak udang vaname (*L. vannamei*) mengandung sejumlah besar unsur hara makro dan mikro yang terdiri dari 30,7 g/100 g C (karbon), 8,8 g/100 g N (nitrogen), 12,7 g/100 g P (fosfor), dan 7,7 g/100 g K (kalium). Unsur hara mikro terdiri dari 166,9 mg/100 g Fe (besi), 25,9 mg/100 g Cu (tembaga), 55,4 mg/100 g Zn (seng), 63,3 mg/100 g

Mn (mangan), 29,4 mg/100 g B (boron), 22,4 mg/100 g Co (kobalt), dan 53,5 mg/100 g Mo (Molibdenum). Dosis optimal limbah padat udang vaname yang digunakan dalam penelitian kultur *Chlorella sp.* menggunakan dosis 2 gr/L. Menurut Indarmawan *et al.* (2012), unsur makro yang dibutuhkan *Chaetoceros sp.* untuk pertumbuhannya antara lain N (14 mg/L), P (2,4 mg/L) dan Si (3,2 mg/L). Berdasarkan hal tersebut unsur hara makro dari limbah padat tambak udang vaname dapat dijadikan pupuk untuk kultur *C. calcitrans* dengan penambahan silikat pada dosis optimal.

Pemenuhan kebutuhan nutrient pada *C. calcitrans* sangat bergantung pada unsur hara pada media kultur. Pemberian pupuk cair limbah padat tambak udang vaname (*L. vannamei*) dan silikat diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pupuk teknis serta dapat memenuhi kebutuhan nutrient untuk pertumbuhan *C. calcitrans*.

1.2 Rumusan Masalah

Salah satu jenis pakan alami yang memiliki kandungan nutrisi tinggi adalah *C. calcitrans*. Pemenuhan kebutuhan nutrient yang dibutuhkan dan hasil biomassa tertinggi *C. calcitrans* sangat bergantung pada ketersediaan unsur hara dalam media kultur. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh penambahan silikat pada media kultur terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*.
- b. Berapa dosis penambahan silikat yang paling baik untuk terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui pengaruh penambahan silikat pada media kultur terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*.
- b. Untuk mengetahui dosis silikat yang paling baik terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*.

1.4 Kegunaan

Kegunaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai informasi tentang pengaruh penambahan silikat pada media kultur terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*.
- b. Sebagai informasi tentang penggunaan dosis silikat yang paling baik terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*.

1.5 Hipotesis

H_0 : Diduga penambahan silikat pada media kultur tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*

H_1 : Diduga penambahan silikat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan biomassa *C. calcitrans*.

1.6 Tempat dan Waktu

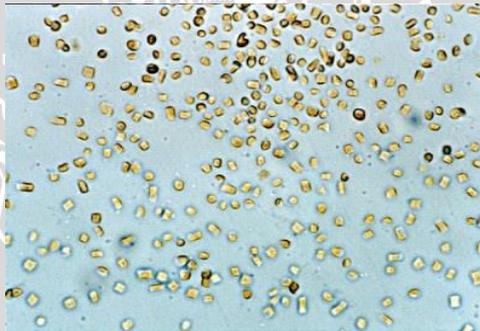
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi Ikan, Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang pada bulan 16-29 Maret 2016.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi *C. calcitrans*

Menurut Bold dan Wynne (1985), klasifikasi *C. calcitrans* sebagai berikut :

Divisio	: Chrysophyta
Kelas	: Bacillariophyceae
Ordo	: Centrales
Sub ordo	: Biddulphiineae
Famili	: Chaetoceraceae
Genus	: Chaetoceros
Spesies	: <i>Chaetoceros calcitrans</i>



Gambar 1. *Chaetoceros calcitrans* (Google image, 2016)

Menurut Arif (2014), *Chaetoceros* ada yang berbentuk bulat dengan diameter 4-6 mikron dan ada yang berbentuk segi empat dengan ukuran 8-12x7-18 mikron. Dinding sel phytoplankton ini dibentuk dari silika. Apabila dalam perairan terdapat sedikit silika maka akan menyebabkan pertumbuhan *Chaetoceros sp.* menjadi terhambat. Karotenoid dan diatomin merupakan pigmen yang dominan. Pada kultur phytoplankton ini berwarna kuning kemasam hingga coklat. Banyak dijumpai di perairan laut dan termasuk dalam kelompok diatom yaitu organisme bersel tunggal. Selain itu *Chaetoceros sp.* adalah mikroalga yang memiliki kandungan protein tinggi dan mudah dicerna.

2.2 Reproduksi *C. calcitrans*

Perkembangbiakan pada diatom terjadi secara aseksual yaitu dengan pembelahan sel dari sel induknya. Menurut Sediadi (1988), reproduksi dari diatom adalah secara aseksual dengan cara pembelahan sel dimana hal ini sangat dipengaruhi oleh tingkat kecerahan perairan, kadar garam dan kondisi makanan yang tersedia diperairan tersebut. Diatom sangat cepat mempergunakan makanan di sekitarnya sehingga mempunyai kemampuan ganda dalam pembelahan selnya. Reproduksi aseksual terjadi dengan pembelahan sitoplasma dalam frustul dimana epiteka induk akan menghasilkan hipoteka yang baru, sedangkan hipoteka yang lama akan menjadi epiteka yang menghasilkan hipoteka yang baru pula pada anaknya.

Reproduksi aseksual akan menghasilkan ukuran sel yang semakin kecil. Menurut Hasrun *et al.* (2013), diatom mempunyai penyebaran yang sangat luas. Kelompok ini menghuni perairan dari perairan tawar, tepi pantai hingga ke tengah samudera. Salah satu ekosistem pesisir yang produktif dan mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan diatom adalah ekosistem mangrove. Diatom bereproduksi secara aseksual. Reproduksi aseksual seperti ini akan menghasilkan sejumlah ukuran yang bervariasi dari suatu populasi diatom pada suatu spesies. Ukuran terkecil dapat mencapai 30 kali lebih kecil dari ukuran terbesarnya.

2.3 Fase Pertumbuhan Mikroalga

Dalam pertumbuhannya *C. calcitrans* menjalani empat fase dalam hidupnya yaitu fase lag, eksponensial, stasioner dan fase kematian. Menurut Rizky *et al.* (2012), waktu pertumbuhan yang dibutuhkan oleh fitoplankton *C. calcitrans*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina*, *Porphyridium cruentum* cukup singkat yakni dua hari. Pertumbuhan signifikan mulai terjadi pada hari ketiga,

yang berarti proses pembelahan sel terjadi mulai optimal. Proses pertumbuhan signifikan terjadi hingga hari ke-11 untuk *C. calcitrans*. Setelah proses pembelahan sel mencapai puncak, maka tidak terjadi proses pembelahan sel lagi sehingga laju pertumbuhan seimbang dengan laju kematian. Tahap tersebut adalah tahap stasioner. Tahap stasioner pada *C. calcitrans* terjadi pada hari ke 12. Tahap stasioner terjadi dikarenakan jumlah pertumbuhan sel fitoplankton dalam media kultur semakin banyak, namun jumlah kandungan nutrient dalam media kultur semakin menurun. Selanjutnya, fitoplankton mengalami tahap kematian yaitu penurunan jumlah sel dikarenakan laju kematian sel lebih tinggi daripada laju pertumbuhan sel sehingga kepadatan populasi menurun.

Pada umumnya pertumbuhan *Chaetoceros sp.* terdiri dari beberapa fase yaitu fase lag (adaptasi), fase log (eksponensial), fase stationer dan fase kematian. Menurut Setyaningsih *et al.* (2012), faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga antara lain suhu, nutrient dalam medium, pH, pencahayaan. Kurva pertumbuhan mikroalga juga berbeda satu dengan yang lainnya. Faktor intrinsik maupun ekstrinsik dapat mempengaruhinya.

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *C. calcitrans*

Menurut Indarmawan *et al.* (2012), pertumbuhan *Chaetoceros sp.* selain dipengaruhi oleh ketersediaan nutrient juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan pada media pertumbuhan. Faktor lingkungan atau kualitas air media sangat berpengaruh terhadap perkembangan *Chaetoceros sp.* meliputi reproduksi, pertumbuhan dan metabolisme tubuh. Kualitas air yang tidak optimal akan menghambat pertumbuhan hingga menyebabkan kematian. Kualitas air tersebut antara lain suhu, pH, dan salinitas.

2.4.1 Suhu

Suhu air sebagai media hidup *C. calcitrans* sangat penting kualitasnya karena berpengaruh terhadap beberapa hal yaitu pertumbuhan, reproduksi, tingkah laku, dan metabolisme. Menurut Fahrur *et al.* (2011), perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam, hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya seperti alga dari filum Chlorophyta dan diatom akan tumbuh baik pada kisaran suhu berturut-turut 30°C-35°C dan suhu 20°C-30°C.

Menurut Arif (2014), *Chaetoceros sp.* toleran terhadap suhu air yang tinggi. Pada suhu air 40°C, phytoplankton ini masih bertahan hidup, akan tetapi tidak berkembang. Alga ini akan tumbuh optimal pada kisaran suhu 25°C-30°C dan masih dapat tumbuh pada suhu 37°C. Suhu yang tinggi diatas batas optimal dapat membahayakan pertumbuhan *C. calcitrans*. Pengaruh suhu tidak langsung terhadap pertumbuhan *Chaetoceros sp.* adalah berkurangnya kelimpahan plankton seiring dengan kerapatan air yang semakin meningkat.

2.4.2 pH

Derajat keasaman suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan air. Pada umumnya air laut lebih cenderung bersifat basa karena pH tinggi yaitu lebih dari 7. Namun, dalam kondisi tertentu pH dapat berubah menjadi asam karena nilai pH menurun (Simanjuntak, 2009). Apabila dalam suatu perairan tingkat konsentrasi pH lebih tinggi atau lebih rendah dari kondisi optimal maka akan menyebabkan ketidaknormalan pertumbuhan *C. calcitrans*.

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah (Fahrur *et al.* 2012). Perairan dengan nilai pH yang rendah merupakan perairan yang asam sehingga dapat menyebabkan kematian makhluk hidup. Perairan yang memiliki nilai pH tinggi adalah perairan basa yang dapat menyebabkan kematian dan produktivitas menurun. Menurut Indarmawan *et al.* (2012), pertumbuhan maksimum *Chaetoceros sp.* akan naik pada rentang pH 7,9-8,5.

2.4.3 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi ion total suatu perairan dan merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan dan perkembangan *C. calcitrans*. Fluktuasi salinitas secara langsung akan berpengaruh terhadap tekanan osmosis sel sehingga aktivitas sel menjadi terganggu. Salinitas dapat berpengaruh terhadap kuantitas biomassa dan komposisi komponen nutrisi yang terkandung dalam mikroalga. Selain itu salinitas juga berpengaruh terhadap laju pertumbuhan. Pada kultur *Chaetoceros sp.* salinitas awal yang digunakan adalah 35 ppt yang berpengaruh terhadap pertumbuhan populasi kepadatan tertinggi (Suantika *et al.*, 2009)

Menurut Simanjuntak (2009), variasi salinitas dapat mempengaruhi kehidupan berbagai jenis plankton dalam suatu perairan. Di perairan pantai yang bersalinitas rendah komunitas plankton lebih tinggi daripada perairan yang letaknya jauh dari pantai yang bersalinitas tinggi terutama dalam menentukan terjadinya suksesi jenisnya. Pada salinitas yang optimal metabolisme *C. calcitrans* akan berlangsung dengan maksimal sehingga akan memaksimalkan pertumbuhan dan produktivitasnya.

2.4.4 Oksigen Terlarut

Oksigen merupakan parameter yang penting dalam kultur mikroalga. Oksigen terlarut dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu suhu, salinitas dan kekeruhan. Semakin tinggi suhu maka semakin sedikit oksigen yang terkandung dalam perairan tersebut. Semakin tinggi salinitas menyebabkan air menjadi pekat atau keruh sehingga oksigen sulit untuk berdifusi. Oksigen dimanfaatkan dalam metabolisme baik pembentukan sel baru maupun pergerakan. Oksigen ini berasal dari difusi udara bebas maupun dari hasil fotosintesis organisme di perairan. Pengukuran tingkat kualitas air dilihat dari oksigen terlarut (Dissolved Oxygen = DO). Semakin tinggi kandungan Dissolved Oxygen (DO) semakin bagus kualitas perairan tersebut (Prahutama, 2013).

Menurut Salmin (2005), oksigen terlarut (Dissolved Oxygen = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Menurut Simanjuntak *et al.* (2009), kelangsungan hidup biota air yang baik dalam suatu perairan membutuhkan kisaran kadar oksigen terlarut 2-10 ppm. Apabila kurang dari 2 ppm akan menghambat pertumbuhannya.

2.4.5 Nitrogen

Menurut Amini dan Sugiyono (2011), perkembangbiakan mikroalga terjadi secara aseksual, dapat tumbuh dalam berbagai media yang mengandung cukup unsur hara, seperti N, P, K dan unsur mikro lainnya. Unsur nutrient yang diperlukan mikroalga dalam jumlah besar adalah karbon, nitrogen, fosfor, sulfur, natrium, magnesium dan kalsium. Sumber utama nitrogen adalah nitrogen bebas

N₂ di atmosfer. Berfungsi untuk membentuk protein, lemak, berbagai senyawa organik lain, pertumbuhan serta pembentukan sel secara vegetatif.

Nitrogen merupakan unsur makronutrient yang dapat mempengaruhi kegiatan metabolisme sel yaitu proses transportasi, katabolisme, asimilasi dan biosintesis protein. Dengan adanya biosintesis protein maka terjadi reaksi enzimatik yang dihasilkan oleh protein dan dapat mengkonversi lemak. Sehingga, secara tidak langsung nitrogen mempengaruhi kandungan lemak. Nitrogen yang terdapat di lingkungan antara lain nitrogen organik, amonia, ion amonia nitrogen, dinitrogen oksida, nitrogen oksida, ion nitrit, nitrogen dioksida dan ion nitrat (Hermanto *et al.*, 2011).

2.4.6 Fosfat

Fosfat merupakan unsur hara makro yang penting dalam media kultur *C. calcitrans*. Sumber fosfat berasal dari pupuk dan hancuran bahan organik. Menurut Mahmud *et al.* (2012), fitoplankton membutuhkan sejumlah kecil nutrient untuk membentuk tubuh atau molekul yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis yang mana bukan merupakan bagian yang ikut bergabung dalam proses enzim. Contoh nutrient yang digunakan dalam proses fotosintesis adalah nitrogen dan fosfat. Selain itu, fosfat juga berfungsi untuk metabolisme energi, sebagai stabilitor membran sel, pengaturan metabolisme alga dan sintesis asam amino.

Menurut Widianingsih *et al.* (2011), nutrient merupakan sumber nitrogen dan fosfat yang memiliki peranan dalam mempengaruhi produktivitas lipid. Perubahan pengurangan persentase nutrient fosfat dan nitrat berpengaruh terhadap proses fisiologi mikroalga dan pertumbuhannya. Apabila kadar fosfat pada air media optimal maka *C. calcitans* akan tumbuh secara optimal. Pemberian kadar nitrogen dan fosfat yang berbeda memberikan pengaruh terhadap biomassa dan kadar lipid mikroalga.

