

**PEMANFAATAN LIMBAH LINDI YANG DIFERMENTASI
TERHADAP KELIMPAHAN *Chlorella* sp**

OLEH :

YUNITA RUSDIANA
NPM. 154310451

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Perikanan*



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

PEMANFAATAN LIMBAH LINDI YANG DIFERMENTASI TERHADAP
KELIMPAHAN *Chlorella* sp

SKRIPSI

NAMA : YUNITA RUSDIANA

NPM : 154310451

PROGRAM STUDI: BUDIDAYA PERAIRAN

KARYA ILMIAH INI TELAH DIPERTAHANKAN DALAM UJIAN
KOMPREHENSIF YANG DILAKSANAKAN PADA TANGGAL 21 APRIL 2020
DAN TELAH DISEMPURNAKAN SESUAI SARAN YANG TELAH DISEPAKATI
KARYA ILMIAH INI MERUPAKAN SYARAT PENYELESAIAN STUDI PADA
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS ISLAM RIAU

MENYETUJUI

Dosen Pembimbing

Ir. H. ROSYADI, M. Si
NIDN. 0013106003

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Islam Riau



Dr. Ir. SITI ZAHRAH., MP
NIDN. 0013086004

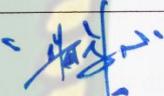
Ketua Program Studi
Budidaya Perairan



Ir. T. ISKANDAR JOHAN., M.Si
NIDN. 1002015901

KARYA ILMIAH INI TELAH DIPERTAHANKAN DALAM UJIAN
KOMPREHENSIF FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU

TANGGAL, 21 APRIL 2020

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Ir. H. Rosyadi, M.Si	Ketua	
2.	Ir. T. Iskandar Johan., M.Si	Anggota	
3.	Muhammad Hasby, S.Pi., M.Si	Anggota	
4.	Hisra Melati, S.Pi	Anggota	

Pekanbaru, 04 Mei 2020
Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Islam Riau


Dr. Ir. SITI ZAHRAH, MP
NIDN. 0013086004

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Yunita Rusdiana di lahirkan di Surakarta pada tanggal 04 Juni 1997. Anak ketiga dari enam bersaudara. Penulis menyelesaikan sekolah dasar di SD Negeri 012 Surya Indah pada tahun 2009 sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Pangkalan Kuras pada tahun 2012 dan sekolah menengah atas di SMA Negeri 2 Pangkalan Kuras pada tahun 2015. Setelah menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi swasta yang berada di Kota Pekanbaru tepatnya di Universitas Islam Riau (UIR) dan mengambil Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Pada tanggal 21 April 2020 penulis telah berhasil melaksanakan ujian komprehensif pada meja hijau dan sekaligus berhasil meraih gelar sarjana perikanan dengan judul penelitian ‘‘Pemanfaatan Limbah Lindi yang difermentasi Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp’’.

ABSTRAK

YUNITA RUSDIANA (NPM: 154310451) "PEMANFAATAN LIMBAH LINDI YANG DI FERMENTASI TERHADAP KELIMPAHAN *CHLORELLA* sp)" dibimbing Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si Penelitian dilaksanakan selama 20 hari dimulai pada bulan Oktober 2019 di Balai Benih Ikan (BBI) Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau Pekanbaru. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian limbah lindi yang difermentasi dengan dosis yang berbeda terhadap kelimpahan *Chlorella* sp. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan, yaitu (P1) pemberian limbah lindi dengan dosis 2,0 cc/L, (P2) pemberian limbah lindi dengan dosis 2,5 cc/L, (P3) pemberian limbah lindi dengan dosis 3,0 cc/L, (P4) pemberian limbah lindi dengan dosis 3,5 cc/L, (P5) pemberian limbah lindi dengan dosis 4,0 cc/L. Hasil penelitian diperoleh puncak populasi sel *Chlorella* sp yang tertinggi terdapat pada perlakuan (P1) dengan dosis 2,0 cc/L yaitu sebesar 13.789.917 sel/mL pada hari ke14, perlakuan (P2) puncak populasi sel *Chlorella* sp dengan dosis 2,5 cc/L sebesar 11.550.000sel/mL pada hari ke 16, perlakuan (P3) dengan dosis 3.0 cc/L sebesar 9.353.333 sel/mL dengan puncak populasi pada hari ke 14, perlakuan (P4) dengan dosis 3.5 cc/L sebesar 8.466.667 sel/mL dengan puncak populasi pada hari 16 dan puncak populasi sel *Chlorella* sp terendah terdapat pada perlakuan (P5) dengan dosis lindi 4.0 cc/L yaitu sebesar 6.126.333 sel/mL pada hari ke12. Hasil Pengukuran kualitas air seperti suhu 25-29 °C, pH 6 dan N,P adalah sebesar 4,24 mg/L dan 4,24 mg/L.

Kata Kunci : Media Kultur *Chlorella* sp dan Limbah Lindi

ABSTRACT

YUNITA RUSDIANA (NPM: 154310451) "UTILIZATION OF LEVEL WASTE IN FERMENTATION OF CHLORELLA SP. ABUNDANCE" guided by Ir. H. Rosyadi, M.Sc, The study was carried out for 20 days starting in October 2019 at the Fish Seed Center (BBI) Faculty of Agriculture, Riau Islamic University, Pekanbaru. The study aims to determine the effect of giving fermented leachate waste with different doses to the abundance of Chlorella sp. The method used is an experimental method using a Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and 3 replications, treatment (P1) giving leachate with a dose of 2.0 cc / L, treatment (P2) giving leachate with a dose of 2.5 cc / L, treatment (P3) giving leachate with a dose of 3.0 cc / L, treatment (P4) leachate with a dose of 3.5 cc / L, treatment (P5) leachate with a dose of 4.0 cc / L. The results showed the highest peak of Chlorella sp cell population was found in treatment (P1) with a dose of 2.0 cc / L that is equal to 13,789,917 cells / mL on day 14, treatment (P2) peak of Chlorella sp cell population with a dose of 2.5 cc / L of 11,550,000 cells / mL on the 16th day, treat (P3) at a dose of 3.0 cc / L of 9,353,333 cells / mL with the peak of the population on the 14th day, treat (P4) with a dose of 3.5 cc / L of 8,466,667 cells / mL with the peak population on day 16 and the lowest peak population of Chlorella sp cells found in the treatment (P5) with a leachate dose of 4.0 cc / L in the amount of 6,126,333 cells / mL on the 12th day. Results of measurements of water quality such as temperatures 25-29 ° C, pH 6 and N, P are 4.24 mg / L and 4.24 mg / L.

Keywords: Chlorella sp culture media and Leachate Waste

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan hasil penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Lindi Yang difermentasi Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Pertanian Program Studi Budidaya Perairan Universitas Islam Riau.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan-masukan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Selanjutnya terimakasih kepada teman-teman yang telah memberikan bantuan maupun bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis berharap adanya kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini kedepannya sehingga skripsi ini dapat dijadikan rujukan serta menjadi informasi yang berguna dan bermanfaat bagi siapa saja yang membutuhkan.