2.5 Limbah Budidaya Udang

Menurut Garno (2004), pemberian pakan yang berlebihan menyebabkan terbentuknya limbah organik dalam jumlah yang relatif besar, yang ada dalam bentuk padatan yang terendap, koloid, tersuspensi dan terlarut. Pada umumnya, limbah organik dalam bentuk padatan akan langsung mengendap menuju dasar perairan, sedangkan bentuk lainnya berada di badan air, baik di bagian yang aerob maupun anaerob. Dimanapun limbah organik tersebut berada, jika tidak dimanfaatkan oleh fauna perairan lain, seperti ikan, kepiting, bentos, dan lainnya akan segera dimanfaatkan oleh mikroba, baik mikroba aerobik (mikroba yang hidupnya memerlukan oksigen), mikroba anaerobik (mikroba yang hidupnya tidak membutuhkan oksigen) dan mikroba fakultatif (mikroba yang dapat hidup pada perairan aerobik dan anaerobik). Jika limbah organik tersebut meningkat diatas kemampuan daya dukung perairan, akan mengakibatkan munculnya gas beracun, menurunnya oksigen terlarut, dan terjadinya perubahan pada struktur dan kelimpahan organisme akuatik. Namun, limbah organik dari tambak udang tersebut mengandung beberapa unsur makro dan mikro yang dapat dimanfaatkan *C. calcitrans* untuk pertumbuhannya.

Menurut Tangguda (2015), target produksi udang budidaya yang semakin meningkat mengharuskan para pelaku budidaya untuk memenuhi target yang telah ditetapkan. Hal ini menyebabkan perubahan pola budidaya udang, yang sebelumnya menggunakan pola ekstensif berubah menjadi pola intensif atau bahkan super intensif. Semakin intensif kegiatan budidaya, maka jumlah pakan buatan yang diberikan akan semakin banyak. Pemberian pakan yang berlebihan akan mengakibatkan terbentuknya limbah organik dalam jumlah besar. Limbah padat tambak udang vaname mengandung 1,92% C organik; 0,54% N total dan 1,70% P. Menurut Indarmawan *et al.* (2012), unsur makro yang sangat penting bagi pertumbuhan *Chaetoceros sp.* yaitu N (14mg/L), P (2,4 mg/L), Si (3,2 mg/L).

Untuk itu, perlu ditambahkan unsur silikat dalam kultur *C. calcitrans* untuk memenuhi kebutuhan nutriennya sehingga dapat tumbuh dengan optimal tumbuh dengan optimal.

2.6 Unsur Silikat

Nutrient yang paling penting untuk pertumbuhan *C. calcitrans* adalah nitrat, fosfat dan silikat. Silikat digunakan diatom untuk pembentukan dinding sel. Apabila suatu perairan memiliki kandungan silikat yang rendah maka dapat menghambat laju pembelahan sel dan menurunkan metabolismenya. Menurut Hasrun *et al.* (2013), ketersediaan silikat seringkali berdampak terhadap kelimpahan dan produktivitas diatom serta menjadi faktor pembatas bagi populasi lainnya. Ketersediaan silikat yang cukup dalam perairan dapat meningkatkan pertumbuhan diatom.

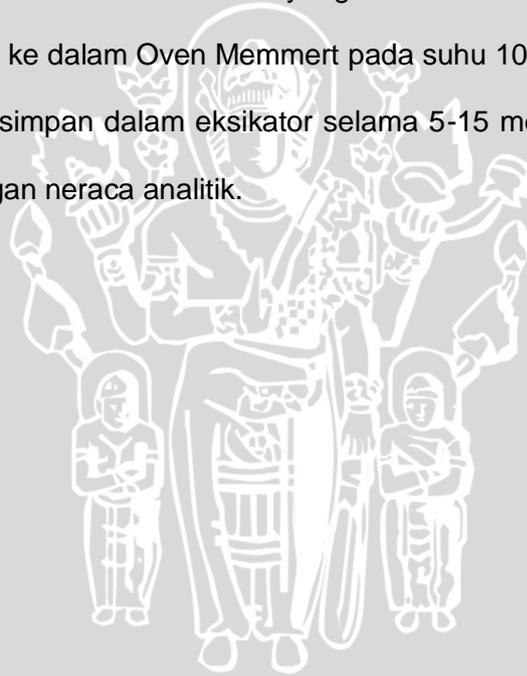
Silikat pada diatom digunakan untuk pembentukan dinding sel dan cangkang. Dinding sel pada diatom berfungsi untuk ketahanan tubuh terhadap lingkungan. Semakin optimal kandungan silikat pada diatom maka semakin baik untuk pembentukan dinding selnya. Unsur yang paling dibutuhkan *Chaetoceros sp.* yaitu N (14mg/L), P (2,4mg/L), dan Si (3,2 mg/L). Diatom tidak bisa bertahan hidup dengan pasokan Si yang kurang karena silikat tidak hanya diperlukan dalam pembentukan sel, tetapi juga diperlukan untuk sintesis asam deoksiribonukleat (Indarmawan *et al.* 2012).

2.7 Biomassa Plankton

Biomassa *C. calcitrans* diperoleh dengan cara pemanenan. Pemanenan dilakukan dengan metode filtrasi yaitu menggunakan kertas saring. Panen kultur *C. calcitrans* dilakukan pada fase eksponensial agar mendapatkan biomassa yang optimal. Peningkatan biomassa yang tinggi merepresentasikan adanya peningkatan laju pertumbuhan. Laju pertumbuhan mikroalga berbanding lurus

dengan produktivitas mikroalga tersebut. Laju pertumbuhan yang optimal akan menghasilkan produktivitas yang optimal pula (Abdurrachman *et al.* 2013).

Menurut Panggabean *et al.* (2010), mikroalga yang sudah dipanen disaring menggunakan kertas saring GF/C yang telah diketahui beratnya dan dibilas dengan akuades. Kertas saring dan hasil panen kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam kemudian ditimbang. Berat kering panen mikroalga didapat dari mengurangi berat kering kertas saring+mikroalga dengan berat kering kertas saring. Sedangkan menurut Abdullah dan Sembiring (2009), untuk mendapatkan berat kering mikroalga dicatat terlebih dahulu berat bersih aluminium foil dan berat aluminium foil yang telah berisi sampel. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam Oven Memmert pada suhu 105⁰C selama 1 jam. Selanjutnya sampel disimpan dalam eksikator selama 5-15 menit dan ditimbang beratnya kembali dengan neraca analitik.



3. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : toples kaca 2,5 liter, refraktometer, termometer, pH meter, DO meter, haemocytometer, handtally counter, mikroskop olympus, washing bottle, erlenmeyer 50 ml, bak 60 liter, nampan, loyang, botol sprayer, blower, botol film, mikropipet, autoklaf, oven Redline, oven Memmert, pipet volume, spatula, hot plate, vacuum pump, botol selai, desikator.

3.1.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut : *C. calcitrans* dari BBAP Situbondo, akuades, limbah padat tambak udang vaname dari BBPBAP Jepara, kertas saring *Whatman* No.42, alkohol 70%, kaporit, Na-Thiosulfat, silikat, tisu,aluminum foil, NH_4OH , asam disulfonik, trashback, plastik bening, mikroskop oil, benang nilon, kertas koran dan kertas label.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain. Menurut Jaedun (2011), penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan treatment/perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian guna membangkitkan sesuatu kejadian/keadaan yang akan diteliti bagaimana akibatnya. Penelitian eksperimen umumnya banyak dilakukan pada peneltian yang bersifat laboratoris.

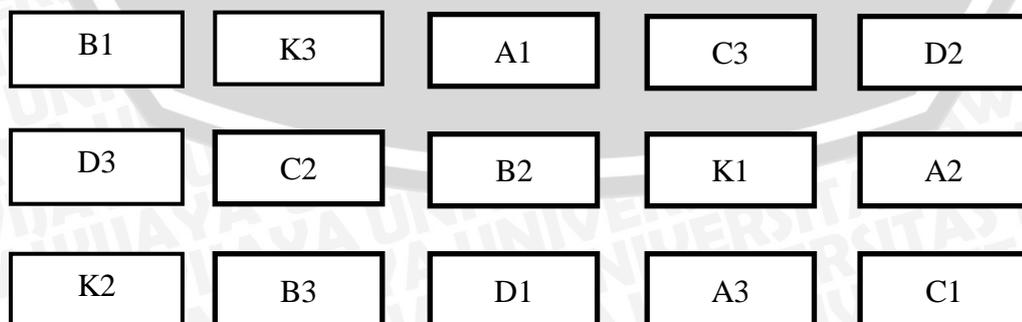
3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Menurut Suhaemi (2011),

Rancangan Acak Lengkap (RAL) dipakai apabila satuan percobaan yang digunakan relatif homogen atau seragam. Pada umumnya percobaan dilaboratorium, kehomogenan satuan percobaan bisa dijamin. Perlakuan yang diberikan adalah pemberian dosis silikat yang berbeda yaitu :

- K : Perlakuan tanpa menggunakan silikat
- A : Perlakuan yang menggunakan silikat dengan dosis 1,5 mg/L
- B : Perlakuan yang menggunakan silikat dengan dosis 3 mg/L
- C : Perlakuan yang menggunakan silikat dengan dosis 4,5 mg/L
- D : Perlakuan yang menggunakan silikat dengan dosis 6 mg/L

Pemberian dosis silikat berdasarkan penelitian Indarmawan *et al.* (2012), yang berjudul "Pengaruh Konsentrasi Pupuk *Azolla Pinata* terhadap Populasi *Chaetoceros sp.*" yang menyatakan bahwa unsur makro yang sangat penting pada pertumbuhan *Chaetoceros sp.* adalah N, P dan Si dengan dosis N (14 mg/L), P (2,4 mg/L) dan Si (3,2 mg/L). Selain itu, hasil pengamatan pada penelitian pendahuluan digunakan sebagai acuan untuk pada penelitian utama. Dosis silikat yang digunakan pada penelitian utama berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan pada erlenmeyer 250 ml menggunakan dosis silikat 0 mg/l, 1,5 mg/l, 3 mg/l, 4,5 mg/l dan 6 mg/l. Hasil kepadatan tertinggi pada penelitian pendahuluan adalah pada dosis 3 mg/l sebesar $282,5 \times 10^4$ sel/ml. Denah gambar penelitian pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah Percobaan

Keterangan : K, A, B, C, D : Perlakuan
1,2,3 : Ulangan

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Penelitian

Sebelum pelaksanaan penelitian maka perlu dilakukan penelitian pendahuluan agar lebih terlatih dalam melakukan penelitian inti. Adapun persiapan penelitian yaitu :

a) Sterilisasi Alat dan Media Kultur

Sterilisasi bertujuan untuk menghilangkan bakteri patogen atau bakteri kontaminan pada peralatan yang akan digunakan, agar kultur dan pertumbuhan *C. calcitrans* tidak terhambat. Langkah-langkah untuk sterilisasi alat yaitu :

1. Pencucian Peralatan

Peralatan yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu dengan air sabun kemudian dibilas dengan air bersih sampai tidak ada kotoran maupun sabun yang menempel. Untuk alat-alat yang ukurannya cukup besar seperti toples 2,5 L direndam menggunakan larutan kaporit 100% sebanyak 20 ppm selama 24 jam kemudian dinetralsir menggunakan Na-thiosulfat 10 ppm selama 24 jam. Air dibuang dan ditiriskan diatas meja.

Peralatan yang berukuran kecil seperti gelas ukur, pipet tetes, botol sampel kaca, erlenmeyer dicuci menggunakan sabun dan air tawar lalu ditiriskan hingga kering. Kemudian dibungkus kertas koran, ditali menggunakan benang nilon dan di oven menggunakan oven redline dengan suhu 105°C selama 2 jam.

Sterilisasi air laut menggunakan kaporit 100% dengan dosis 20 ppm/L dan diaerasi selama 24 jam. Kemudian dinetralsir menggunakan Na-thiosulfat 10 ppm/L dan diaerasi selama 24 jam. Kemudian disimpan dalam bak 60 Liter yang tertutup rapat dan tidak tembus cahaya.

Sterilisasi limbah padat tambak udang vaname dilakukan dengan cara mengeringkan limbah dengan cahaya matahari. Setelah kering dioven menggunakan oven memmert selama 48 jam dan disimpan dalam toples plastik 5 L dan tertutup rapat.

b) Penyiapan Air sebagai Media Pemeliharaan

Air yang digunakan sebagai media pemeliharaan adalah air laut yang sudah disterilisasi dan diukur salinitasnya disesuaikan dengan kadar yang diinginkan untuk media kultur. Untuk mendapatkan salinitas yang diinginkan maka dilakukan pengenceran yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan : V_1 = Volume air tawar dan air laut yang diketahui

N_1 = Salinitas air laut dan air tawar yang diketahui

V_2 = Volume air media yang diinginkan

N_2 = Salinitas air media yang diinginkan

Contoh Perhitungan Pengenceran Air Laut :

Diketahui : V_2 (Volume air media yang diinginkan) = 30 Liter

N_1 (Salinitas air laut yang diketahui) = 35 ppt

N_2 (Salinitas air media yang diinginkan) = 28 ppt

Ditanyakan : V_1

Jawab : $\frac{V_2 \times N_2}{N_1}$

$$\frac{30 \text{ Liter} \times 28 \text{ ppt}}{35 \text{ ppt} + 0 \text{ ppt}}$$

$$\frac{840}{35}$$

: 24 Liter air Laut

c) Persiapan Limbah Padat Tambak Udang Vaname (*L. vannamei*)

Limbah padat tambak udang vaname yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pertambakan udang vaname di Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Pada penelitian sebelumnya yaitu menurut Tangguda (2015), limbah padat diperoleh dengan cara membuka *central drain* pada bak pembesaran udang vaname selama 15 menit sebelum pemberian pakan. Adanya *central drain* ini berfungsi untuk mengumpulkan limbah di satu tempat yaitu di bagian tengah bak pembesaran udang vaname kemudian disalurkan menuju tempat penampungan limbah. Pada tempat penampungan limbah akan dibedakan antara limbah padat dan cair menggunakan *Multi Cyclone 16*. Dengan menggunakan alat tersebut limbah padat akan terkumpul ketika dibuka tuas pada bagian samping alat dan limbah cair akan disalurkan menuju bak resirkulasi yang terdapat ikan dan rumput laut, kemudian air resirkulasi kembali digunakan untuk pembesaran udang vaname.

Limbah padat yang sudah terkumpul tersebut dioven pada suhu 105°C selama 48 jam hingga membentuk padatan kering. Kemudian disiapkan air laut yang sudah disterilisasi dan ditentukan salinitasnya dengan dosis perendaman 4 gr/L. Kemudian air sebanyak 30 liter dimasukkan ke dalam bak 60 Liter dan ditambahkan limbah padat tambak udang kering sebanyak 120 gr. Selanjutnya bak diberi aerasi kemudian ditutup dan dibiarkan selama 24 jam hingga membentuk endapan. Kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan air laut dan endapannya.

Menurut Tangguda (2015), berikut adalah perhitungan analisis unsur hara makro organik :

a) C Organik

Analisis kadar C organik menggunakan Metode Walkley dan Black (1934), langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis ini adalah :

1. Ditimbang 0,12 gram limbah padat tambak udang.
2. Dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer.
3. Ditambahkan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 10 ml.
4. Ditambahkan H_2SO_4 sebanyak 20 ml.
5. Sampel didiamkan selama 30 menit.
6. Ditambahkan akuades sebanyak 200 ml.
7. Ditambahkan H_3PO_4 sebanyak 10 ml.
8. Ditambahkan indikator difenilamin sebanyak 30 tetes.
9. Sampel dititiasi dengan $FeSO_4$ sampai warna larutan berubah dari hitam menjadi hijau botol.
10. Dihitung jumlah $FeSO_4$ yang digunakan.
11. Kadar karbon organik dapat dihitung dengan rumus :

$$\%C - \text{organik} = \frac{ml_{\text{blanko}} - ml_{\text{sampel}}}{ml_{\text{blanko}} \times 0,5} \times \frac{100 + \% \text{ kadar air}}{100}$$

b) N total

Analisis kadar N total menggunakan Metode Kjeldahl (1883), langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis ini adalah

1. Ditimbang 0,3 gram limbah padat tambak udang.
2. Dimasukkan ke dalam Tabung Kjeldahl.
3. Ditambahkan garam selen sebanyak 1 gram
4. Ditambahkan H_2SO_4 sebanyak 4,95 ml.
5. Sampel dibakar pada suhu $200^{\circ}C$ yang ditandai dengan timbulnya asap putih tipis dan larutan berwarna hijau muda.
6. Sampel didinginkan selama 1 jam
7. Ditambahkan akuades sebanyak 60 ml.
8. Ditambahkan NaOH sebanyak 30 ml.
9. Sampel didestilasi dengan tampungan asam borat sebanyak 20 ml.

10. Sampel dititrasi dengan H_2SO_4
11. Kadar nitrogen total dihitung dengan rumus

$$N = \frac{(Vc - Vb) \times N \times 0,014 \times FK \times 100\%}{\text{gram contoh}}$$

Keterangan :

Vc: volume contoh

Vb: volume blanko

N : normalitas H_2SO_4

FK: faktor koreksi (% kadar air)

c) P total

Analisis kadar P total menggunakan Metode Bray dan Kurtz (1945) dan Olsen *et al.* (1954). Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis kadar P total dalam sampel limbah padat tambak udang adalah

1. Limbah padat tambak udang ditimbang sebanyak 0,3 gram.
2. Dimasukkan ke dalam botol film.
3. Ditambahkan larutan sebanyak 20 ml. Larutan yang digunakan sesuai dengan pH sampel. Apabila pH sampel lebih dari 6,5 maka larutan yang digunakan adalah OLSEN. Apabila pH sampel berkisar antara 6,4-5 maka larutan yang digunakan adalah BRAY 1. Apabila pH sampel kurang dari 5 maka larutan yang digunakan adalah BRAY 2.
4. Sampel dikocok agar homogen. Waktu pengocokan disesuaikan dengan jenis larutan yang digunakan. Apabila yang digunakan adalah larutan OLSEN maka pengocokan dilakukan selama 2 jam. Apabila yang digunakan adalah larutan BRAY 1 atau BRAY 2 maka pengocokan dilakukan selama 5 menit.
5. Sampel disaring agar terpisah antara larutan dengan padatan.
6. Sampel yang telah disaring diambil sebanyak 5 ml dan ditambahkan akuades sebanyak 20 ml.

7. Ditambahkan reagen P sebanyak 8 ml.
8. Ditunggu selama 30 menit
9. Ditambahkan akuades sampai volume total mencapai 50 ml.
10. Sampel diukur dengan spektrofotometer.
11. Kadar fosfat dapat dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{y + 0,0035}{0,457} \times 100 \times \text{FKA}$$

Keterangan :

y : nilai pembacaan pada spektrofotometer

FKA : faktor koreksi (%kadar air)

c) Penyiapan Stok Bibit *C. calcitrans*

Air laut yang sudah disterilisasi dimasukkan ke dalam toples kultur sebanyak 2 liter dan diberi aerasi. Kemudian dimasukkan silikat sesuai dengan dosis perlakuan dan bibit *C. calcitrans* dengan kepadatan awal 1×10^5 sel/ml. Aerasi terus diberikan selama masa kultur pemeliharaan. Menurut Ekawati (2005), perhitungan jumlah bibit yang diperlukan untuk kultur dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V1 = \frac{N2 \times V2}{N1}$$

Keterangan :

V1 : Volume bibit untuk penebaran awal (ml)

N1 : Kepadatan bibit / stock *C. calcitrans* (sel/ml)

V2 : Volume media kultur yang dikehendaki (ml)

N2 : Kepadatan *C. calcitrans* yang dikehendaki (sel/ml)

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan menyiapkan air laut yang sudah disterilisasi menggunakan kaporit 20 ppm/L sebanyak 15 perlakuan dengan

volume air media masing-masing perlakuan 2 Liter dan salinitas 28 ppt. Kemudian dimasukkan limbah padat tambak udang vaname sebanyak 4 g/L diaerasi selama 24 jam dan disaring menggunakan kertas saring Whatman no 42. Kemudian ditambahkan silikat sesuai dengan dosis perlakuan. Setelah itu dimasukkan stok bibit *C. calcitrans* yang sudah diketahui kepadatannya sebanyak 1×10^5 sel/ml. Pemanenan dilakukan pada fase eksponensial dengan menggunakan metode filtrasi atau penyaringan dengan kertas saring Whatman no 42 ukuran 2 mm.

Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap hari selama masa pemeliharaan. Pengukuran biomassa *C. calcitrans* dilakukan pada fase eksponensial. Pengamatan parameter kualitas air dilakukan setiap hari yaitu pagi pada pukul 06.00 WIB dan siang pukul 14.00 WIB meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut. Pengukuran salinitas, nitrat dan fosfat dilakukan pada fase awal, fase eksponensial dan fase kematian.

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 Parameter Utama

a) Pertumbuhan *C. calcitrans*

Pengamatan pertumbuhan *C. calcitrans* (sel/ml) dilakukan setiap hari. Perhitungan pertumbuhan menggunakan haemocytometer dan untuk mengamati menggunakan mikroskop serta handtally counter untuk mempermudah dalam perhitungan sel. Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk membuat kurva pertumbuhan *C. calcitrans* dengan sumbu X adalah waktu pemeliharaan dan sumbu Y adalah pertumbuhan. Perhitungan sel mikroalga dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Jumlah } \frac{\text{sel}}{\text{ml}} = \frac{\text{jumlah sel dalam 4 kotak}}{\text{jumlah blok (=4)}} \times 10.000$$

b) Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh dua faktor yaitu nutrisi dan faktor lingkungan seperti suhu, pH, salinitas dan oksigen terlarut. Laju pertumbuhan ditandai dengan bertambahnya sel mikroalga. Lama waktu adaptasi dihitung pada waktu penanaman inokulan atau kepadatan awal. Berikut adalah perhitungan laju pertumbuhan spesifik menurut Fogg (1965) dalam Chilmawati dan Suminto (2010), dimana :

$$k = \frac{\text{Log}W_t - \text{Log}W_0}{\Delta t}$$

Keterangan : k = konstanta pertumbuhan spesifik

W_t = jumlah populasi pada hari ke t

W_0 = jumlah populasi pada hari ke 0

Δt = waktu dari 0-t (hari)

c) Biomassa *C. calcitrans*

Perhitungan biomassa *C. calcitrans* dilakukan pada fase eksponensial. Kertas saring dioven menggunakan oven redline dengan suhu 105°C selama 1 jam kemudian didesikator selama 15 menit kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital sebagai berat basah. Hasil panen diambil 50 ml untuk perhitungan biomassa. Kemudian divacuum pump dan disaring menggunakan kertas saring Whatman 2 μm. Setelah itu dioven menggunakan oven redline 105°C selama 1 jam dan didesikator selama 15 menit kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital sebagai berat kering. Berat sebelum dikeringkan dan sesudah dikeringkan menggunakan oven dicatat. Menurut Setyaningsih *et al.* (2008), rumus perhitungan yield atau berat biomassa kering adalah sebagai berikut :

$$\text{Biomassa kering} = \frac{\text{berat biomassa kering (gram)}}{\text{volume panen (L)}}$$

3.5.2 Parameter Penunjang

Kualitas air dalam kultur *C. calcitrans* adalah hal yang sangat diperhatikan karena merupakan media tempat hidup untuk pertumbuhannya. Apabila kualitas airnya buruk, maka akan menyebabkan kematian pada mikroalga yang dikultur.

Kualitas air yang diukur dan diamati pada penelitian ini adalah

a) Suhu

Selama masa pemeliharaan suhu diukur sebanyak 2 kali sehari yaitu pada pagi pukul 06.00 WIB dan siang pada pukul 14.00 WIB. Pengukuran suhu menggunakan termometer. Langkah untuk mengukur suhu yaitu termometer dimasukkan ke dalam toples kaca kultur *C. calcitrans*, ditunggu 1 hingga 2 menit. Kemudian diamati hasil yang ditunjuk oleh termometer dengan satuan °C dicatat hasilnya.

b) pH

Pengukuran pH pada pemeliharaan *C. calcitrans* dilakukan sebanyak 2 kali dalam sehari yaitu pada pagi pukul 06.00 WIB dan siang pukul 14.00 WIB. Pengukuran pH menggunakan pH meter. Prosedur untuk pengukuran pH yaitu pH meter dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan aquades. Kemudian ditekan tombol on dan ditunggu hingga muncul angka pada layar. Lalu dimasukkan alat pendeteksi pH pada toples kaca pemeliharaan ditunggu hingga angka pada layar berhenti. Setelah didapatkan hasil pH kemudian pH meter dikalibrasi dengan aquadest agar steril kembali.

c) Salinitas

Pengukuran salinitas hanya dilakukan pada awal, tengah (eksponensial) dan akhir penelitian menggunakan refraktrometer. Salinitas awal yang digunakan

adalah 28 ppt. Pengukuran salinitas ini bertujuan untuk memastikan bahwa salinitas selama pemeliharaan masih dalam batas toleransi untuk pertumbuhan *C. calcitrans*. Prosedur penggunaan refraktrometer yaitu terlebih dahulu kaca refraktrometer dikalibrasi menggunakan aquadest dan dibersihkan dengan tisu. Setelah itu diambil air sampel pemeliharaan dan diteteskan pada kaca refraktrometer kemudian ditutup dengan penutup kaca dengan kemiringan 45° dan dipastikan tidak ada gelembung udara. Dilihat dengan cara diarahkan ke cahaya matahari kemudian akan muncul angka dengan satuan ppt. Setelah itu refraktrometer dikalibrasi kembali dengan aquadest agar steril kembali.

d) Oksigen Terlarut

Pada penelitian ini pengukuran oksigen terlarut dilakukan setiap hari dengan menggunakan DO meter. Prosedur penggunaan DO meter yaitu alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan aquadest. Selanjutnya ujung probe dicelupkan pada air media lalu ditekan tombol on dan ditunggu hingga muncul angka dan terdapat tulisan ready pada layar DO meter. Sesudah didapatkan hasil alat dimatikan dan disterilkan kembali yaitu tekan off, kemudian probe disterilkan dengan aquadest.

e) Nitrat

Pengukuran nitrat (NO_3^-) menggunakan spektrofotometer. Adapun prosedur pengukuran yaitu dengan cara menyaring sampel air sebanyak 12,5 mL. Air sampel dimasukkan ke dalam hot plate yang dipanaskan pada suhu 300°C hingga berkerak lalu dimasukkan ke dalam ruang asam untuk ditambahkan asam fenol 7 tetes dan dikerik. Kemudian ditambahkan sedikit akuades dan diteteskan NH_4OH 7 mL atau hingga larutan berwarna kuning. Jika hingga 7 mL tidak berubah warna menjadi kuning pemberian dihentikan, lalu ditambahkan akuades hingga volume mencapai 12,5 mL. Diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm dan dicatat absorbansinya.

f) Fosfat

Pengukuran fosfat menggunakan spektrofotometer. Adapun prosedur pengukuran yaitu dengan cara menyaring sampel air sebanyak 25 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 2 ml amonium molybdate dan dihomogenkan. Setelah itu ditambah larutan SnCl_2 5 tetes dan dihomogenkan. Kemudian diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 816,5 nm dan dicatat absorbansinya.

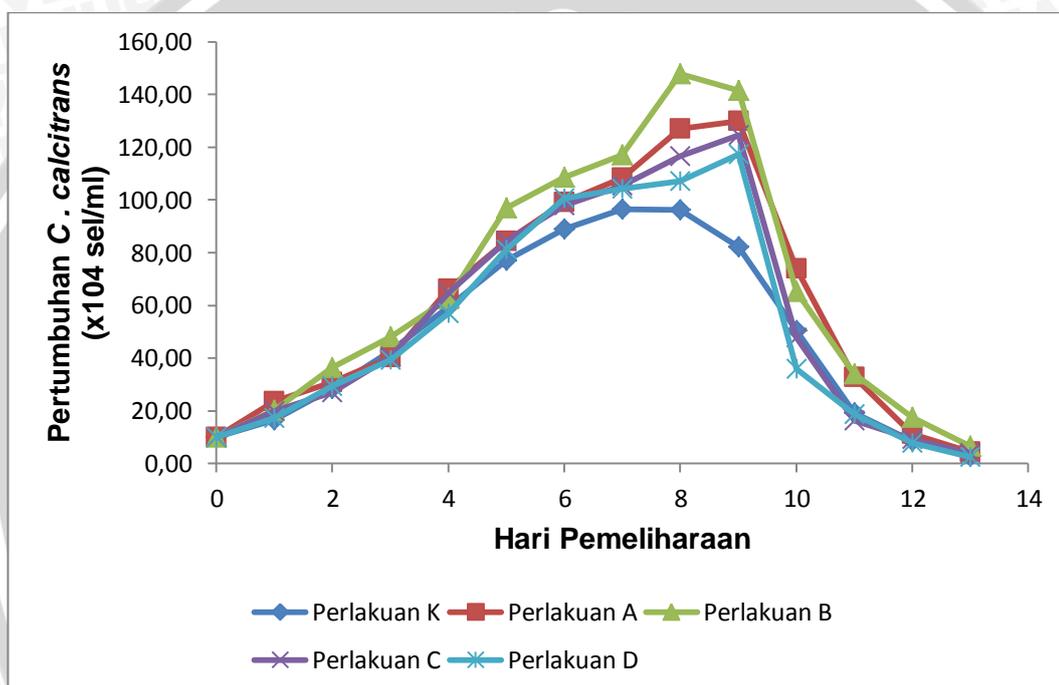
3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL). Apabila dari data sidik ragam diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau berbeda sangat nyata (*highly significant*) (F hitung $>$ F tabel) maka untuk membandingkan nilai antar perlakuan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Dari uji ini dilanjutkan dengan analisis polinomial ortogonal untuk mengetahui uji respon.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pertumbuhan *C. calcitrans*

Hasil penelitian rata-rata pertumbuhan *C. calcitrans* menunjukkan bahwa penambahan dosis silikat yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhannya. Adapun hasil dapat dilihat pada Gambar 3 dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Harian *Chaetoceros calcitrans* ($\times 10^4$) (sel/ml) pada Masing-Masing Perlakuan selama Penelitian

Keterangan :

- A : perlakuan dengan pemberian dosis silikat sebanyak 1,5 mg/L
- B : perlakuan dengan pemberian dosis silikat sebanyak 3 mg/L
- C : perlakuan dengan pemberian dosis silikat sebanyak 4,5 mg/L
- D : perlakuan dengan pemberian dosis silikat sebanyak 6 mg/L
- K : perlakuan dengan tanpa pemberian silikat

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa *C. calcitrans* menunjukkan peningkatan pertumbuhan sel yang berbeda pada setiap perlakuan. Pada

penelitian ini *C. calcitrans* mengalami 4 fase perkembangan kultur fitoplankton yaitu fase adaptasi, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Fase adaptasi pada setiap perlakuan sama yaitu pada hari ke 0 atau pada saat pemasukan inokulan, selanjutnya masing-masing perlakuan menuju fase eksponensial dengan kepadatan yang berbeda-beda. Fase eksponensial yaitu pertumbuhan mikroalga yang sangat cepat, fase dimana dihasilkan pigmen terbanyak. Pertumbuhan *Chaetoceros sp.* selain dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan pada media pertumbuhan (Indarmawan *et al.*, 2012).