Pekanbaru, Maret 2020

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena kehendak dan rahmatnya peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Peneliti sadari skripsi ini tidak akan selesai tanpa doa, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak. Adapun dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH. MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau
2. Ibu Dr. Ir. Siti Zahra, MP, selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau
3. Bapak Ir. T. Iskandar Johan, M.Si, selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau
4. Bapak Muhammad Hasby, S.Pi., M.Si, selaku Sekretaris Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan juga motivasi dalam bimbingan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Ibu Hisra Melati, S.Pi yang telah memberikan ilmu, saran, nasehat dan selalu mengajarkan segala hal kepada penulis.
7. Bapak - bapak dosen Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau yang telah mengajarkan dengan tulus dan memberi ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
8. Bapak dan Ibu tata usaha Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau yang telah membantu penulis dalam bagian administrasi surat menyurat selama penulis menempuh pendidikan

9. Kepada orangtua penulis yaitu Ayahanda Aris Nur Efendi beserta Ibunda Cici dan Ida Muzaida. Terimakasih atas dukungan dan do'a yang tiada henti dan tidak ternilai harganya serta banyak memberikan semangat, motivasi, dan limpahan kasih sayang yang tiada henti.
10. Kakak, Adik dan saudara yang terus menerus memberikan semangat dalam proses perkuliahan hingga skripsi ini terselesaikan.
11. Keluarga besar tercinta, terimakasih atas dukungan dan bantuan kepada penulis.
12. Terkhusus kepada M. Rifal Guna, S.Sos., Safitriani Latief, S.Pi., Muhammad Khaidir, S.Pi., Satria Edi Putra S.Pi., Eka Satyadi, S.Pi., May Sarah, S.Pi, Wildatul Putri,. S.Pi., Marta Kristina, S.Pi., Harni Sri Mulyani, S.Pi., Dinda Rahayu, Putri Marina Kuswari, Suci Noviarti, Afnanda Cahyani yang sudah selalu memberikan dukungan dan semangat dalam pengerjaan skripsi ini.
13. Keluarga besar Budidaya Perairan terlebih teman-teman seperjuangan angkatan 2015 yang telah banyak memberikan masukan yang baik dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

DAFTAR ISI

Isi	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.4. Hipotesis	6
1.5. Asumsi	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Klasifikasi dan Morfologi <i>Chlorella</i> sp	8
2.2. Habitat dan Ekologi	9
2.3. Nutrient	10
2.4. Reproduksi <i>Chlorella</i> sp	12
2.5. Kultur <i>Chlorella</i> sp	12
2.6. Pertumbuhan <i>Chlorella</i> sp	15
2.7. Peran Mikroalga dalam Mendegradasi Limbah Lindi	17
2.8. Parameter Kualitas Limbah Lindi	18
2.8.1. Suhu	18
2.8.2. pH	19
2.8.3. Nitrat	20
2.8.4. Fosfat	21
2.9. Fermentasi	22
2.10. Effective Microorganisme (EM4)	23
III. METODE PENELITIAN	24
3.1. Waktu dan Tempat	24
3.2. Bahan penelitian	24
3.2.1. Air	24
3.2.2. Limbah Lindi	24
3.2.3. Mikroalga <i>Chlorella</i> sp	24
3.3. Alat Penelitian	24
3.4. Metode Penelitian	25
3.5. Prosedur Penelitian	26
3.5.1. Persiapan Penelitian	26
3.5.2. Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp Pada Penelitian Pendahuluan	30

3.5.3. Penelitian Utama	31
3.5.4. Pengamatan Pada Pola Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp	32
3.6. Prosedur Analisis	34
3.6.1. Suhu	34
3.6.2. Dejarat Keasaman (ph)	34
3.6.3. Nitrat	34
3.6.4. Fosfat	36
3.7. Analisis Data	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Kelimpahan Sel <i>Chlorella</i> sp	37
4.2. Pertumbuhan Sel <i>Chlorella</i> sp	43
4.3. Kualitas Air	45
4.3.1. Suhu.....	45
4.3.2. Derajat Keasaman (pH)	47
4.3.3. Nitrat (NO ₃)	48
4.3.4. Fosfat (PO ₄)	51
V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kandungan Nutrisi <i>Chlorella</i> sp	11
2.2. Komposisi Bioaktivator <i>Effective Microorganism</i> 4 (EM4)	23
3.1. Alat Penelitian	25
3.2. Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp Pada Uji Pendahuluan	31
3.3. Pembuatan Larutan Standar Nitrat	35
4.1. Kelimpahan Sel Mikroalga <i>Chlorella</i> sp Selama Penelitian	37
4.2. Hasil Pengukuran Rata-rata Suhu Tiap Perlakuan	45
4.3. Rata-rata pH Tiap Perlakuan	47
4.4. Hasil Analisis Rata-rata Nitrat	49
4.5. Hasil Analisis Rata-rata Fosfat.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Morfologi <i>Chlorella</i> sp.....	9
2.2. Fase Pertumbuhan Mikroalga	15
3.1. Model Saringan	27
3.2. Bibit <i>Chlorella</i> sp	29
3.3. Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp pada Uji Pendahuluan.....	31
3.4. Haemocytometer Tipe Neubauer.....	33
4.1. Kelimpahan Pada Saat Penelitian.....	41
4.2. Rata-rata Pertumbuhan <i>Chlorella</i> sp	44
4.2. Rata-rata Pengukuran Suhu Tiap Perlakuan	46
4.3. Rata-rata Pengukuran pH Tiap Perlakuan	48
4.4. Kandungan Nitrat Selama Penelitian	50
4.5. Kandungan Fosfat Selama Penelitian.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bahan Penelitian	63
2. Alat Penelitian	64
3. Poses Penelitian	66
4. Hasil Penghitungan Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp Pada Penelitian Utama.....	67
5. Analisis Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp Pada Puncak Penelitian	69
6. Uji Newman Keuls Terhadap Pemanfaatan Limbah Lindi	70
7. Hasil Pengukuran pH Pada Penelitian Utama	71
8. Hasil Pengukuran Suhu Pada Penelitian Utama	72
9. Hasil Pengukuran Nitrat Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp	73
10. Hasil Pengukuran Fosfat Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp	74
11. Lay Out Penelitian	75

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lindi merupakan cairan dengan bau tidak sedap dan warna gelap yang umumnya mengandung bahan organik dan anorganik tinggi (Peng, 2017). Komposisi kimia dan mikrobiologis dari lindi bersifat kompleks dan bervariasi, karena merupakan hasil endapan sisa buangan, hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, cara operasional tempat pembuangan sampah dan proses dekomposisi sampah (El-fadel *et al.*, 2002 ; Kjeldsen *et al.*, 2002). Kandungan organik dan kelembaban yang tinggi pada awal proses biodegradasi dapat mempengaruhi kualitas pengolahan lindi (El-fadel *et al.*, 2002). Pertumbuhan *Chlorella pyrenoidosa* semakin meningkat hingga kepadatan sel 81 dan 105 kali lipat, menurunkan $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4(3)\text{-P}$, COD masing-masing 76,1, 75,8 dan 71,6 % dari 10% air lindi (Huang, 2002).

Darmasetiawan (2004) menyatakan bahwa lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga memiliki kandungan pencemar khususnya zat organik yang sangat tinggi. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik. Lindi (*leachate*) adalah cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi atau cairan yang melewati (*landfill*) dan bercampur serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan (*landfill*) tersebut.

Cairan dalam *landfill* merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran atau drainase permukaan, air hujan dan air tanah.

Dari hari ke hari sampah itu terus menumpuk dan terjadilah bukit sampah seperti yang sering kita lihat. Sampah merupakan masalah yang dihadapi hampir seluruh Negara di dunia. Tidak hanya di Negara-negara berkembang, tetapi juga di Negara-negara maju, sampah selalu menjadi masalah. Rata-rata setiap harinya kota-kota besar di Indonesia menghasilkan puluhan ton sampah. Sampah-sampah itu diangkut oleh truk-truk khusus dan dibuang atau ditumpuk begitu saja di tempat yang sudah disediakan tanpa diapa-apakan lagi. Pengelolaan sampah diantaranya dapat dimanfaatkan menjadi kompos organik yang didalamnya terkandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman (Nugroho, 2013). Diketahui pada tahun 2016 di Kota Pekanbaru sampah sebanyak 148,819,75 ton. Sedangkan rata-rata sampah/harinya yaitu 407,27 ton/hari. Tiap tahun limbah sampah Pekanbaru meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Pengelolaan sampah dengan cara mengangkut dan menimbunnya di Tempat Pembuangan Akhir. 10 persen mengubur sampah dengan cara pengomposan, 7 persen didaur ulang, 5 persen sistem pengelolaan dengan cara membakar dan 7 persen tidak dikelola. Setiap tahun kemampuan lahan TPA akan berkurang, hingga diperkirakan pada tahun 2020 kebutuhan akan lahan penuh (Dinas Kebersihan Kota Pekanbaru, 2013).