Hasil pengamatan rata-rata pertumbuhan *C. calcitrans* pada Gambar 3 menunjukkan setiap perlakuan dan ulangan mengalami puncak dan pertumbuhan sel yang berbeda. Perlakuan K tanpa pemberian silikat mengalami fase puncak pada hari ke 7 sebesar $96,42 \times 10^4$ sel/ml dan perlakuan B dengan dosis 3 mg/L mengalami puncak pada hari ke 8 yaitu $147,75 \times 10^4$ sel/ml. Perlakuan A, C dan D dengan masing-masing dosis 1.5 mg/l, 4,5 mg/l dan 6 mg/l mengalami puncak pada hari ke 9 sebesar 130×10^4 sel/ml, $124,5 \times 10^4$ sel/ml dan $117,33 \times 10^4$ sel/ml. Menurut Chilmawati dan Suminto (2010), dalam kondisi media yang optimum, organisme mampu beradaptasi dengan cepat sehingga pertumbuhan populasi juga terjadi dengan cepat. Pencapaian pertumbuhan populasi yang tinggi didukung oleh pakan yang mengandung nutrisi yang optimal untuk pertumbuhannya.

Pertumbuhan *C. calcitrans* perlakuan B yaitu pemberian dosis silikat 3 mg/l mengalami fase eksponensial pada hari ke 8 dengan kepadatan tertinggi yaitu $147,75 \times 10^4$ sel/ml. Nutrisi N, P dan Si pada perlakuan B dapat memenuhi kebutuhan *C. calcitrans* dan dimanfaatkan untuk tumbuh sehingga selnya bertambah. Unsur yang paling dibutuhkan *C. calcitrans* adalah N, P dan Si. Kebutuhan optimum N (14mg/L), P (2,4 mg/L) dan Si (3,2 mg/L) oleh karena itu

kandungan nutrisi pada perlakuan B dapat memenuhi kebutuhan *C. calcitrans* (Indarmawan *et al.*, 2012).

Fase berikutnya adalah fase stasioner yang ditandai dengan menurunnya jumlah sel *C. calcitrans*. Fase stasioner antar perlakuan berbeda-beda. Pada perlakuan K pada hari ke 8, perlakuan B pada hari ke 9, perlakuan A, C dan D pada hari ke 10. Menurut Yarti *et al.* (2014), perubahan kandungan nitrogen pada media kultur mengakibatkan perubahan kepadatan. Ketersediaan nutrisi mempengaruhi pertumbuhan *C. calcitrans*, karena nitrogen merupakan sumber makro nutrisi bagi pertumbuhannya.

Fase kematian pada masing-masing perlakuan terjadi pada akhir periode pengamatan yaitu pada hari ke 13. Jumlah populasi berkurang karena ketersediaan nutrisi dalam media juga berkurang sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan *C. calcitrans* untuk tumbuh. Fase kematian ditandai dengan menurunnya kepadatan sel yang disebabkan karena berkurangnya makronutrien sebagai faktor pembatas karena telah dimanfaatkan pada fase adaptasi sampai eksponensial, dan berkurangnya proses fotosintesis akibat bertambahnya jumlah sel sehingga tidak semua media mendapatkan cahaya (Indarmawan *et al.*, 2012).

Adapun hasil pengamatan morfologi *C. calcitrans* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengamatan Morfologi *C. calcitrans* dengan Perbesaran 40x

4.2 Laju Pertumbuhan Spesifik *C. calcitrans*

Data hasil perhitungan laju pertumbuhan spesifik *C. calcitrans* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3, sedangkan hasil uji normalitas dan homogenitas dapat dilihat pada Lampiran 4. Berikut adalah hasil perhitungan rata-rata laju pertumbuhan spesifik *C. calcitrans* Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Laju Pertumbuhan Spesifik *C. calcitrans*

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
K	0,143	0,142	0,124	0,409	0,136 ± 0,011
A	0,13	0,126	0,142	0,398	0,133 ± 0,008
B	0,136	0,12	0,16	0,416	0,139 ± 0,020
C	0,124	0,119	0,122	0,365	0,122 ± 0,003
D	0,117	0,12	0,119	0,356	0,119 ± 0,002
Total	0,65	0,627	0,667	1,944	

Dari data rata-rata laju pertumbuhan spesifik *C. calcitrans* pada Tabel 1 di atas, dilanjutkan dengan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan spesifik *C. calcitrans* (Tabel 2). Adapun hasil uji sidik ragam laju pertumbuhan spesifik dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 2. Analisis Keragaman Laju Pertumbuhan Spesifik *C. calcitrans*

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Fhit	F 5%	F1%
Perlakuan	4	0,001	0,00024	2,118 ^{ns}	3,48	5,99
Acak	10	0,001	0,00011			
Total	14					

Keterangan : ^{ns} : Tidak Berbeda Nyata

Dari hasil perhitungan analisis keragaman pada Tabel 2 didapatkan hasil F hitung (2,118) < F tabel 1% (5,99) < F tabel 5% (3,48) maka disimpulkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata (ns) terhadap laju pertumbuhan spesifik *C. calcitrans* sehingga tidak dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kebutuhan silikat pada setiap perlakuan pada kisaran optimal. Hal ini dibuktikan pada perlakuan penambahan silikat ataupun tanpa penambahan silikat sudah dapat memenuhi kebutuhan *C. calcitrans* untuk pertumbuhan. Hal ini diduga pada limbah padat tambak udang vaname mengandung unsur silika yang dapat dimanfaatkan *C. calcitrans* untuk pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan pendapat Djajadi (2013), bahwa di dalam tanah unsur Si terdapat dalam jumlah yang besar yaitu mencapai 28,8% dari berat tanah dan terbanyak kedua setelah unsur N. Unsur ini merupakan unsur utama dari bahan induk tanah, sehingga Si dapat ditemukan di hampir semua jenis tanah. Silika pada diatom digunakan untuk pembentukan dinding sel yang berfungsi sebagai ketahanan terhadap lingkungan. Menurut Indarmawan *et al.* (2012), diatom tidak bisa bertahan hidup dengan pasokan Si yang kurang karena silikat tidak hanya diperlukan dalam pembentukan dinding sel, tetapi juga diperlukan dalam sintesis asam deoksiribonukleat.

Menurut Hasrun *et al.* (2013), pertumbuhan diatom sangat ditentukan oleh nutrien dan cahaya. Nutrien yang penting bagi pertumbuhannya adalah nitrat, fosfat dan silikat. Selain itu faktor lingkungan seperti suhu, pH, oksigen terlarut dan salinitas juga berpengaruh terhadap pertumbuhannya. Menurut Indarmawan *et al.* (2012), suhu secara langsung mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan faktor yang menentukan dalam pertumbuhan mikroalga. Suhu air optimal untuk pertumbuhan *Chaetoceros sp.* berkisar antara 25-30⁰C. Berdasarkan hasil pengamatan suhu berkisar antara 27-28⁰C (Lampiran 9). Artinya nilai suhu pada kultur *C. calcitrans* pada kisaran optimal. Sedangkan pH pada kultur *C. calcitrans* berkisar antara 7-8 (Lampiran 10). Nilai pH pada tersebut dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan *C. calcitrans*. Hal ini sesuai dengan pendapat Indarmawan *et al.* (2012), bahwa pertumbuhan maksimum *Chaetoceros sp.* akan naik pada rentang pH 7,9-8,5.

4.3 Biomassa *C. calcitrans*

Dari hasil rata-rata biomassa *C. calcitrans* selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan untuk perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 3. Rata-Rata Biomassa *C. calcitrans* (gr/L)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
K	0,82	0,83	0,76	2,40	0,80 ± 0,038
A	1,02	1,01	1,01	3,04	1,01 ± 0,006
B	1,15	1,13	1,42	3,70	1,23 ± 0,162
C	1,07	0,97	0,96	3,01	1,00 ± 0,061
D	0,96	0,87	0,95	2,78	0,93 ± 0,049
Total	5,02	4,81	5,10	14,93	

Dari hasil perhitungan rata-rata biomassa *C. calcitrans* (Tabel 3) dapat diketahui bahwa hasil biomassa pada setiap perlakuan berbeda, namun jarak kisaran tidak terlalu jauh. Kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan normalitas biomassa kering *C. calcitrans*. Adapun hasil uji homogenitas dan normalitas biomassa kering dapat dilihat pada Lampiran 7. Kemudian dilanjutkan uji sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap biomassa *C. calcitrans* (Tabel 5), sedangkan data lengkap dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 4. Sidik Ragam Biomassa *C. calcitrans*

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Fhit	F 5%	F1%
Perlakuan	4	0,29	0,072	10,36**	3,48	5,99
Acak	10	0,07	0,007			
Total	14	0,36				

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata

Berdasarkan hasil perhitungan sidik ragam pada Tabel 4 dan Lampiran 8 menunjukkan bahwa pemberian dosis silikat yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap biomassa *C. calcitrans* dimana $F_{5\%} < F_{1\%} < F_{hitung}$. Untuk mengetahui perbedaan masing-masing perlakuan maka

dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dapat dilihat pada Tabel 5 dan Lampiran 8.

Tabel 5. Hasil Uji BNT Biomassa *C. calcitrans*

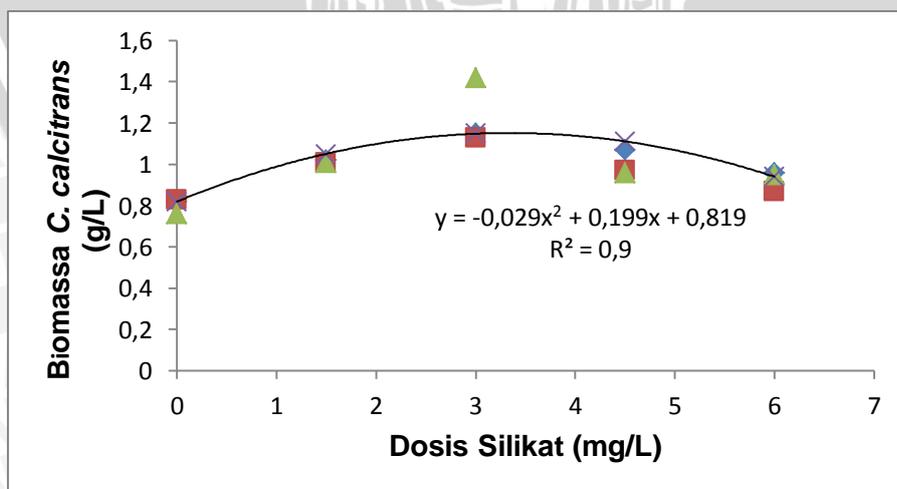
Rata-rata Perlakuan	K (0,8)	D (0,93)	C (1)	A (1,01)	B (1,23)	Notasi
K (0,8)	-	-	-	-	-	a
D (0,93)	0,13 ^{ns}	-	-	-	-	ab
C (1)	0,2*	0,07 ^{ns}	-	-	-	b
A (1,01)	0,21*	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-	-	b
B (1,23)	0,43**	0,3**	0,23**	0,22**	-	c

Keterangan : ns : Tidak berbeda nyata

* : Berbeda nyata

** : Berbeda sangat nyata

Dari hasil uji BNT pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa dosis silikat terbaik adalah perlakuan B dengan dosis 3mg/l. Kemudian perlakuan A dengan dosis 1,5 mg/l, perlakuan C dengan dosis 4,5 mg/l, perlakuan D dengan dosis 6 mg/l dan K tanpa pemberian silikat. Dari hasil uji BNT tersebut dilanjutkan dengan uji polinomial ortogonal untuk mengetahui hubungan antar perlakuan maka didapatkan bentuk grafik uji polinomial ortogonal pada Gambar 5 dan perhitungan lengkap pada Lampiran 8.



Gambar 5. Grafik Hubungan Pemberian Dosis Silikat yang Berbeda terhadap Biomassa *C. calcitrans*

Hubungan antara penambahan dosis silikat terhadap biomassa *C. calcitrans* (gr/L) menunjukkan persamaan kuadrat $y = -0,029x^2 + 0,199x + 0,819$ dengan koefisien determinasi (R^2) = 0,9 dan koefisien korelasi (r) = 0,95 yang artinya variabel bebas (perlakuan) berpengaruh sebesar 90% terhadap variabel terikat (nilai biomassa *C. calcitrans*) sedangkan sisanya 10% dipengaruhi oleh faktor lain seperti suhu, pH, DO, salinitas. Dari hasil persamaan tersebut didapatkan nilai perlakuan optimal pada dosis 3,3 mg/l dengan berat rata-rata biomassa 1,15 gr/L (Lampiran 6). Menurut Indarmawan *et al.* (2012), pada diatom silikat tidak hanya berperan sebagai pembentuk dinding sel tetapi juga diperlukan untuk sintesis asam deoksiribonukleat. Namun, apabila pasokan silikat berlebih akan menghambat pertumbuhannya sehingga tidak optimal.

Nutrient yang dimanfaatkan dengan baik oleh fitoplankton akan menghasilkan ukuran sel yang lebih besar. Silikat merupakan unsur penting dalam pembentukan dinding sel dan cangkang bagi kelompok diatom. Pada diatom dinding sel berfungsi sebagai ketahanan terhadap lingkungan. Semakin optimal pemberian silikat semakin baik untuk pembentukan dinding selnya (Jati *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil pengamatan N dan P mengalami penurunan pada fase eksponensial kandungan N (0,08 mg/L) dan P (0,65 mg/L), sedangkan pada fase kematian kandungan N (0,05 mg/L) dan P (0,34 mg/L) (Lampiran 13). Menurut Agung *et al.* (2014), persediaan nitrat di dalam air menjadi berkurang dengan semakin meningkatnya pertumbuhan fitoplankton. Namun, nitrat dalam air tidak akan habis walaupun digunakan oleh mikroalga untuk pertumbuhannya, karena mikroalga yang sudah mati akan terdekomposisi menjadi bahan anorganik salah satunya yaitu nitrat. Menurut Fahrur *et al.* (2011), di perairan unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut. Kadar fosfor total di perairan jarang melebihi 1 mg/L.

4.4 Parameter Kualitas Air Media Kultur *C. calcitrans*

Hasil pengukuran kualitas air selama pengamatan berperan sebagai media hidup *C. calcitrans*. Kualitas air yang diukur selama pemeliharaan antara lain : suhu, pH, DO, salinitas, fosfat dan nitrat.

4.4.1 Suhu

Dari hasil pengukuran suhu pada pagi dan siang hari diperoleh kisaran antara 27 – 29°C. Data hasil pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 9. Dari hasil pengamatan suhu selama pemeliharaan menunjukkan fluktuasi suhu masih dalam batas toleransi *C. calcitrans* untuk pertumbuhan. *Chaetoceros sp.* toleran terhadap suhu air yang tinggi. Fitoplankton ini tumbuh optimal pada kisaran suhu 25-30°C dan masih tumbuh pada suhu 37°C. Pada suhu 40°C masih dapat bertahan hidup namun tidak tumbuh atau berkembang (Puspitasari, 2011).

Menurut Fahrur (2011), perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, biologi badan air. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu bagi pertumbuhannya. Pada filum Chlorophyta dan diatom akan tumbuh baik pada kisaran suhu 30-35°C. Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan mikroalga. Apabila suhu semakin tinggi, maka aktivitas metabolisme dari mikroalga juga akan meningkat.

4.4.2 Derajat Keasaman (pH)

Data hasil pengukuran pH selama pemeliharaan dapat dilihat pada Lampiran 10. Hasil pengukuran pH pada pagi dan siang hari tiap perlakuan berkisar antara 7-8. Kisaran pH tersebut masih dalam kisaran normal untuk pertumbuhan *C. calcitrans*. Menurut Fahrur *et al.* (2011), sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan nilai pH optimalnya sekitar 7-8,5. Perairan dengan nilai pH rendah adalah perairan asam yang dapat menyebabkan kematian makhluk hidup sedangkan pH basa atau lebih dari 9 juga menyebabkan kematian sehingga menurunkan produktivitas.

Derajat keasaman suatu perairan merupakan salah satu parameter yang penting dalam pemeliharaan *C. calcitrans*. Jika pH tidak sesuai dengan habitatnya terlalu basa atau terlalu asam maka akan mengganggu pertumbuhannya dan tidak akan berlangsung dengan normal. Pada umumnya air laut memiliki nilai pH lebih besar dari 7 yang cenderung bersifat basa (Simanjuntak, 2009).

4.4.3 Oksigen Terlarut (DO)

Hasil pengukuran DO selama pemeliharaan menunjukkan bahwa DO berkisar antara 2-3 mg/L. Adapun data pengamatan DO selama pemeliharaan dapat dilihat pada Lampiran 11. Kelarutan oksigen 2 ppm sudah cukup mendukung kehidupan biota akuatik selama air media tidak mengandung bahan toksik. Nilai DO yang rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan *C. calcitrans* yang dapat menyebabkan kematian (Jati *et al.*, 2012).

Plankton memiliki peran terhadap oksigen terlarut. Pada malam hari oksigen cenderung turun karena digunakan untuk respirasi dan bertambahnya oksigen terlarut karena terjadinya proses fotosintesis pada siang hari. Jika tingkat kekeruhan pada suatu media tinggi maka kandungan oksigen terlarutnya rendah (Simanjuntak, 2009).

4.4.4 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan. Menurut Jati *et al.* (2012), nilai salinitas 25 – 30 ppt dapat menjadi media hidup *Chaetoceros sp.* Umumnya salinitas air laut berkisar antara 25-35 ppt. Apabila nilai salinitas kurang dari 25 atau lebih dari 35 maka fitoplankton hanya akan dapat tumbuh namun tidak berkembang. Dari hasil pengukuran selama pemeliharaan *C. calcitrans* nilai salinitas berkisar antara 28-30 ppt. Kisaran tersebut dalam nilai optimal untuk pertumbuhan *C. calcitrans*. Adapun data hasil pengukuran salinitas selama pemeliharaan dapat dilihat pada Lampiran 12.

4.4.5 Nitrat

Data hasil pengukuran Nitrat (NO_3^-) selama pemeliharaan dapat dilihat pada Lampiran 13. Hasil pengukuran nitrat pada masing-masing perlakuan berkisar antara 1,14 – 0,05. Berdasarkan pengamatan tersebut nilai nitrat selama periode kultur mengalami penurunan. Hal ini menandakan bahwa nitrat yang terdapat pada media dimanfaatkan oleh *C. calcitrans* ditandai dengan meningkatkan kelimpahan dan laju pertumbuhannya.

Menurut Indarmawan *et al.* (2012), nutrisi utama yang dibutuhkan fitoplakton untuk pertumbuhannya adalah nitrogen dalam bentuk nitrat. Kebutuhan optimum nutrisi bagi *Chaetoceros sp.*, yaitu N (14 mg/L). Pada pemeliharaan *C. calcitrans* nilai nitrat masih pada kondisi optimum. Kandungan nitrat yang berlebih dan kurang dapat menghambat pertumbuhan sel alga.

4.4.6 Fosfat

Hasil pengamatan fosfat (PO_4) berkisar antara 0,33 – 0,034 mg/L. Data hasil pengukuran selama pemeliharaan dapat dilihat pada lampiran 13. Kandungan fosfat selama periode pemeliharaan semakin menurun yang menandakan bahwa *C. calcitrans* memanfaatkan fosfat yang terdapat pada media untuk pertumbuhannya. Fosfat diperlukan *C. calcitrans* untuk memenuhi nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhannya.

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut. Fosfor merupakan hara mineral yang sangat penting dalam pertumbuhan fitoplankton (Fahrur *et al.*, 2011). Menurut Indarmawan *et al.* (2012), kebutuhan optimum Fosfat bagi *Chaetoceros sp.* yaitu 2,4 mg/L. Nilai fosfat pada pemeliharaan *C. calcitrans* masih dalam kisaran optimal bagi pertumbuhannya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh penambahan silikat pada pupuk cair limbah padat udang vaname (*L. vannamei*) untuk pertumbuhan *C. calcitrans* dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Penambahan silikat dengan dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan *C. calcitrans*, namun memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap biomassa *C. calcitrans*.
- Berdasarkan hasil penelitian didapatkan dosis silikat yang paling baik untuk pertumbuhan *C. calcitrans* sebesar 3 mg/L dengan laju pertumbuhan dan biomassa masing-masing sebesar 0,139 dan 1,23 gr/L.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan untuk budidaya *C. calcitrans* menggunakan pupuk cair limbah padat tambak udang vaname (*L. vannamei*) dengan dosis silikat 3,3 mg/L. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis nilai gizi *C. calcitrans* sehingga dapat diterapkan sebagai pakan alami larva maupun udang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M.M dan L, Sembiring. 2009. Deteksi, karakterisasi, dan identifikasi mikroalga kontaminan pada polimer emulsi berbasis Polivinil Asetat (PVA). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Fakultas Biologi. Universitas Gadjah Mada. 130-136 hlm.
- Abdurrachman, O., M, Mutiara dan L, Buchori, 2013. Pengikatan karbon dioksida dengan mikroalga (*Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp.*, *Spirulina sp.*) dalam upaya untuk meningkatkan kemurnian biogas. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. **2** (4) : 212-216
- Agung, G,I., M, Lutfi dan W,A. Nugroho. 2014. Pengaruh penambahan cahaya di malam hari terhadap pertumbuhan *Chlorella sp.* pada instalasi pengolahan limbah cair industri tahu tipe *Recirculate Raceway Pond*. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. **2** (3) : 287-296
- Amini, S dan Sugiyono. 2011. Kandungan minyak mikroalga jenis *Tetraselmis sp.* dan *Chlorella sp.* berdasarkan umur pertumbuhannya. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. Jakarta. 1133-1138 hlm.
- Arif, D. 2014. Diktat Teknologi Pangan Ikan Semester 1 TBP, Kementrian Kelautan dan Perikanan. Sekolah Usaha Perikanan Menengah Negeri Waiheru Ambon. 30 hlm
- Bold, H,L and M.J, Wynne. 1985. Introduction to the Algae. Prentice-Hall Englewood Cliffs : New Jersey. 720 page
- Chilmawati, D dan Suminto. 2010. Penggunaan media kultur yang berbeda terhadap pertumbuhan *Chlorella sp.* *Jurnal Saintek Perikanan*. **6** (1) : 71-78
- Djajadi, 2013. Silika (Si) : unsur hara penting dan menguntungkan bagi tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Jurnal Prespektif*. **12** (1) : 47-55
- Ekawati, A.W. 2005. Budidaya Makanan Alami. UB press. Malang. 97 hlm.
- Endrawati, H dan I. Riniatsih. 2013. Kadar total lipid mikroalga *Nannochloopsis oculata* yang dikultur dengan suhu yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*. **2** : 25-33
- Fahrur, M., Makmur dan Rachmansyah. 2011. Hubungan antara kualitas air dan plankton di tambak kabupaten Berau, provinsi Kalimantan Selatan. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau Maros. Sulawesi Selatan. 969- 978 hlm.
- Garno, Y.S. 2004. Pengembangan budidaya udang dan potensi pencemarannya pada perairan pesisir. *Jurnal Teknik Lingkungan*. **5** (3) : 187-192

- Hasrun, L.O., M.Kasim dan Salwiyah. 2013. Studi biodiversitas diatom bentik pada areal mangrove di perairan kecamatan Kolono kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. **2** (6) :35-47
- Hermanto, M.B., Sumardi., L.C.Hawa dan S.M.Fiqtinovri. 2011. Perancangan bioreaktor untuk pembudidayaan mikroalga. *Jurnal Teknologi Pertanian*. **12** (3) : 153-162
- Indarmawan, T., A.S. Mubarak dan G.Mahasari. 2012. Pengaruh konsentrasi pupuk *Azolla pinnata* terhadap populasi *Chaetoceros* sp. *Journal of Marine and Coastal Science*. **1**(1) : 61 – 70.
- Jaedun, A. 2011. Metodologi Penelitian Eksperimen. Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah. Fakultas Teknik. Yogyakarta.12 hlm.
- Jati, F., J. Hutabarat dan V.E. Herawati. 2012. Pengaruh penggunaan dua jenis media kultur teknis yang berbeda terhadap pola pertumbuhan, kandungan protein dan asam lemak omega 3 EPA (*Chaetoceros gracilis*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. **1**(1) : 221 – 235
- Mahmud, S., Aunurrohim dan I.T.D. Tjahyaningrum. 2012. Struktur komunitas fitoplankton pada tambak dengan pupuk dan tambak tanpa pupuk di kelurahan Wonorejo Surabaya Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. **1** : 10-15
- Panggabean, L., Sutomo., D.R.Noerdjito dan Afdal. 2010. Mikroalga Laut Sebagai Produsen Biodiesel. Laporan Akhir Program Intensif Peneliti dan Perekayasa LIPI. 23 hlm
- Panjaitan, A.S., W. Hadie dan S. Harijati. 2014. Pemeliharaan larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) dengan pemberian jenis fitoplankton yang berbeda. *Jurnal Manajemen Perikanan dan Kelautan*. **1**(1) : 1-12.
- Prahitama, A. 2013. Estimasi kandungan DO (Dissolved Oxygen) di kali Surabaya dengan metode kriging. *Jurnal Statistika*. **1** (2) : 9-14
- Puspitasari, R. 2011. Uji toksisitas sedimen pesisir Cirebon terhadap pertumbuhan diatom planktonic *Chaetoceros gracilis*. *Jurnal Segara*. **7** (1) : 1-12
- Rizky, Y.A., I.Raya dan S.Dali. 2012. Penentuan laju pertumbuhan sel fitoplankton *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina*, dan *Porphyridium cruentum*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Hasanudin Makasar.1-7 hlm.
- Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Jurnal Oseana*. **30** (3) : 21-26
- Sediadi, A. 1988. Majalah Semi Populer Lonawarta. Balai Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut. Ambon. 83 – 90 hlm.

- Setyaningsih, I., L. Hardjito dan D.R. Monintja. 2008. Ekstraksi senyawa antibakteri dari diatom *Chaetoceros gracilis* dengan berbagai metode. *Jurnal Biologi Indonesia*. **5** (1) : 23-33
- Setyaningsih, I., Desniar dan E.Purnamasari. 2012. Antimikroba dari *Chaetoceros gracilis* yang dikultivasi dengan lama penyinaran berbeda. *Jurnal Akuatika*. **3** (2) : 180-189
- Simanjuntak, M. 2009. Hubungan faktor lingkungan kimia, fisika terhadap distribusi plankton di perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan*. **11** (1) : 31-45
- Suantika, G., P.Adityawati., D.I.Astuti dan Y.Sofyan. 2009. Pengaruh kepadatan awal inokulum terhadap kualitas kultur *Chaetoceros gracilis* (Schutt) pada sistem batch. *Jurnal Matematika dan Sains*. **14** (1) : 1-8
- Suhaemi, Z. 2011. Metode Penelitian dan Rancangan Percobaan. Diktat. Fakultas Pertanian. Universitas Tamansiswa Padang. 68 hlm.
- Sutomo., R.Komala., E.T.Wahyuni dan M.G.L.Panggabean. 2007. Pengaruh jenis pakan yang berbeda terhadap pertumbuhan populasi *Rotifer*, *Brachionus rotundiformis*. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi Indonesia*. **33** (1) : 159-176
- Widianingsih., R.Hartati., H.Endrawati., E.Yudiati dan V.R.Iriani. 2011. Pengaruh pengurangan konsentrasi nutrient fosfat dan nitrat terhadap kandungan lipid total *Nannochloropsis oculata*. **16** (1) : 24-29
- Tangguda, S. 2015. Pemanfaatan limbah padat tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dalam kultur murni *Chlorella* sp. Tesis. Universitas Brawijaya. Malang. 84 hlm.
- Yarti, N., M.Muhaemin dan S.Hudaidah. 2014. Pengaruh salinitas dan nitrogen terhadap kandungan protein total *Nannochloropsis* sp.. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. **2** (2) : 273-278