Masalah yang ada di Tempat Pembuangan Sampah (TPA) salah satunya adalah adanya lindi sampah. Lindi sering terkumpul pada pertengahan titik pada lahan urug. Lindi mengandung berbagai turunan senyawa kimia dari pelarutan sampah pada lahan timbun dan hasil reaksi kimia dan biokimia yang terjadi pada lahan urug. Apabila penanganan dan pengolahan lindi sampah tidak dilakukan secara optimal, lindi sampah ini akan masuk ke dalam air tanah ataupun ikut

terbawa dalam aliran permukaan. Upaya penanggulangan masalah ini dimulai dari tahap pemilihan lokasi, dan dilanjutkan sampai sarana TPA tersebut ditutup (Damanhuri, 2010).

Salah satu tempat pengolahan sampah untuk dijadikan pupuk kompos yaitu berada di Jalan Cempaka. Sampah yang masuk ke tempat pembuatan kompos rata-rata perhariya sekitar 1.000-15.000 kg dan perbulanya mencapai sekitar 15.600 kg, sedangkan untuk jenis sampah yang masuk yaitu kulit nanas, kulit jagung dan sayur yang diambil dari pasar Kodim. Pengolahan sampah dengan cara pengomposan baru sekitar 10 persen dari total 120.464.99 ton sampah yang ada di Kota Pekanbaru. Sejauh ini Pemerintah Kota Pekanbaru belum memiliki upaya untuk mengolah limbah lindi tersebut menjadi bentuk lainnya yang menguntungkan. Akibatnya sampai sekarang ini cairan limbah tersebut terbuang begitu saja sehingga sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun air permukaan dan dapat berbahaya bagi kesehatan manusia jika tidak ditangani dengan baik. Mengingat hal tersebut maka diperlukan strategi pengendalian pencemaran perairan dengan mengolah limbah lindi. Sebab setiap limbah seharusnya diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. Untuk mengatasi limbah dengan proses sesederhana mungkin dan juga biaya serendah mungkin (Dinas Kebersihan Kota Pekanbaru, 2013).

Citroreksono (1996) limbah lindi dapat diolah secara fisika, kimia, maupun biologi. Pengolahan limbah lindi secara biologi dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai dasar fungsional dalam proses penanganan. Salah satu upaya untuk mengatasi pencemaran limbah lindi yang memperhatikan sisi ekologis dan ekonomis adalah dengan pemanfaatan tanaman

renik berupa mikroalga *Chorella* sp karena limbah lindi mengandung bahan organik yang tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan *Chlorella* sp.

Steenblock (2000) menyatakan bahwa mikroalga *Chlorella* sp memiliki potensi sebagai pakan alami pada larva ikan, pakan ternak, suplemen, penghasil komponen bioaktif, penghasil oksigen, bahan farmasi dan kedokteran. Hal tersebut disebabkan karena *Chlorella* sp mengandung protein, karbohidrat, asam lemak tak jenuh, vitamin, klorofil, enzim dan serat yang tinggi.

Mikroalga merupakan organisme autotrof yang memanfaatkan unsur hara dari hasil pembusukan seperti ammonia, nitrat dan fosfat untuk tumbuh dan berkembang biak. Mikroalga dari jenis *Chorella* sp memiliki kemampuan hidup di perairan tercemar karena memiliki phytohormon dan polimine untuk beradaptasi pada lingkungan tercemar (Niczyporuk, 2012). *Chorella* sp menyerap bahan amonia nitrat dan fosfat tersebut sebagai sumber makanannya untuk menghasilkan biomassa yang tinggi. Semakin tinggi biomassa *Chorella* sp maka dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal.

Amaral (2013) menyatakan bahwa fermentasi merupakan proses mikrobiologi yang dikendalikan oleh manusia untuk memperoleh produk yang berguna, dimana terjadi pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anarob.

Penguraian dari kompleks menjadi sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi. Fermentasi terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai, proses ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan tersebut. Lama fermentasi dipengaruhi oleh faktor faktor yang secara langsung maupun tidak langsung

berpengaruh dalam proses fermentasi. Pada proses fermentasi terjadi dekomposisi terhadap bentuk fisik padatan dan pembebasan sejumlah unsur penting dalam bentuk senyawa-senyawa kompleks maupun senyawa-senyawa sederhana ke dalam larutan fermentasi (Handayani *dkk.*, 2015).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian tentang ‘‘Pemanfaatan Limbah Lindi yang di Fermentasi Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp’’ sehingga ilmu yang didapatkan nantinya dapat diterapkan kepada oleh lingkungan sekitar.

1.2. Rumusan Masalah

Tingginya kandungan senyawa organik akan berdampak negatif terhadap lingkungan perairan jika langsung dibuang tanpa ada pengolahan terlebih dahulu, sehingga akan mempengaruhi kehidupan organisme akuatik. Pada tempat pembuangan akhir sampah menghasilkan aliran limbah lindi yang telah melalui beberapa proses kimia serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan (*landfill*) tersebut dengan kandungan senyawa organik yang tinggi. Kandungan senyawa dalam limbah akan terdekomposisi menjadi senyawa anorganik seperti nitrat dan fosfat yang dapat direduksi dengan memanfaatkan *Chlorella* sp. Hal ini membuat limbah lindi diperkirakan cocok untuk media pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp baik skala laboratorium maupun skala lapangan. Berdasarkan data dan fakta yang ada maka dapat dirumuskan permasalahan yang harus dikaji dalam penelitian ini yaitu :

1. Apakah ada pengaruh pemberian limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp dengan pemberian dosis yang berbeda ?

2. Berapakah jumlah dosis yang terbaik dari fermentasi limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pemberian limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp dengan dosis yang berbeda.
2. Mengetahui jumlah dosis yang terbaik dari fermentasi limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menambah pengetahuan penulis dan para pengembang usaha perikanan lainnya.
2. Menjadi acuan dalam kegiatan pengembangan pakan alami khususnya tentang *Chlorella* sp.
3. Menjadi salah satu landasan bagi penelitian selanjutnya berkaitan dengan pengembangan mikroalga *Chlorella* sp.

1.4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah .:

H₀ :Tidak ada pengaruh konsentrasi limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.

H₁ :Ada pengaruh pemberian limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.

1.5. Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang diambil dianggap mewakili keadaan pada keseluruhan sampel.
2. Tingkat keahlian dan ketelitian dalam setiap pengambilan sampel sama.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi dan Morfologi *Chlorella* sp

Niczyporuk (2012) menyatakan bahwa *Chlorella* sp merupakan salah satu mikroalga hijau yang mempunyai kandungan esensial yang bermanfaat bagi manusia yang mengandung 50% protein, lemak serta vitamin A, B, D, E dan K. Mikroalga ini mampu hidup di perairan tercemar karena *Chlorella* sp Memiliki phytohormon dan polyamine untuk beradaptasi pada lingkungan tercemar. Bold dan Wynne (1985) mengategorikan *Chlorella* sp ke dalam kelompok alga hijau yang memiliki jumlah genera sekitar 450 dan jumlah spesies lebih dari 7500.

Chlorella sp merupakan mikroalga yang termasuk dalam kelas alga hijau atau *Chlorophyceae*. Mikroalga ini belum memiliki akar, batang, dan daun sejati, tetapi telah memiliki pigmen klorofil sehingga bersifat fotoautotrof. Tubuhnya terdiri atas satu sel (uniseluler) dan ada juga yang bersel banyak (multiseluler) dengan sifat yang cenderung membentuk koloni. Mikroalga ini banyak tersebar di habitat air maupun tanah dan diduga sebagai asal mula tumbuhan (Sylvester *et al.*, 2002).