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat dan Bahan Penelitian



Toples kaca 2,5 Liter



Refraktrometer



pH meter



Haemocytometer



Handtally counter



Mikroskop Olympus



Washing bottle



Erlenmeyer 50 ml



Bak 60 Liter



Nampan



Loyang



Botol sprayer



Blower



Botol Film



Mikropipet



Autoklaf



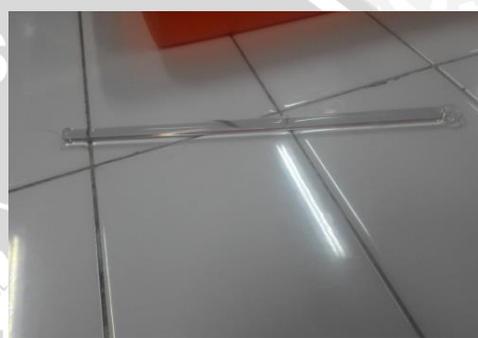
Oven Redline



Oven Memmert



Pipet Volume



Spatula



Hot Plate



Vacum Pump



Botol Selai



Desikator





Bibit *C. calcitrans*



Akuades



Limbah Padat Tambak Udang Vaname



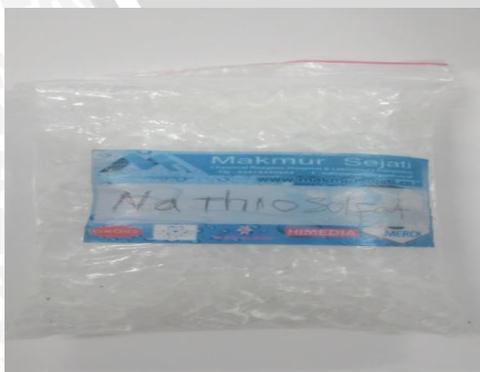
Kertas Saring Whatman No. 42



Alkohol 70%



Kaporit



Na Thiosulfat



Silikat



Tisu



Aluminum Foil



NH₄OH



Asam Fenol Disulfonik



Trashback



Plastik Bening



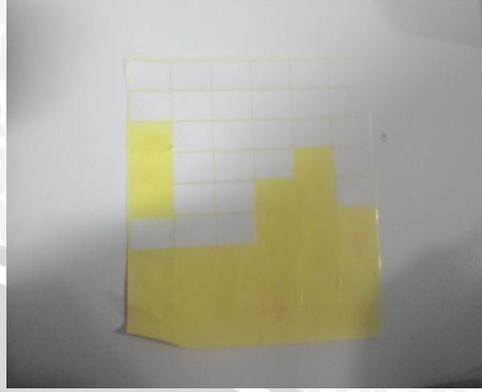
Mikroskop Oil



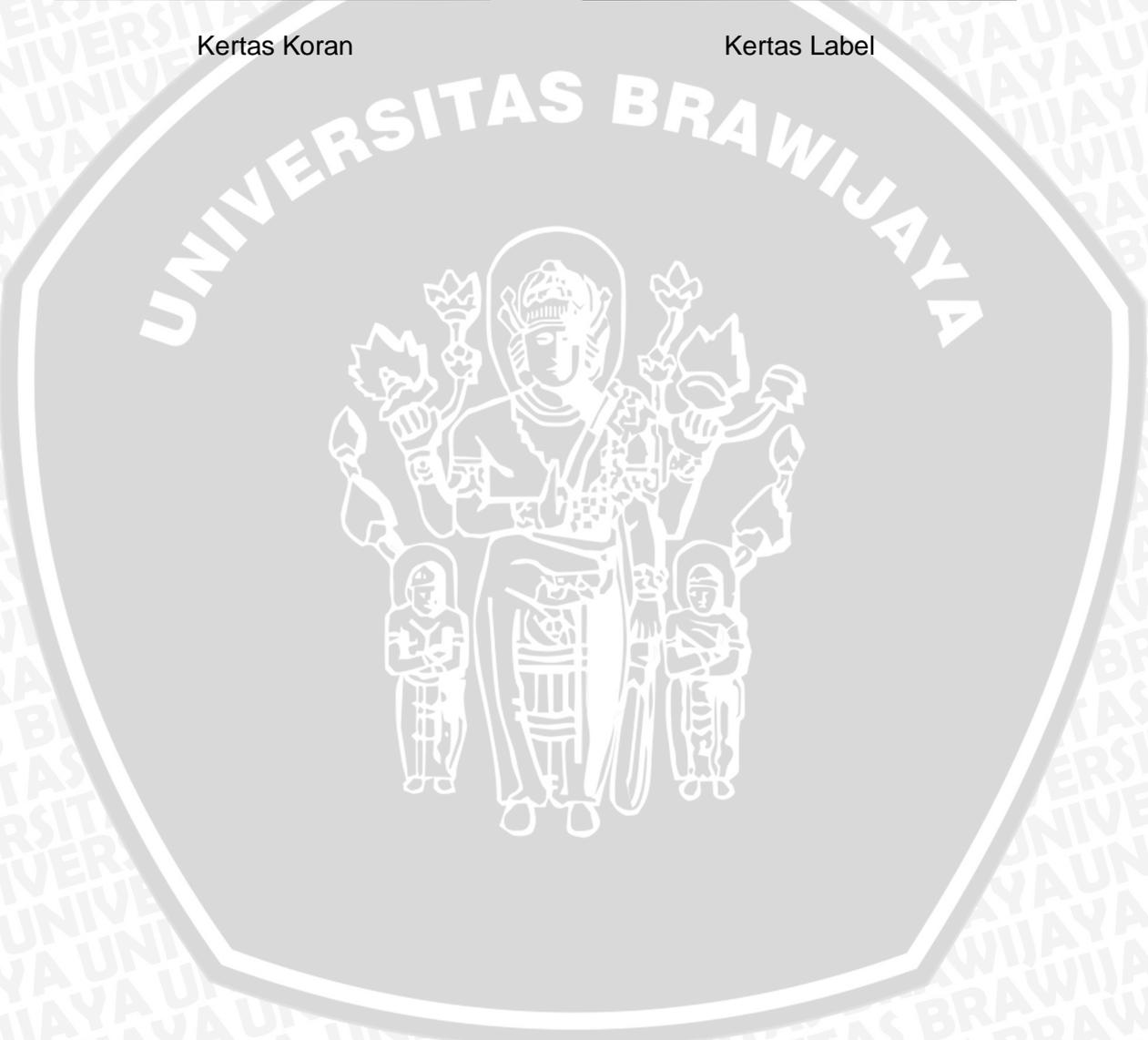
Benang Nilon



Kertas Koran



Kertas Label



Lampiran 2. Data Pertumbuhan *C. calcitrans* ($\times 10^4$ sel/ml) dalam Perlakuan yang Berbeda selama Penelitian

Harike-	K			Rata-rata	A			Rata-rata	B			Rata-rata	C			Rata-rata	D			Rata-rata
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
1	16.50	12.75	20.50	16.58	23.25	22.75	24.75	23.58	26.00	14.50	20.00	20.17	20.50	19.00	20.50	20.00	12.50	17.75	21.50	17.25
2	28.25	31.25	25.75	28.42	32.25	29.00	31.00	30.75	39.25	29.00	41.00	36.42	31.50	24.00	25.50	27.00	26.75	34.00	27.50	29.42
3	35.75	52.00	40.25	42.67	41.75	42.00	37.25	40.33	54.00	41.25	49.00	48.08	43.50	38.25	40.00	40.58	40.00	44.25	33.75	39.33
4	55.75	60.25	62.50	59.50	74.00	65.75	58.50	66.08	68.50	54.75	64.25	62.50	74.75	63.50	56.00	64.75	56.50	64.75	49.75	57.00
5	76.50	81.00	74.00	77.17	77.25	91.25	84.75	84.42	103.75	69.75	90.00	96.88	77.75	90.00	85.50	84.42	89.50	80.00	74.00	81.17
6	94.00	86.00	87.25	89.08	95.00	99.75	103.00	99.25	107.00	102.50	116.00	108.50	98.50	99.50	96.00	98.00	102.00	107.25	92.50	100.58
7	100.00	99.50	89.75	96.42	102.75	118.50	104.00	108.42	116.00	110.25	125.00	117.08	110.00	108.00	98.25	105.42	106.00	112.25	94.50	104.25
8	96.50	94.50	97.50	96.17	120.00	124.00	137.00	127.00	141.00	112.75	189.50	147.75	128.00	116.50	105.50	116.67	109.50	114.25	98.00	107.25
9	86.00	89.25	71.00	82.08	102.25	136.00	124.00	130.00	168.50	119.75	136.00	141.42	131.00	117.50	125.00	124.50	114.00	119.50	118.50	117.33
10	50.50	48.00	53.00	50.50	76.00	54.00	92.00	74.00	56.50	54.75	84.25	65.17	40.50	32.50	70.50	47.83	30.50	28.75	48.50	35.92
11	20.50	18.00	19.00	19.17	42.00	20.50	36.00	32.83	30.00	12.75	59.50	34.08	14.25	16.00	18.50	16.25	22.00	24.00	10.50	18.83
12	6.75	9.00	10.00	8.58	9.00	8.00	16.50	11.17	18.25	6.00	28.50	17.58	7.50	6.25	14.00	9.25	10.00	8.00	5.50	7.83
13	2.75	4.25	1.50	2.83	2.00	3.00	8.25	4.42	7.00	1.00	12.00	6.67	3.00	2.75	6.25	4.00	2.25	1.50	3.50	2.42
Total Rata-rata	679.7	695.75	662.00		705.25	824.50	867.00		945.75	669.25	1025.00		790.75	743.75	771.50		731.50	766.25	688.00	
	48.55	49.70	47.29		54.25	58.89	61.93		67.55	51.48	73.21		56.48	53.13	55.11		52.25	54.73	49.14	

Lampiran 3. Data Laju Pertumbuhan Spesifik *C. calcitrans*

Perlakuan	Ulangan	Pertumbuhan		Δt	k/hari
		Wo	Wt		
K	1	10,00	120,00	7	0,143
	2	10,00	136,00	7	0,142
	3	10,00	137,00	8	0,124
A	1	10,00	168,50	8	0,13
	2	10,00	119,75	9	0,126
	3	10,00	189,50	8	0,142
B	1	10,00	131,00	9	0,136
	2	10,00	117,50	9	0,12
	3	10,00	125,00	8	0,16
C	1	10,00	114,00	9	0,124
	2	10,00	119,50	9	0,119
	3	10,00	118,50	9	0,122
D	1	10,00	100,00	9	0,117
	2	10,00	99,50	9	0,12
	3	10,00	97,50	9	0,119

$$k = \frac{\text{Log}Wt - \text{Log}Wo}{\Delta t}$$

Keterangan : k = konstanta pertumbuhan spesifik

Wt = jumlah populasi pada hari ke t

Wo = jumlah populasi pada hari ke 0

Δt = waktu dari 0-t (hari)

Lampiran 4. Hasil Uji Homogenitas dan Normalitas ($p > 0,05$) pada Laju Pertumbuhan Spesifik *C. calcitrans*

Hasil Uji Normalitas Kolmogorov – Smirnov

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		15
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	,1299
	Std. Deviation	,01431
Most Extreme Differences	Absolute	,273
	Positive	,273
	Negative	-,184
Kolmogorov-Smirnov Z		1,058
Asymp, Sig, (2-tailed)		,213

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Uji Homogenitas F-test

	0,143	0
Mean	0,128642857	3,214285714
Variance	0,000150863	4,450549451
Observations	14	14
df	13	13
F	3,38975E-05	
P(F<=f) one-tail	0	
F Critical one-tail	0,388059098	

Berdasarkan nilai $F (0,0000338975) < F \text{ Critical one-tail } (0,388059098)$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima sehingga data yang digunakan merupakan data yang homogen.

Lampiran 5. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik *C. calcitrans*

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
K	0,143	0,142	0,124	0,409	0,136 ± 0,011
A	0,13	0,126	0,142	0,398	0,133 ± 0,008
B	0,136	0,12	0,16	0,416	0,139 ± 0,020
C	0,124	0,119	0,122	0,365	0,122 ± 0,003
D	0,117	0,12	0,119	0,356	0,119 ± 0,002
Total	0,65	0,627	0,667	1,944	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n}$$

$$= \frac{1,944^2}{dx15}$$

$$= 0,252$$

$$\text{JK Total} = K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + D3^2 - \text{FK}$$

$$= 0,143^2 + 0,142^2 + 0,124^2 + \dots + 0,119^2 - 0,252$$

$$= 0,254 - 0,252$$

$$= 0,002$$

$$\text{JK Perlakuan} = \frac{(\sum K^2) + (\sum A^2) + (\sum B^2) + (\sum C^2) + (\sum D^2)}{r} - \text{FK}$$

$$= \frac{(0,409^2) + (0,398^2) + (0,416^2) + (0,365^2) + (0,356^2)}{3} - 0,252$$

$$= 0,253 - 0,252$$

$$= 0,001$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan}$$

$$= 0,002 - 0,001$$

$$= 0,001$$

Lampiran 5. (Lanjutan)

Tabel Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik *C. calcitrans*

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,001	0,00024	2,11765 ^{ns}	3,48	5,99
Acak	10	0,001	0,00011			
Total	14					

Keterangan : ns : tidak berbeda nyata

Berdasarkan hasil sidik ragam di atas $F \text{ Hitung} < F 1\% < F 5\%$, dapat disimpulkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata maka tidak dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).



Lampiran 6. Data Biomassa Kering *C. calcitrans* (gr/L)

Kode Sampel	Berat Kering (g)		Biomassa (g/L)	Berat /sel
	Kertas saring awal	kertas saring akhir		
K1	0,6292	0,6700	0,82	0,00120053
K2	0,6267	0,6681	0,83	0,00119008
K3	0,6004	0,6384	0,76	0,00114804
A1	0,6509	0,7020	1,02	0,00144913
A2	0,6686	0,6182	1,01	0,00122256
A3	0,6289	0,6792	1,01	0,00116032
B1	0,6427	0,7002	1,15	0,00121596
B2	0,5933	0,6496	1,13	0,00168248
B3	0,6421	0,7132	1,42	0,00138732
C1	0,6434	0,6971	1,07	0,00135820
C2	0,6118	0,6604	0,97	0,00130689
C3	0,6386	0,6867	0,96	0,00124692
D1	0,6388	0,6867	0,96	0,00130964
D2	0,6486	0,6922	0,87	0,00113801
D3	0,6064	0,6539	0,95	0,00138081

$$\text{Biomassa} = \frac{\text{Berat biomassa kering (gram)}}{\text{volume panen (L)}}$$

Keterangan:

- Volume panen yang digunakan 50 ml

Lampiran 7. Uji Homogenitas dan Normalitas ($p > 0,05$) pada Biomassa Kering *C. calcitrans*

Hasil Uji Normalitas Kolmogorov – Smirnov Biomassa

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		15
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	,9953
	Std. Deviation	,16111
Most Extreme Differences	Absolute	,172
	Positive	,172
	Negative	-,123
Kolmogorov-Smirnov Z		,668
Asymp. Sig. (2-tailed)		,764

a, Test distribution is Normal,

b, Calculated from data,

Hasil Uji Homogenitas F-Test Biomassa

	0,82	0
Mean	1,007857143	3,214285714
Variance	0,025418132	4,450549451
Observations	14	14
df	13	13
F	0,005711235	
P(F<=f) one-tail	2,18714E-12	
F Critical one-tail	0,388059098	

Berdasarkan nilai $F (0,005711235) < F \text{ Critical one-tail } (0,388059098)$ maka disimpulkan bahwa H_0 diterima sehingga data yang digunakan merupakan data yang homogen.