Bold dan Wynne (1985) dan Vashista (1995) mengklasifikasi adalah sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta

Kelas : Chlorophyceae

Ordo : Chlorococcales

Familia : Oocystaceae

Genus : *Chlorella*

Spesies : *Chlorella* sp

Chlorella sp adalah mikroalga uniseluler yang berwarna hijau dan berukuran mikroskopis, diameter selnya berukuran 3-8 mikrometer, berbentuk bulat seperti bola atau bulat telur, tidak mempunyai flagella sehingga tidak dapat bergerak aktif, dinding selnya terdiri dari selulosa dan pektin, tiap-tiap selnya terdapat satu buah inti sel dan satu kloroplas. *Chlorella* sp merupakan alga yang kosmopolit, terdapat di air payau, air laut dan air tawar (Kumar *et al.*, 2010).

Chlorella sp merupakan organisme eukariotik (memiliki inti sel) dengan dinding sel yang terdiri atas selulosa dan pektin, sedangkan protoplasmanya berbentuk cawan (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).



Gambar 2.1. Morfologi *Chlorella* sp

Sumber: http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/unicells/non_flagellated/CHLORELLA/Chlorella_Image_page.htm.

2.2. Habitat dan Ekologi

Menurut Hirata *dalam* Rostini (2007) beberapa spesies *Chlorella* sp air laut dapat mentolerir kondisi lingkungan yang relatif bervariasi. Tumbuh optimal pada salinitas 25-34 ppt, sementara pada salinitas 15 ppt tumbuh lambat dan tidak tumbuh pada salinitas 0 ppt dan 60 ppt. Contoh *Chlorella* sp yang hidup di air laut

adalah *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella virginica* dan lain-lain (Isnansetyo dan Kurniastuty, 2007).

Dolan (1992) menyatakan umumnya *Chlorella* sp bersifat planktonis yang melayang di perairan, namun beberapa jenis *Chlorella* juga ditemukan mampu bersimbiosis dengan hewan lain misalnya *Hydra* dan beberapa *Ciliata* air tawar seperti *Paramecium bursaria*.

Bold dan Wynne (1985) menyatakan bahwa berdasarkan habitat hidupnya *Chlorella* sp dapat dibedakan menjadi *Chlorella* sp air tawar dan *Chlorella* sp air laut. *Chlorella* sp air tawar dapat hidup dengan kadar salinitas hingga 5 ppt, sementara *Chlorella* sp air laut dapat mentoleril salinitas antara 33- 40 ppt.

2.3. Nutrien

Nutrien adalah elemen kimia penting yang dibutuhkan mikroalga untuk tumbuh dan berkembang. Nutrien terdiri dari unsur-unsur makro dan unsur hara mikro. Beberapa contoh makro nutrien untuk pertumbuhan *Chlorella* sp adalah senyawa organik seperti N, K, Mg, S, P dan Cl sedangkan mikro nutrien Fe, Cu, Zn, Mn, B dan Mo (Oh-hama dan Miyachi dalam Prabowo, 2009). Unsur hara tersebut diperoleh dalam bentuk persenyawaan dengan unsur hara lain. Tiap unsur hara memiliki fungsi-fungsi khusus yang tercermin pada pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai oleh organisme yang dikultur tanpa mengesampingkan pengaruh dari lingkungan (Prabowo, 2009).

Sehingga apabila kekurangan salah satu dari unsur tersebut akan menghambat pertumbuhannya. Secara umum telah diketahui bahwa pertumbuhan mikroalga di perairan umum sangat dipengaruhi nitrogen dan fosfor (Komarawidjaja, 2010). Dibandingkan dengan karbon, hydrogen dan oksigen,

fosfor dan nitrogen adalah kecil kualitasnya, sehingga di perairan umum kedua unsur ini dianggap sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan mikroalga. Lebih spesifik telah diketahui bahwa fosfor adalah unsur hara yang sering menjadi faktor pembatas pertumbuhan mikroalga di perairan. Sedangkan nitrogen sering menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan mikroalga di perairan pesisir.

Tabel 2.1. Kandungan Nutrisi *Chlorella* sp.

Komposisi	Jumlah (%)
Protein	30-55
Karbohidrat	10-30
Lemak	10-25
Mineral	10-40
Asam Nukleat	4-6

Sumber: Pranayogi, D. (2003)

Di Indonesia suplemen yang bahan dasarnya diperoleh dari mikroalga diberi nama dengan Hi-Liena dari jenis *Spirulina* sp, *Dunaliella*, dari *Dunaliella* sp, *Clostanin* dari jenis *Chlorella* sp. Produk non pangan dari seperti *body lotion*, sampo dengan merk Miho *body lotion* dan Miho *body sampo* dengan bahan dasar *Chlorella* sp (Kabinawa, 2001). Selain itu, *Chlorella* sp juga memiliki daya biosorpsi yang kuat terhadap logam berat, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menetralsir limbah industri. Pada negara maju *Chlorella* sp disamping didapatkan melalui proses bioteknologi, mereka juga mengembangkan metode budidaya dengan teknik kultur (Dainith and Meley, 1993).

Nitrat (NO_3) Ammonium (NH_4) dan Orthofosfat (PO_4) adalah bentuk nutrient yang siap digunakan oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis. Di perairan laut, kandungan nutrien-nutrien tersebut secara alamiah sangat bervariasi tergantung letak geografis dan musim. Di perairan laut yang terletak disekitar

khatulistiwa kandungan nutrient di lapisan atas sepanjang tahun cenderung rendah tidak fluktuatif. Sedangkan daerah yang mempunyai 4 musim sangat berfluktuatif. Hal ini disebabkan karena pada perairan sekitar khatulistiwa fotosintesis terjadi sepanjang tahun dan penambahan nutrient dari dasar laut akibat pengadukan tidak terjadi. Sebaliknya di perairan laut memiliki 4 musim, suplai nutrient dari lapisan bawah akibat pengadukan terjadi pada musim gugur dan dingin. Sedangkan pemakaian nutrient melalui proses fotosintesis terjadi pada musim semi dan panas (Komarawidjaja, 2010).

2.4. Reproduksi *Chlorella* sp

Proses reproduksi *Chlorella* sp dapat dibagi menjadi 4 tahap (Khumar dan Singh dalam Zahara, 2010) yaitu :

1. Tahap pertumbuhan, pada tahap ini sel *Chlorella* sp tumbuh membesar.
2. Tahap pemasakan awal saat terjadi peningkatan aktivitas sintesa yang merupakan persiapan awal pembentukan autospora.
3. Tahap pemasakan akhir, pada saat ini autospora terbentuk.
4. Tahap pelepasan autospora, dinding sel induk akan pecah dan diikuti oleh pelepasan autospora yang akan tumbuh menjadi sel induk muda.

Reproduksi *Chlorella* sp dengan cara aseksual dengan pembentukan autospora yang merupakan bentuk miniature dari sel induk (*parent cell*) akan membelah menjadi sel-sel anak (*daughter cell*) dan melepaskan diri dari induknya (Bold dan Wynne, 1985).

2.5. Kultur *Chlorella* sp

Menurut Bold dan Wynne (1985) pertumbuhan *Chlorella* sp dalam kultur di

pengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : medium, nutrient, dan unsur hara, cahaya, temperature, serta salinitas. Medium merupakan tempat hidup bagi kultur *Chlorella* sp yang akan dibudidayakan. Bahan dasar untuk preservasi medium yang akan digunakan adalah agar-agar.

Nutrien terdiri atas unsur-unsur hara makro (*macronutrients*) dan unsur hara mikro (*micronutrients*). Contoh unsur hara makro untuk pertumbuhan *Chlorella* sp adalah senyawa organik seperti N, K, Mg, S, P dan Cl. Unsur hara mikro adalah Fe, Cu, Zn, Mn, B dan Mo (Oh-hama dan Miyachi, 1988). Unsur hara tersebut diperoleh dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain (Bold, 1980).

Kebutuhan nutrisi untuk tujuan kultur mikroalga harus tetap terpenuhi melalui penambahan media pemupukan guna menunjang pertumbuhan mikroalga. Unsur N, P dan S penting untuk sintesa protein. Unsur K berfungsi dalam metabolisme karbohidrat. Unsur Cl dimanfaatkan untuk aktivitas kloroplas, unsur Fe dan Na berperan dalam pembentukan klorofil, sementara Si dan Ca diperlukan dalam jumlah banyak untuk pertumbuhan cangkang beberapa jenis fitoplankton (Isnantyo dan Kurniastuty, 1995).