Lampiran 8. Sidik Ragam Biomassa Kering *C. calcitrans* (gr/L)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
0	0,82	0,83	0,76	2,4	0,80 ± 0,038
1,5	1,02	1,01	1,01	3,03	1,01 ± 0,006
3	1,15	1,13	1,42	3,7	1,23 ± 0,162
4,5	1,07	0,97	0,96	3,01	1,00 ± 0,061
6	0,96	0,87	0,95	2,78	0,93 ± 0,049
Total	5,02	4,81	5,10	14,93	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n}$$

$$= \frac{14,93^2}{15}$$

$$= 14,85$$

$$\text{JK Total} = A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + D3^2 - \text{FK}$$

$$= 0,82^2 + 0,83^2 + 0,76^2 + \dots + 0,95^2 - 14,85$$

$$= 15,22 - 14,85$$

$$= 0,37$$

$$\text{JK Perlakuan} = \frac{(\Sigma K^2) + (\Sigma A) + (\Sigma B) + (\Sigma C) + (\Sigma D)}{r} - \text{FK}$$

$$= \frac{2,404^2 + 3,036^2 + 3,698^2 + 3,008^2 + 2,78^2}{3} - 14,85$$

$$= 15,15 - 14,85$$

$$= 0,297$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan}$$

$$= 0,369 - 0,297$$

$$= 0,072$$

$$\text{F Hitung} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Acak}}$$

$$= 10,277$$



Lampiran 8. (Lanjutan)

Analisis Keragaman Biomassa *C. calcitrans* (g/L)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	0,29	0,072	10,277 **	3,48	5,99
Acak	10	0,07	0,007			
Total	14					

Keterangan: ** :Berbeda sangat nyata

Berdasarkan nilai F hitung ($10,36$) $>$ F tabel 1% ($5,99$) $>$ F tabel 5% ($3,48$) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap biomassa *C. calcitrans* sehingga dilanjutkan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).



Lampiran 8. (Lanjutan)

Hasil Uji BNT Biomassa *C. calcitrans* (g/L)

$$\begin{aligned} \text{SED} &= \sqrt{\frac{2 \times KT \text{ Acak}}{3}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 0,0072}{3}} = 0,069 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT 5\%} &= t \text{ tabel 5\%} \times \text{SED} \\ &= 2,228 \times 0,069 \\ &= 0,154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT 1\%} &= t \text{ tabel 1\%} \times \text{SED} \\ &= 3,169 \times 0,069 \\ &= 0,215 \end{aligned}$$

Rerata Perlakuan	K	D	C	A	B	Notasi
K 0,8	-	-	-	-	-	a
D 0,93	0,126 ^{ns}	-	-	-	-	ab
C 1	0,232*	0,106 ^{ns}	-	-	-	b
A 1,01	0,211*	0,085 ^{ns}	0,009 ^{ns}	-	-	b
B 1,23	0,432**	0,306**	0,23**	0,22**	-	c

Keterangan: ns : Tidak berbeda nyata
 * : Berbeda nyata
 ** : Berbeda sangat nyata

Uji Polinomial Ortogonal Biomassa *C. calcitrans* (g/L)

Perlakuan	Hasil (Ti)	Pembanding (Ci)			
		Linear	Kuadrat	Kubik	Kuartil
K	2,404	-2	2	-1	1
A	3,036	-1	-1	2	-4
B	3,698	0	-2	0	6
C	3,008	1	-1	-2	-4
D	2,78	2	2	1	1
Q = (∑Ci*Ti)	-	0,724	-3,072	0,432	3,196
Kμ = (∑Ci)^2*μ	-	30	42	30	210
JK = Q ² /K μ	-	0,024	0,073	0,0014	0,015

Lampiran 8. (Lanjutan)

Tabel Analisis Keragaman Regresi Biomassa *C. calcitrans* (g/L)

Sumberkeragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	0,297	-	-	-	-
Linear	1	0,024	0,024	3,33 ^{ns}	4,96	10,04
Kuadratik	1	0,073	0,073	10,139 ^{**}	-	-
Kubik	1	0,014	0,014	1,944 ^{ns}	-	-
Kuartil	1	0,015	0,015	2,08 ^{ns}	-	-
Acak	10	0,072	0,072	-	-	-
Total	14	-	-	-	-	-

Keterangan: ns : Tidakberbedanyata

* : Berbedanyata

** : Berbedasangatnyata

$$R^2 \text{ Kuadratik} = \frac{JK \text{ Kuadratik}}{JK \text{ Kuadratik} + JK \text{ Acak}} = 0,9$$

Berdasarkan hasil perhitungan R^2 kuadratik > R^2 kuartil sehingga regresi kuadratik sesuai untuk kurva respon.

$$\begin{aligned} \text{Koefisien korelasi (r)} &= \sqrt{R^2 \text{ Kuadratik}} \\ &= \sqrt{0,9} = 0,95 \end{aligned}$$

Lampiran 8. (Lanjutan)

X_j	0	1,5	3	4,5	6	Total
U_j	-2	-1	0	1	2	
Y_{ij}	2,4	3,07	3,7	3,01	2,78	14,93
U_j^2	4	1	0	1	4	10
U_j^4	16	1	0	1	16	34
U_j, Y_{ij}	-4,808	-3,036	0	3,008	5,56	0,72
U_j^2, Y_{ij}	9,616	3,036	0	3,008	11,12	26,78

Persamaan Umum :

$$Y = b_0 + b_1X_j + b_2X_j^2$$

Untuk mencari koefisien b_0 , b_1 dan b_2 digunakan persamaan normal:

$$\sum Y_{ij} = b_0, n + b_2, \mu, \sum U_j^2$$

$$\sum U_j, Y_{ij} = b_1, \mu, \sum U_j^2$$

$$\sum U_j^2, Y_{ij} = b_0, \mu, \sum U_j^2 + b_2, \mu, \sum U_j^4$$

Keterangan:

Y_{ij} = Nilai pengamatan

X_{ij} = Nilai taraf dari faktor X

N = Banyaknya pengamatan

μ = Banyaknya ulangan

Sehingga didapatkan persamaan $Y = -0,029x^2 + 0,199x + 0,819$

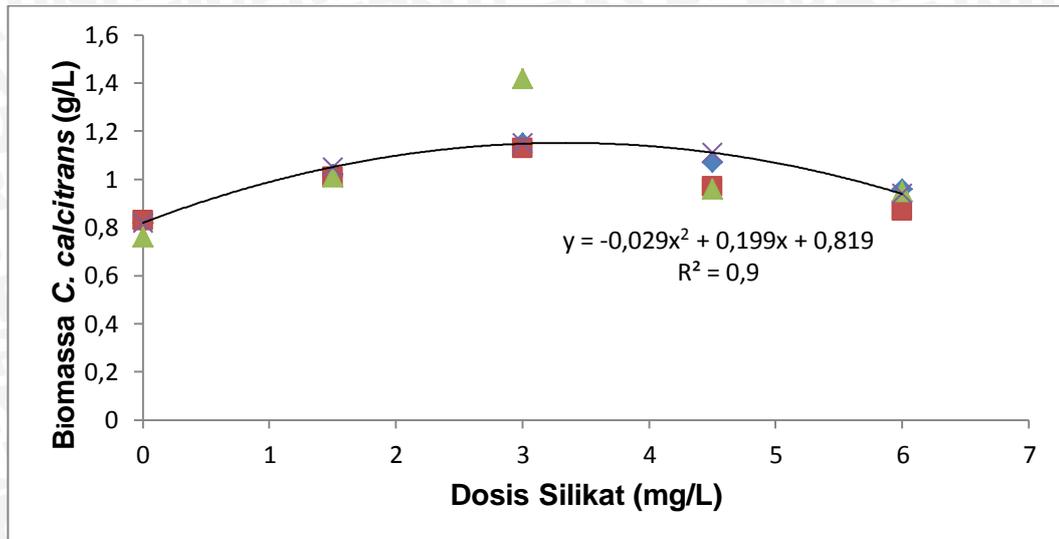
Dari persamaan diperoleh:

X	Y
0	0,82
1,5	1,05
3	1,15
4,5	1,11
6	0,94

Untuk membuat grafik trend line berdasarkan seri 4 dari Y:

Sumbu X	Sumbu Y			
	Seri 1	Seri 2	Seri 3	Seri 4
0	0,82	0,83	0,76	0,82
1,5	1,02	1,01	1,01	1,05
3	1,15	1,13	1,42	1,15
4,5	1,07	0,97	0,96	1,11
6	0,96	0,87	0,95	0,94

Lampiran 8. (Lanjutan)



Selanjutnya, untuk mencari titik maksimal dari persamaan $Y = -0,029x^2 + 0,199x + 0,819$ adalah

$$Y = -0,029x^2 + 0,199x + 0,819$$

$$Y' = -0,058x + 0,199$$

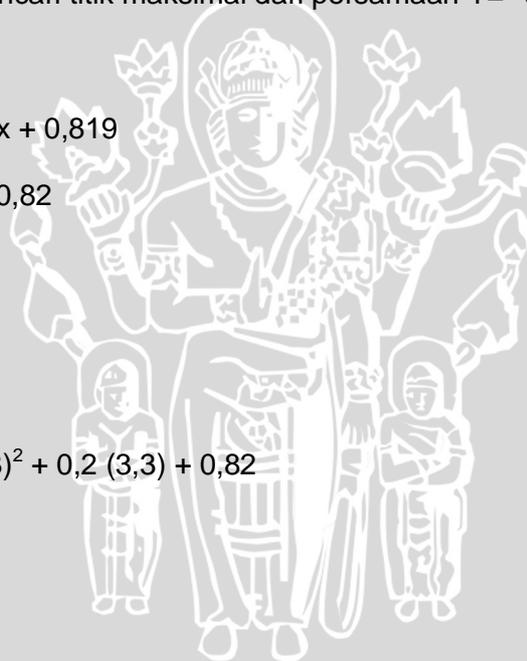
$$Y' = -0,058x + 0,199$$

$$0,058x = 0,199$$

$$x = 3,43$$

$$\text{maka, } Y = -0,029(3,43)^2 + 0,199(3,43) + 0,819$$

$$= 1,15$$



Lampiran 9. Data Pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) pada Media Pertumbuhan *C. calcitrans* selama Penelitian

Perlakuan	Waktu	Hari ke-													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K1	Pagi	28,1	28	28	28	28,2	28,1	28,1	28	28,1	28	28,1	28,2	28,1	28,1
	Siang	28,1	28,1	28,2	28,1	28,1	28,2	28,4	28,1	28,2	28,2	28,2	28,4	28,2	28,3
K2	Pagi	28,4	28,2	28,3	28,1	28,4	28,1	28,2	28,2	28,1	28,3	28,2	28	28,1	28
	Siang	28,3	28,4	28,3	28,3	28,4	28,1	28,3	28,2	28,2	28,4	28,4	28,2	28,4	28,5
K3	Pagi	28,1	28	28	28,1	28,1	28,1	28	28,1	28	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
	Siang	28,3	28,4	28,3	28,4	28,3	28,4	28,4	28,2	28,2	28,5	28,2	28,1	28,2	28,4
A1	Pagi	28,1	28,2	28,1	28,1	28,1	28	28	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,2
	Siang	28,5	28,5	28,1	28,2	28,3	28,6	28,1	28,3	28,3	28,4	28,3	28,3	28,2	28,2
A2	Pagi	28,3	28,1	28,2	28,2	28	28,2	28	28,1	28,2	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
	Siang	28,2	28,3	28,3	28,3	28,2	28,4	28,5	28,2	28,3	28,1	28,3	28,1	28,2	28,4
A3	Pagi	28,1	28,2	28,1	28,2	28,1	28,1	28,2	28,1	28,1	28,1	28,1	28,2	28,2	28,1
	Siang	28,4	28,3	28,4	28,1	28,3	28,1	28,4	28,2	28,3	28,1	28,4	28,3	28,4	28,2
B1	Pagi	28,3	28,1	28,1	28,2	28,4	28,1	28	28,1	28,1	28,1	28,2	28,1	28,2	28
	Siang	28,2	28,1	28,3	28,4	28,4	28,1	28,2	28,1	28,2	28,4	28,3	28,2	28,4	28,1
B2	Pagi	28,2	28,3	28	28	28,1	28,1	28,1	28,2	28	28	28,1	28,4	28,1	28,1
	Siang	28,3	28,3	28,4	28,5	28,1	28,2	28,1	28,4	28,4	28,2	28,3	28,2	28,4	28,2
B3	Pagi	28	28,1	28,2	28	28	28	28	28,3	28,1	28,2	28	28,2	28,1	28,1
	Siang	28,5	28,5	28,2	28,3	28,4	28,2	28,3	28,4	28,2	28,2	28,2	28,1	28,3	28,3
C1	Pagi	28	28,3	28,2	28,1	28,3	28,2	28,1	28,2	28	28,2	28,1	28,2	28	28,2
	Siang	28,4	28,5	28,5	28,4	28,5	28,4	28,4	28,3	28,4	28,3	28,4	28,1	28,1	28,3
C2	Pagi	28,3	28,4	28,3	27,9	28	28	28,2	28,1	28,1	28,2	28,2	28,3	28,2	28,2
	Siang	28,3	28,2	28,2	28,1	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,4	28,4	28,1	28,3	28,4
C3	Pagi	28,1	28,4	27,9	28,1	28,3	28,1	28,1	28,3	28	28,3	28,2	28,1	28,1	28,2
	Siang	28,4	28,5	28,3	28,4	28,3	28,3	28,5	28,4	28,2	28,4	28,4	28,2	28,2	28,4

Lampiran 9. (Lanjutan)

D1	Pagi	28,2	28,1	28	28,2	28,1	28,3	28,2	28,1	28,1	28,2	28	28,2	28,1	28,3
	Siang	28,2	28	28,6	28,5	28,4	28,2	28,5	28,3	28,5	28,2	28,1	28,1	28,5	28,4
D2	Pagi	27,8	28	27,9	28,1	28,2	28,3	28,1	28,1	28	28,1	28,1	28,2	28,1	28,1
	Siang	28,1	28,1	28,5	28,3	28,4	28,1	28,4	28,3	28,4	28,3	28,2	28,2	28,3	28,2
D3	Pagi	27,9	27,9	28	28,3	28,2	28,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,3	28,1	28,1
	Siang	28,1	28,3	28,5	28,1	28,1	28,2	28,3	28,4	28,3	28,4	28,1	28,4	28,2	28,1