Tiap unsur hara memiliki fungsi-fungsi khusus yang tercermin pada pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai oleh organisme yang dikultur tanpa mengesampingkan pengaruh dari lingkungan. Cahaya merupakan sumber energi untuk melakukan fotosintesis. Cahaya matahari yang diperlukan untuk mikroalga dapat digantikan dengan lampu TL atau tungsten (Oh-hama dan Miyachi dalam Prabowo, 2009). intensitas cahaya untuk *Chlorella* sp berada pada intensitas tersebut dicapai, maka fotosintesis tidak lagi meningkat sehubungan dengan peningkatan porsi intensitas cahaya (Basmi dalam Prabowo, 2009).

Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga dikultur terbuka antara lain: cahaya, temperature, tekanan osmosis, pH, air, salinitas, kandungan O₂ dan aerasi (Isnantyo dan Kurniastuty, 2009).

Nilai pH medium kultur merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya akan mengurangi aktifitas fotosintesis mikroalga (Noue dan Pauw, 1988). Namun menurut Oh- Hama dan Miyachi (1988) pada umumnya strain *Chlorella* sp mampu bertoleransi terhadap kisaran salinitas dan pH yang cukup lebar. Nielsa dalam Prihantini *et al.*, (2005) menyatakan bahwa pH yang sesuai untuk pertumbuhan *Chlorella* sp berkisar 4,5 – 9,3.

Chlorella sp memiliki toleransi kisaran salinitas yang tinggi dan dapat hidup pada kisaran salinitas 0-35 ppt (dari air tawar sampai air laut). *Chlorella* sp air laut dapat tumbuh pada salinitas 15-35 ppt (Hirata dalam Rostini, 2007). Salinitas yang paling optimal bagi pertumbuhan *Chlorella* sp air tawar adalah 10-20 ppt, sementara untuk *Chlorella* sp air laut adalah 25-28 ppt (Isnantyo dan Kurniastuty, 1995).

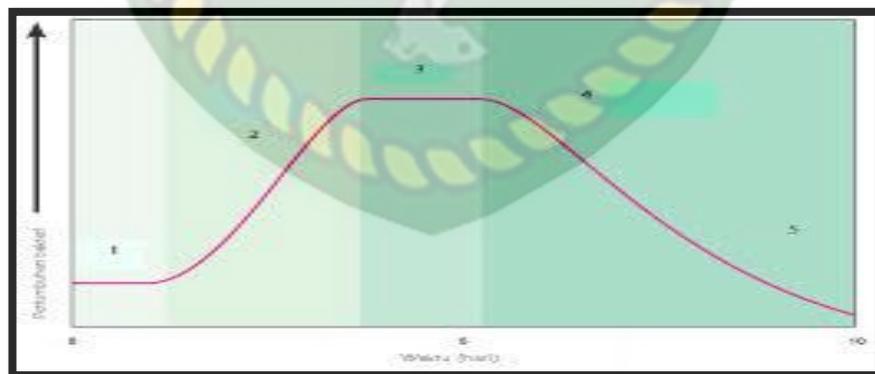
Kisaran temperatur optimal bagi pertumbuhan *Chlorella* sp adalah 25-30 °C (Isnantyo dan Kurniastuty, 1995). Menurut Taw dalam Prabowo (2009) untuk kultur *Chlorella* sp diperlukan temperature antara 25-35 °C. Temperature mempengaruhi proses-proses fisika, kimia, biologi yang berlangsung dalam sel mikroalga. Peningkatan temperatur hingga batas tertentu akan merangsang aktifitas molekul, meningkatnya laju difusi dan juga laju fotosintesis (Sachlan, 1982).

2.6. Pertumbuhan *Chlorella* sp

Isnantyo dan Kurniastuty (1995) menyatakan hingga saat ini kerapatan sel digunakan secara luas untuk mengetahui pertumbuhan fitoplankton dalam kultur pakan alami. Ada lima fase pertumbuhan fase lag, logaritmik, berkurangnya pertumbuhan relatif, stasioner dan kematian.

Pertumbuhan jasad hidup dapat ditinjau dari dua segi yaitu pertumbuhan secara individu dan pertumbuhan secara kelompok dalam satu populasi. Pertumbuhan individu diartikan sebagai adanya penambahan volume sel serta bagian-bagian lainnya dan diartikan pula sebagai penambahan kuantitas isi dan kandungan di dalam selnya. Pertumbuhan populasi merupakan akibat adanya pertumbuhan individu. Pada organisme, pertumbuhan dapat berubah langsung menjadi pertumbuhan populasi (Suriawiria, 2005).

Pertumbuhan mikroalga dibagi dalam lima fase pertumbuhan, yaitu fase lag, fase logaritmik atau eksponensial, fase penurunan laju pertumbuhan, fase stationer, dan fase kematian (Kawaroe, 2010).



Gambar 2.2. Fase Pertumbuhan Mikroalga

1. Fase Lag (Adaptasi)

Selama fase ini pertumbuhan tidak nyata terlihat karena itu fase ini juga dinamakan fase adaptasi. Ukuran sel pada fase ini pada umumnya meningkat.

Secara biologis mikroalga sangat aktif dan terjadi proses sintesis protein baru. Organisme mengalami metabolisme tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatan sel belum meningkat karena mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan barunya.

2. Fase Logaritmik (Eksponensial)

Fase ini di bawah pembelahan sel dengan laju pertumbuhan tetap. Pada kondisi kultur yang optimum maka laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai maksimal karena pada fase ini melakukan konsumsi nutrient dan proses fisiologis lainnya. Menurut Isnantyo dan Kurniastuty (1995) *Chlorella* sp dapat mencapai fase ini dalam waktu 4-6 hari.

3. Fase berkurangnya pertumbuhan relatif

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

4. Fase Stasioner

Pada fase ini pertumbuhan mulai mengalami penurunan dibandingkan dengan fase logaritmik. Pada fase ini laju reproduksi sama dengan laju kematian. Dengan demikian penambahan dan pengurangan jumlah mikroba relatif sama atau seimbang sehingga kepadatan mikroalga tetap.

5. Fase kematian

Pada fase ini laju kematian lebih cepat dari laju reproduksi. Jumlah sel menurun secara geometrik. Penurunan kepadatan mikroalga ditandai dengan perubahan kondisi optimum yang dipengaruhi oleh suhu, cahaya, pH, ketersediaan, unsur hara dan beberapa kondisi lingkungan lainnya yang saling terkait satu sama lain.

2.7. Peran Mikroalga dalam Mendegradasi Limbah Lindi

Dwipayana dan Ariesyady (2011) biodegradasi adalah suatu proses oksidasi senyawa organik dan anorganik oleh mikroorganismenya baik di tanah maupun perairan ataupun pengolahan air limbah. Biodegradasi merupakan salah satu pengolahan limbah secara biologi yang sering dipilih karena efektif untuk pengolahan limbah organik terlarut dan membutuhkan biaya yang tidak banyak. Namun keberhasilan pengolahan secara biologi sangat tergantung kepada aktivitas dan kemampuan mikroorganismenya pendegradasi bahan organik dan karbondioksida dalam limbah (Syamsudin, 2006).

Mikroalga *Chlorella* sp memiliki kemampuan menyerap logam yang terlarut dalam air yang digunakan untuk membantu metabolisme *Chlorella* sp logam tersebut diserap lalu disimpan dalam pyrenoid ganggang. Suhendrayatna (2001) mengungkapkan bahwa protein dan polisakarida pada *Chlorella* sp memegang peranan yang sangat penting dalam proses biosorpsi ion logam berat sampai konsentrasi tertentu tanpa menyebabkan keracunan pada organismenya tersebut.

Hal ini dikarenakan terjadinya ikatan kovalen antara ion logam berat dengan gugus amino dan gugus karbonil. Sembiring *et al.*, (2008) mengungkapkan bahwa *Nannochloropsis* sp dapat digunakan sebagai biosorben karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat dan tidak memiliki proteksi khusus untuk masuknya logam berat ke dalam sel.

Chen *et al.*, (2006) *Chlorella* sp dinilai efektif mereduksi emisi CO₂ karena kemampuannya menghambat CO₂ dalam proses fotosintesisnya. Proses penyerapan CO₂ oleh *Chlorella* sp terjadi pada proses fotosintesis, dimana CO₂ digunakan untuk reproduksi sel-sel tubuhnya. Pada proses fotosintesis tersebut

selain mengfiksasi gas CO₂ juga memanfaatkan nutrisi yang ada dalam badan air. Nutrien dapat berasal dari material yang sengaja ditambahkan atau yang berasal dari limbah cair itu sendiri. Penggunaan limbah cair sebagai input nutrisi akan mengurangi biaya operasional sekaligus meningkatkan nilai guna *Chlorella* sp sebagai penyerapan emisi gas CO₂ dan juga dapat memperbaiki kualitas limbah cair (Anderson, 2005).

2.8. Parameter Kualitas Limbah Lindi

2.8.1. Suhu

Suhu air merupakan faktor penting bagi organisme perairan yang selalu dipengaruhi oleh musim, cuaca waktu pengukuran dalam air. Bishop dalam Sidabutar (2016) menerangkan bahwa suhu air juga merangsang perkembangan organisme perairan. Stratifikasi suhu air diperlukan dalam rangka penyebaran oksigen sehingga dengan adanya stratifikasi suhu air lapisan dasar tidak terjadi anaerob. Suhu merupakan besaran fisika yang menyatakan banyaknya panas yang terkandung dalam suatu benda, semakin tinggi suhu akan menyebabkan daya racun zat semakin tinggi, pertumbuhan organisme dan makhluk air lainnya seperti ikan akan terganggu (Hutagalung, 1994).

Suhu berpengaruh langsung karena suhu kimia enzimatik yang berperan dalam proses fotosintesis dikendalikan oleh suhu. Peningkatan suhu sampai batas tertentu akan menaikkan laju fotosintesis (Nontji, 2006). Suhu optimal kultur fitoplankton secara umum antara 16-36 °C. Suhu di bawah 16 °C dapat menyebabkan kecepatan pertumbuhan turun, sedangkan suhu di atas 36 °C dapat mengakibatkan kematian pada jenis tertentu (Cotteau, 1998 dan Taw, 1990).

Naiknya suhu perairan akan mengakibatkan penurunan kelarutan gas O₂, CO₂, N₂, CH₄ dan sebagainya (Haslam, 1992). Suhu air limbah yang relatif tinggi ditandai dengan munculnya ikan-ikan dan hewan air lainnya ke permukaan untuk mencari oksigen (Kristanto, 2002).

2.8.2. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH media kultur merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis fitoplankton dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya, akan mengurangi aktivitas fotosintesis fitoplankton (De La Noue *dalam* Ervandi, 2014). pH yang sesuai untuk perkembangbiakan *Chlorella* sp berki sar antara 4,5-9,3 dan kisaran optimum untuk *Chlorella* sp. laut berkisar antara 7,8 – 8,5. Secara umum kisaran pH yang optimum untuk produksi *Chlorella* sp adalah antara 7-9 (Nielsen *dalam* Ervandi, 2014).

Nilai pH merupakan indikasi air bersifat asam, basa atau netral. pH perairan mempengaruhi daya tahan organisme, dimana pH perairan yang rendah akan menyebabkan penyerapan oksigen oleh organisme, akan terganggu (Pennak, 1973). Wardoyo (1981) menyatakan bahwa pH perairan yang mendukung kehidupan organisme adalah 5-9. Apabila kurang dari itu maka organisme perairan dapat mengalami kematian.

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hydrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman dan kebasaan. Menurut Suriawiria (2005) batas pH untuk pertumbuhan mikroorganisme merupakan suatu gambaran dari batas pH bagi kegiatan enzim. Untuk tiap organisme dikenal dengan nilai pH minimum, optimum dan maksimum. Variasi pH dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan

mikroalga dalam beberapa hal, antara lain mengubah keseimbangan dari karbon organik, mengubah ketersediaan nutrisi, dan dapat mempengaruhi fisiologi sel.

2.8.3. Nitrat (NO_3)

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama untuk nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003). Senyawa ini dihasilkan dari oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrat menyebabkan kualitas air menurun yakni menurunnya DO, menurunkan populasi ikan, bau busuk (Alaerts dan Santika, 1984).

Menurut Metcalf dan Eddy dalam Fitria (2008) nitrogen organik berhubungan dengan *suspended solid* dalam air limbah dengan sedimentasi dan filtrasi. Nitrogen organik yang berwujud padat dapat langsung masuk ke dalam tanah yang memiliki molekul organik kompleks yaitu karbohidrat, protein, dan lignin. Beberapa nitrogen organik dihidrolisis menjadi asam amino yang terlarut dan memungkinkan pemecahan lebih lanjut untuk melepaskan ion amonia (NH_4^+).

Unsur nitrogen berfungsi sebagai nutrisi atau biostimulan karena memiliki peranan yang penting untuk pertumbuhan protista dan tumbuhan. Unsur nitrogen harus berada dalam lingkungan perairan untuk mendukung rantai makanan (Davis dan Comwell dalam Fitria, 2008).

Nitrat adalah unsur hara yang diperlukan untuk proses fotosintesis (Herawati, 2008). Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi

aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri Nitrosomonas, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri Nitrobacter. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. Akibat nitrogen yang berlebihan akan menghasilkan senyawa nitrat, dimana senyawa ini dalam jumlah besar di air akan menyebabkan methaemoglobinemia yakni suatu kondisi dimana haemoglobin di dalam darah kekurangan oksigen hal ini dapat mengakibatkan pengaruh fatal serta dapat menyebabkan kematian khususnya pada ikan (Subarijanti, 2005).

Nutrien organik menjadi faktor penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton untuk pertumbuhan dan respirasinya (Nitrat, Nitrit). Konsentrasi nitrat minimum yang diizinkan KLH tahun 1995 sebanyak 0,08 mg/L. Menurut Alaerts dan Santika (1987) kandungan nitrat yang baik untuk perkembangan organisme di perairan berkisar antara 0,002-0,012 mg/L. Sedangkan menurut Effendi (2003) bahwa nitrat digunakan mikroalga sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan yang dimana nitrat tersebut akan diubah menjadi protein.

2.8.4. Fosfat

Semua bentuk limbah organik yang diuraikan oleh bakteri akan selalu mengandung nutrisi (N dan P) yang merupakan indikator tingkat kesuburan perairan. Ketersediaan nutrisi N dan P dapat dilihat dari tingkat konsentrasi N (total nitrogen). Senyawa pospat juga dapat bersumber dari limbah rumah tangga limbah pertanian, limbah perikanan dan juga limbah industri (Effendi, 2003).

Fosfat merupakan unsur yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas primer ekosistem. Fosfat juga dapat mempengaruhi adanya *blooming algae* dan

merupakan penyebab eutrofikasi. Menurut Alaerts dan santika *dalam* Widyaningsih (2011) bahwa senyawa fosfat di perairan dipengaruhi oleh limbah penduduk, industri dan pertanian. Pengamatan tentang dilakukan pada saat terjadi berbagai musim, akhir dari musim banjir, musim debit air tinggi dan sampel mingguan.

Menurut Loehr (1974) alga dapat menyimpan kelebihan nutrisi dalam masa selnya. Oleh karena itu dapat digunakan sebagai alat untuk mengambil beberapa nutrisi yang terdapat pada hasil buangan limbah cair dengan kondisi lingkungan yang terkena cahaya matahari.

2.9. Fermentasi

Menurut Elyana (2011) fermentasi merupakan suatu proses yang melibatkan reaksi oksidasi reduksi sehingga terjadi perombakan kimia terhadap suatu senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh makhluk hidup. Senyawa kompleks yang berupa karbohidrat, protein dan lemak akan diubah menjadi glukosa, asam amino, asam lemak dan gliserol. Keuntungan lain dari proses fermentasi adalah meningkatnya gizi dan daya simpan pakan karena proses fermentasi akan merombak senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga mudah diserap oleh tubuh.