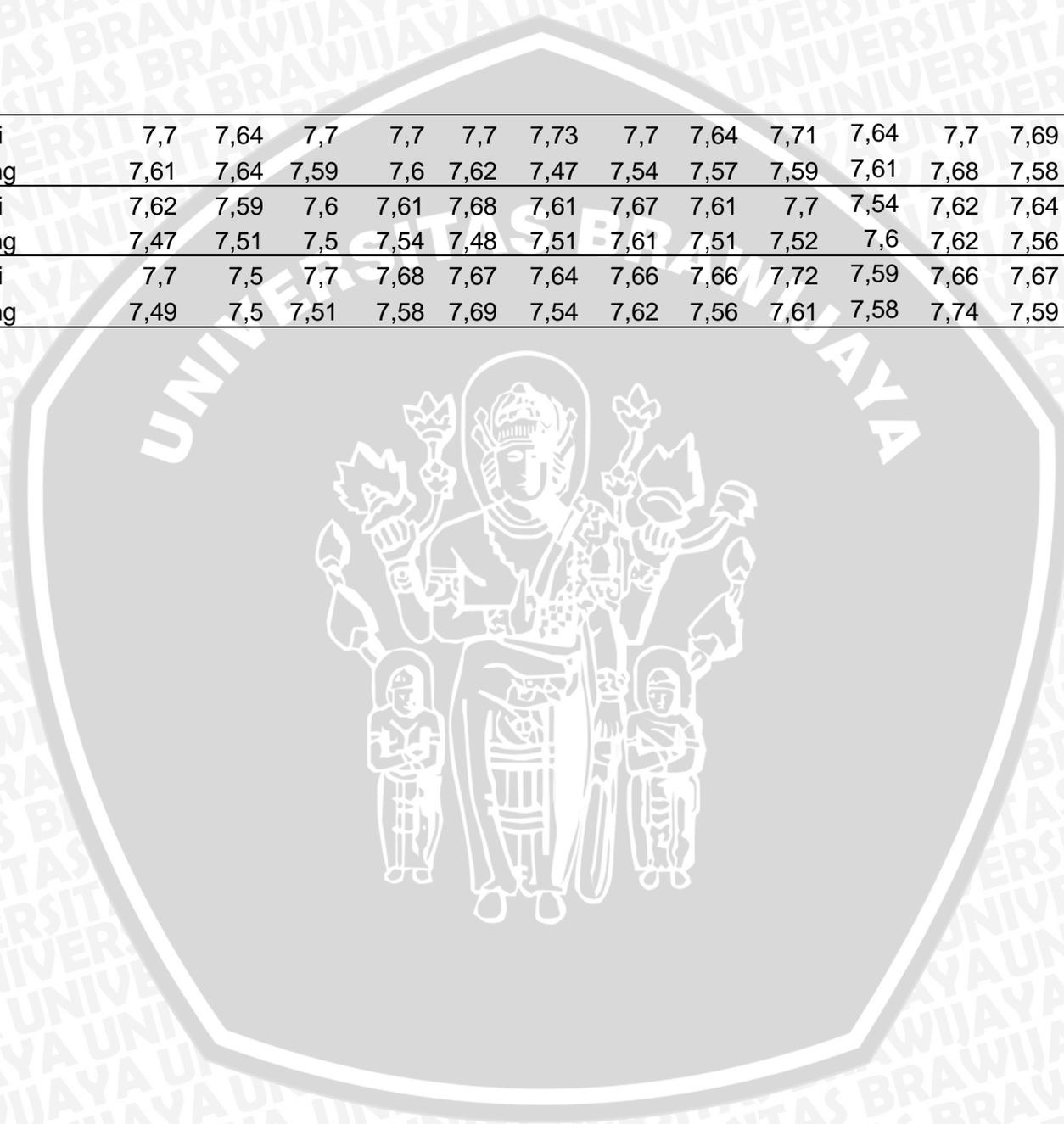


Lampiran 10. Data Pengukuran pH pada Media Pertumbuhan *C. calcitrans* selama Penelitian

Perlakuan	Waktu	Harike-													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K1	Pagi	7,65	7,6	7,66	7,64	7,64	7,61	7,64	7,66	7,64	7,64	7,61	7,64	7,64	7,64
	Siang	7,65	7,6	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64	7,65	7,64	7,58	7,64
K2	Pagi	7,7	7	7,68	7,7	7,62	7,69	7,64	7,65	7,69	7,6	7,7	7,7	7,65	7,68
	Siang	7,58	7,6	7,6	7,64	7,6	7,59	7,49	7,58	7,61	7,61	7,51	7,56	7,58	7,61
K3	Pagi	7,67	7,64	7,75	7,7	7,67	7,61	7,63	7,64	7,59	7,62	7,64	7,66	7,64	7,7
	Siang	7,65	7,64	7,64	7,59	7,64	7,6	7,65	7,62	7,61	7,59	7,66	7,59	7,62	7,6
A1	Pagi	7,65	7,64	7,64	7,62	7,62	7,62	7,63	7,6	7,68	7,6	7,64	7,63	7,6	7,69
	Siang	7,68	7,7	7,68	7,68	7,65	7,68	7,61	7,62	7,61	7,49	7,65	7,6	7,68	7,65
A2	Pagi	7,7	7,7	7,67	7,64	7,62	7,68	7,66	7,68	7,61	7,58	7,64	7,69	7,66	7,66
	Siang	7,71	7,7	7,71	7,6	7,7	7,6	7,64	7,61	7,62	7,58	7,58	7,61	7,71	7,6
A3	Pagi	7,71	7,65	7,7	7,64	7,73	7,62	7,71	7,68	7,62	7,57	7,6	7,7	7,64	7,64
	Siang	7,69	7,6	7,7	7,64	7,69	7,62	7,62	7,6	7,49	7,64	7,64	7,58	7,69	7,59
B1	Pagi	7,74	7,71	7,7	7,71	7,7	7,63	7,71	7,7	7,6	7,59	7,69	7,7	7,7	7,7
	Siang	7,57	7,6	7,54	7,49	7,67	7,48	7,59	7,63	7,6	7,51	7,7	7,5	7,66	7,49
B2	Pagi	7,62	7,68	7,7	7,72	7,7	7,7	7,7	7,69	7,63	7,58	7,68	7,64	7,68	7,64
	Siang	7,63	7,69	7,7	7,54	7,49	7,54	7,61	7,55	7,61	7,59	7,59	7,61	7,68	7,52
B3	Pagi	7,7	7,5	7,7	7,7	7,72	7,67	7,69	7,61	7,7	7,49	7,68	7,67	7,69	7,62
	Siang	7,46	7,45	7,49	7,51	7,47	7,56	7,59	7,59	7,51	7,61	7,62	7,59	7,64	7,54
C1	Pagi	7,63	7,6	7,69	7,64	7,6	7,7	7,64	7,71	7,7	7,61	7,7	7,66	7,61	7,66
	Siang	7,64	7,69	7,64	7,59	7,64	7,49	7,48	7,49	7,54	7,64	7,61	7,61	7,49	7,51
C2	Pagi	7,68	7,65	7,6	7,68	7,72	7,64	7,61	7,7	7,67	7,6	7,64	7,64	7,64	7,71
	Siang	7,69	7,68	7,68	7,6	7,68	7,54	7,58	7,54	7,54	7,64	7,7	7,6	7,54	7,54
C3	Pagi	7,71	7,7	7,67	7,66	7,68	7,69	7,64	7,64	7,69	7,58	7,59	7,66	7,65	7,55
	Siang	7,65	7,7	7,72	7,61	7,7	7,51	7,52	7,56	7,5	7,59	7,59	7,49	7,56	7,59

Lampiran 10.(Lanjutan)

D1	Pagi	7,7	7,64	7,7	7,7	7,7	7,73	7,7	7,64	7,71	7,64	7,7	7,69	7,64	7,69
	Siang	7,61	7,64	7,59	7,6	7,62	7,47	7,54	7,57	7,59	7,61	7,68	7,58	7,54	7,55
D2	Pagi	7,62	7,59	7,6	7,61	7,68	7,61	7,67	7,61	7,7	7,54	7,62	7,64	7,7	7,7
	Siang	7,47	7,51	7,5	7,54	7,48	7,51	7,61	7,51	7,52	7,6	7,62	7,56	7,58	7,57
D3	Pagi	7,7	7,5	7,7	7,68	7,67	7,64	7,66	7,66	7,72	7,59	7,66	7,67	7,66	7,66
	Siang	7,49	7,5	7,51	7,58	7,69	7,54	7,62	7,56	7,61	7,58	7,74	7,59	7,57	7,6



Lampiran 11. Data Pengukuran DO pada Media Pertumbuhan *C. calcitrans* selama Penelitian

Perlakuan	Waktu	Harike-													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K1	Pagi	2,59	2,54	2,51	2,48	2,51	2,54	2,51	2,52	2,5	2,56	2,54	2,5	2,54	2,56
	Siang	2,56	2,54	2,54	2,58	2,54	2,56	2,49	2,54	2,56	2,54	2,51	2,54	2,58	2,54
K2	Pagi	2,54	2,54	2,52	2,5	2,54	2,53	2,52	2,5	2,56	2,6	2,51	2,52	2,52	2,54
	Siang	2,58	2,47	2,55	2,56	2,5	2,47	2,54	2,49	2,49	2,59	2,52	2,56	2,6	2,51
K3	Pagi	2,58	2,49	2,52	2,52	2,6	2,49	2,49	2,58	2,54	2,59	2,58	2,54	2,6	2,57
	Siang	2,51	2,5	2,52	2,59	2,51	2,5	2,56	2,51	2,54	2,59	2,54	2,58	2,57	2,53
A1	Pagi	2,54	2,51	2,52	2,49	2,52	2,52	2,52	2,57	2,52	2,54	2,56	2,59	2,5	2,54
	Siang	2,53	2,5	2,56	2,54	2,56	2,54	2,56	2,51	2,54	2,56	2,54	2,54	2,54	2,56
A2	Pagi	2,52	2,56	2,51	2,53	2,52	2,54	2,54	2,48	2,52	2,59	2,58	2,51	2,54	2,51
	Siang	2,53	2,5	2,51	2,5	2,54	2,5	2,51	2,51	2,51	2,54	2,53	2,56	2,58	2,53
A3	Pagi	2,55	2,5	2,58	2,54	2,54	2,52	2,57	2,51	2,56	2,57	2,56	2,56	2,58	2,56
	Siang	2,51	2,51	2,51	2,56	2,58	2,51	2,59	2,56	2,53	2,58	2,56	2,57	2,59	2,54
B1	Pagi	2,59	2,56	2,6	2,51	2,59	2,54	2,57	2,58	2,58	2,5	2,56	2,58	2,57	2,59
	Siang	2,53	2,56	2,51	2,56	2,53	2,53	2,54	2,56	2,52	2,54	2,59	2,54	2,56	2,58
B2	Pagi	2,55	2,49	2,56	2,54	2,55	2,5	2,51	2,57	2,56	2,6	2,59	2,54	2,56	2,56
	Siang	2,56	2,57	2,57	2,54	2,52	2,51	2,58	2,51	2,53	2,6	2,54	2,57	2,57	2,55
B3	Pagi	2,6	2,62	2,61	2,6	2,6	2,6	2,59	2,49	2,57	2,57	2,54	2,51	2,52	2,57
	Siang	2,58	2,56	2,48	2,49	2,59	2,52	2,49	2,54	2,54	2,57	2,58	2,52	2,57	2,59
C1	Pagi	2,58	2,59	2,57	2,57	2,49	2,57	2,56	2,49	2,56	2,56	2,6	2,54	2,58	2,57
	Siang	2,56	2,6	2,54	2,6	2,49	2,54	2,51	2,54	2,51	2,61	2,58	2,54	2,58	2,54
C2	Pagi	2,54	2,48	2,55	2,6	2,54	2,47	2,52	2,53	2,54	2,51	2,58	2,55	2,55	2,59
	Siang	2,52	2,52	2,54	2,58	2,51	2,52	2,5	2,54	2,56	2,54	2,56	2,56	2,56	2,51
C3	Pagi	2,52	2,56	2,54	2,54	2,51	2,51	2,58	2,54	2,57	2,56	2,57	2,56	2,56	2,54
	Siang	2,51	2,54	2,51	2,59	2,51	2,54	2,56	2,57	2,57	2,51	2,57	2,58	2,54	2,54

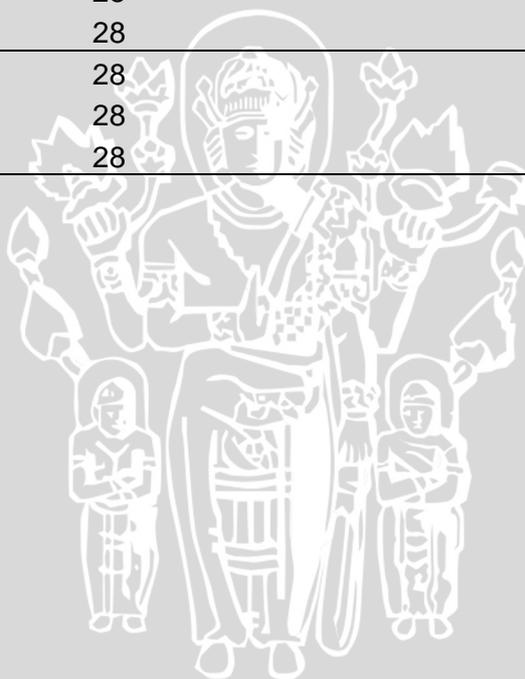
Lampiran 11.(Lanjutan)

D1	Pagi	2,5	2,52	2,52	2,5	2,5	2,59	2,51	2,51	2,59	2,6	2,5	2,5	2,59	2,49
	Siang	2,59	2,47	2,48	2,49	2,51	2,47	2,56	2,5	2,54	2,6	2,51	2,51	2,5	2,59
D2	Pagi	2,58	2,63	2,64	2,49	2,66	2,6	2,54	2,54	2,57	2,54	2,49	2,6	2,51	2,53
	Siang	2,53	2,51	2,51	2,51	2,5	2,54	2,52	2,56	2,58	2,6	2,57	2,53	2,54	2,54
D3	Pagi	2,5	2,54	2,56	2,6	2,54	2,51	2,58	2,56	2,59	2,57	2,56	2,58	2,54	2,56
	Siang	2,59	2,6	2,5	2,59	2,54	2,52	2,54	2,56	2,59	2,59	2,53	2,52	2,53	2,53



Lampiran 12. Data Pengukuran Salinitas pada Media Pertumbuhan *C. calcitrans* selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan	Harike-				
		0	7	8	9	13
K	1	28	28			29
	2	28	28			29
	3	28	29			28
A	1	28			29	29
	2	28			29	29
	3	28			29	29
B	1	28		28		28
	2	28		29		29
	3	28		28		29
C	1	28			28	29
	2	28			28	29
	3	28			29	29
D	1	28			29	29
	2	28			29	29
	3	28			28	28



Lampiran 13. Data Pengukuran Nitrat (NO₃) dan Pospat (PO₄) pada Media Pertumbuhan *C.calcitrans* selama Penelitian

Nitrat (NO₃)

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan hari ke-				
		0	7	8	9	13
K	1	1,14	0.14			0.10
	2	1,14	0.14			0.09
	3	1,14	0.15			0.11
A	1	1,14			0.09	0.06
	2	1,14			0.09	0.06
	3	1,14			0.10	0.06
B	1	1,14		0.08		0.05
	2	1,14		0.08		0.05
	3	1,14		0.09		0.05
C	1	1,14			0.10	0.07
	2	1,14			0.10	0.08
	3	1,14			0.11	0.08
D	1	1,14			0.11	0.08
	2	1,14			0.12	0.09
	3	1,14			0.12	0.09

Pospat (PO₄)

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan hari ke-				
		0	7	8	9	13
K	1	0,33	0.073			0.055
	2	0,33	0.073			0.055
	3	0,33	0.074			0.057
A	1	0,33			0.067	0.042
	2	0,33			0.067	0.043
	3	0,33			0.067	0.043
B	1	0,33		0,065		0.035
	2	0,33		0.065		0.036
	3	0,33		0.065		0.034
C	1	0,33			0.068	0.044
	2	0,33			0.068	0.044
	3	0,33			0.070	0.045
D	1	0,33			0.071	0.047
	2	0,33			0.071	0.048
	3	0,33			0.071	0.047