Buckle *et al.*, *dalam* Elyana (2011) menyatakan bahwa protein, lemak dan polisakarida dapat dihidrolisis sehingga bahan pangan setelah difermentasi mempunyai daya cerna yang lebih tinggi. Selain itu, selama proses fermentasi berlangsung, akan terjadi penurunan pH yang akan menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk sehingga daya simpan pakan buatan lebih lama. Selama proses fermentasi, perombakan senyawa kompleks akan menghasilkan senyawa volatil

yang mempunyai aroma khas. Senyawa volatil inilah yang akan memperbaiki aroma dan cita rasa pakan buatan hasil fermentasi sehingga ikan akan terangsang untuk mengkonsumsi pakan lebih banyak.

2.10. *Effective Microorganism4* (EM4)

Effective Microorganism4 (EM4) merupakan mikroorganisme (bakteri) pengurai yang dapat membantu dalam pembusukan sampah organik (Suparman dalam Ardiningtyas, 2013). *Effective Microorganism4* (EM4) berisi sekitar 80 genus mikroorganisme fermentasi, di antaranya bakteri fotosintetik, *Lactobacillus* sp., *Streptomyces* sp., *Actinomycetes* sp dan ragi (Redaksi AgroMedia, 2007).

Tabel 2.2. Komposisi Bioaktivator *Effective Microorganism4* (EM4)

No	Jenis Mikroba dan Unsur Hara	Nilai
1.	<i>Lactobacillus</i>	8,7 x 10 ⁵
2.	Bakteri Pelarut Fosfat	7,5 x 10 ⁶
3.	Ragi/ <i>Yeast</i>	8,5 x 10 ⁶
4.	<i>Actinomycetes</i>	+
5.	Bakteri Fotosintetik	+
6.	Ca (ppm)	1,675
7.	Mg (ppm)	597
8.	Fe (ppm)	5,54
9.	Al (ppm)	0,1
10.	Zn (ppm)	1,90
11.	Cu (ppm)	0,01
12.	Mn (ppm)	3,29
13.	Na (ppm)	363
14.	B (ppm)	20
15.	N (ppm)	0,07
16.	Ni (ppm)	0,92
17.	K (ppm)	7,675
18.	P (ppm)	3,22
19.	Cl (ppm)	414,35
20.	C (ppm)	27,05
21.	pH	3,9

Sumber : Ardiningtyas (2013)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 20 hari, dimulai pada bulan Oktober 2019. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikroalga bertempat di Balai Benih Ikan (BBI) Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.

3.2. Bahan Penelitian

3.2.1. Air

Pada penelitian ini air diperlukan untuk media pengkulturan *Chlorella* sp, air yang digunakan adalah air galon sebanyak 5 L/wadah. Sebelum menggunakan air galon tersebut cek terlebih dahulu derajat keasaman pada air galon yaitu 6.

3.2.2. Limbah Lindi

Limbah lindi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari tempat pengolahan kompos milik Dinas Kebersihan Kota Pekanbaru di jalan Cempaka Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru.

3.2.3. Mikroalga *Chlorella* sp

Mikroalga *Chlorella* sp berasal dari Laboratorium Mikroalga Prof. Dr. T. Dahril, M.Sc. Bibit mikroalga *Chlorella* sp yang dibutuhkan sebanyak 1 liter.

3.3. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel. 3.1. Alat Penelitian

No	Bahan	Unit	Keterangan
1.	Botol ukuran 6 liter	15	Wadah budidaya
2.	Batu aerasi	15	Menyuplai oksigen
3.	Selang	1	Menghubungkan oksigen dari blower ke media budidaya
4.	Blower	1	Penghasil oksigen
5.	Lampu	2	Pencahayaan
6.	Gelas ukur	1	Mengukur jumlah bahan
7.	Pipet tetes	1	Untuk pengambilan sampel
8.	Botol sampel	15	Untuk pengambilan sampel
9.	Kertas lakmus	1	Mengukur pH
10.	Thermometer	1	Mengukur suhu
11.	Panci	1	Untuk Merebus Lindi
12.	Mikroskop	1	Mengamati <i>Chlorella</i> sp
13.	Haemocytometer	1	Menghitung jumlah <i>Chlorella</i> sp
14.	Alat tulis	1	Mencatat hasil perhitungan jumlah <i>Chlorella</i> sp
15	Model Saringan	1	Untuk Menyaring Air Lindi

3.4. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 pelakuan dan 3 ulangan sebagai berikut:

P1 : penambahan dosis 2,5 cc/L Lindi

P2 : penambahan dosis 5 cc/L Lindi

P3 : penambahan dosis 7,5 cc/L Lindi

P4 : penambahan dosis 10 cc/L Lindi

P5 : penambahan dosisi 12,5 cc/L Lindi

Model matematis RAL satu faktor menurut Sudjana (1992) adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} : Variabel yang diukur

μ : Efek rata-rata

τ_i : Efek dari perlakuan ke $-I$ yang sebenarnya

ϵ_{ij} : Efek kesalahan pada perlakuan $-i$ dan ulangan ke- j

i : Taraf perlakuan

j : 1,2 dan 3 (ulangan)

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan agar seluruh alat dan bahan penelitian dapat mendukung setiap pelaksanaan penelitian dengan optimal. Persiapan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu persiapan alat dan bahan, mensterilisasi alat penelitian, penyiapan bahan seperti fermentasi Limbah lindi, air, penyiapan bibit dan penyusunan peralatan penelitian. Tahapan persiapan penelitian dijelaskan sebagai berikut.

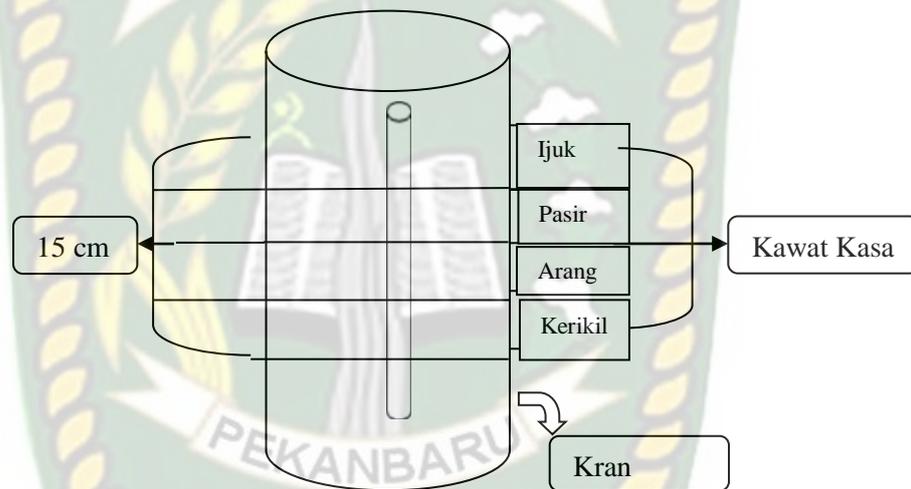
1. Penyiapan Media Penyaringan

Saringan yang digunakan terbuat dari drum plastik yang berisi ijuk, pasir, arang dan kerikil. fungsi dari penyaringan ini adalah untuk memisahkan padatan tersuspensi yang terdapat pada limbah lindi.

Media Penyaringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsep saringan (*Dahril Filter*). Saringan Dahril tersebut terbuat dari drum plastik yang didalamnya terdapat saringan yang berasal dari beberapa bahan yaitu ijuk, pasir, arang dan kerikil. susunan saringan berupa ijuk, pasir, arang dan kerikil dengan

ketebalan masing-masing lapisan sekitar 15 cm. pada bagian bawah drum diberi ruang kosong untuk menampung limbah lindi yang telah tersaring.

Pada bagian yang kosong ini dibuat kran air untuk saluran keluar limbah lindi. Setiap lapisan bahan penyaringan dibatasi kawat kasa yang bertujuan untuk mencegah agar bahan tidak bercampur. Tujuan penyaringan ini adalah untuk menghilangkan zat-zat padat tersuspensi atau proses pemisahan antara padatan/koloid dengan cairan.



Gambar 3.1. Model Saringan

2. Sterilisasi Alat dan Media Kultur *Chlorella* sp

Sterilisasi bertujuan untuk menghilangkan keberadaan mikroorganisme atau zat pengganggu pada alat dan media kultur yang akan digunakan selama penelitian. Alat yang akan digunakan terlebih dahulu disterilkan dengan cara dicuci dengan menggunakan sabun dan dibilas di air bersih, kemudian dibilas kembali dengan air dingin hasil rebusan lalu disemprotkan dengan alkohol 96% untuk membunuh bakteri dan terakhir dibilas dengan akuades hingga bau alkohol hilang. Kemudian dilakukan pengeringan peralatan dengan meniriskannya di atas

rak yang telah disemprot alkohol Sebelumnya. Wadah kultur setelah kering ditutup dan disumbat dengan kapas steril atau ditutup rapat dengan aluminium.

3. Penyiapan Limbah Lindi

Limbah lindi diambil langsung dari tempat pembuangan akhir sampah di Pekanbaru di jalan Cempaka milik Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru. Limbah lindi dibiarkan terlebih dahulu selama lima hari sebelum masuk ke dalam penyaringan. Hal ini bertujuan agar bakteri yang terdapat dalam limbah lindi melakukan proses dekomposisi terhadap bahan-bahan organik yang akan dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp untuk melakukan fotosintesis. Kemudian limbah lindi dimasukkan ke dalam media penyaringan.

4. Perebusan

Perebusan dilakukan supaya bakteri pathogen yang berada di dalam Limbah Lindi dapat terbunuh sehingga tidak mengganggu dalam proses fermentasi dan pada saat penelitian. Limbah lindi direbus dengan menggunakan panci hingga mendidih pada suhu 100 C° kemudian dinginkan dalam bak dan setelah dingin dilakukan penyaringan dari sisa-sisa kotoran.

5. Proses Fermentasi Limbah Lindi dengan EM4

Fermentasi dilakukan setelah proses penyaringan. Kemudian fermentasi limbah lindi dilakukan dengan cara menambahkan gula merah (100 gr) dan EM4 (350 mL) kedalam limbah lindi (750 mL) kemudian tunggu hingga 7 hari.

6. Penyusunan Alat Penelitian

Susunan peralatan dalam penelitian ini adalah susunan peralatan kultur yang dilakukan di ruangan tertutup. Ruang tersebut dikondisikan agar pertukaran udara dan cahaya dari luar ke dalam ruang kultur tersebut terjamin minimal. Rangkaian

susunan peralatan kultur tersebut menggunakan rak yang terbuat dari Besi dengan ukuran 2 x 2 x 0,4 (m) sebagai tempat diletakkannya wadah kultur yang digunakan adalah galon model guci per 6 liter sebanyak 15 buah dan masing-masing bagian tutup wadah tersebut dipasang selang aerasi dan bola lampu neon 36 W sebanyak 6 buah sebagai sumber cahaya di dalam ruang kultur.

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah pipit tetes akurat, mikroskop komputer, blower, gelas ukur, pH meter, drum plastik, haemocytometer, batu aerasi, botol sampel dan selang aerasi.

7. Penyiapan Bibit *Chlorella* sp

Bibit *Chlorella* sp ini berasal dari Universitas Riau Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan di Laboratorium Mikroalga bapak Prof. Dr. Ir. T. Dahril, M. Sc. Kemudian bibit *Chlorella* sp ini dikultur di wadah kultur agar memperbanyak jumlah *Chlorella* sp dan mudah dalam melakukan penelitian. Bibit *Chlorella* sp dapat dilihat pada Gambar. 3.2.



Gambar 3.2. Bibit *Chlorella* sp

8. Pengamatan dan Penghitungan *Chlorella* sp

Untuk mengetahui kelimpahan *Chlorella* sp maka pengamatan dan penghitungan dilakukan dihari ke 2. Penghitungan *Chlorella* sp dilakukan setiap

dua hari sekali sampai hari ke 20. Pengamatan *Chlorella* sp menggunakan mikroskop dan diambil sampel sebanyak 1 tetes, amati dan hitung jumlah *Chlorella* sp menggunakan haemocytometer. Jumlah yang di dapatkan dimasukkan ke dalam rumus dan hasilnya dimasukkan ke dalam tabel.

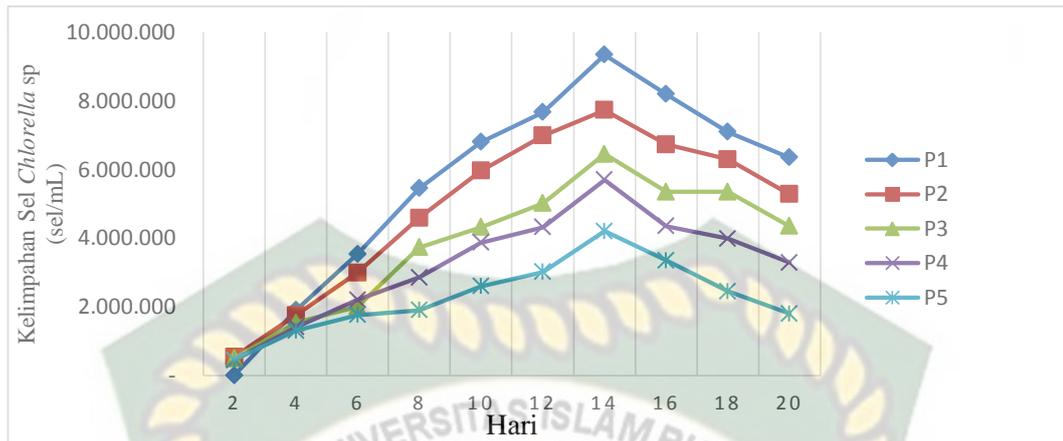
3.5.2. Kelimpahan *Chlorella* sp Pada Penelitian Pendahuluan

Hasil penghitungan kelimpahan sel *Chlorella* sp (sel/mL) per 2 hari pada uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kelimpahan *Chlorella* sp (sel/mL) pada Uji Pendahuluan

Hari	P1	P2	P3	P4	P5
0	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
2	573.333	540.333	532.000	520.000	518.000
4	1.900.667	1.750.000	1.533.000	1.400.000	1.300.000
6	3.533.333	2.988.667	2.000.000	2.200.000	1.760.000
8	5.450.000	4.593.673	3.733.333	2.850.000	1.900.000
10	6.800.000	5.967.333	4.320.667	3.866.667	2.600.000
12	7.673.333	6.988.667	5.016.667	4.316.667	3.016.667
14	*9.350.000	*7.733.333	*6.450.000	*5.700.333	*4.200.667
16	8.200.667	6.733.667	6.350.000	4.350.000	3.350.000
18	7.100.673	6.300.000	5.350.000	3.988.667	2.450.333
20	6.350.000	5.283.333	4.350.000	3.283.333	1.800.000

Pada Tabel 3.2. dapat dilihat bahwa kelimpahan puncak *Chlorella* sp terjadi pada hari yang sama yaitu hari ke 14. Puncak Kelimpahan *Chlorella* sp terdapat pada perlakuan P1 dengan menggunakan limbah lindi yang difermentasi dengan dosis 2,5 cc/L yang mencapai 9.350.000 sel/mL, sedangkan jumlah sel yang terendah terdapat pada perlakuan P5 dengan dosis 12,5 cc/L yang mencapai 4.200.667 sel/mL. Hasil uji pendahuluan yang dilakukan menghasilkan pertambahan kelimpahan *Chlorella* sp. Grafik Pertumbuhan *Chlorella* sp Uji Pendahuluan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Kelimpahan *Chlorella* sp pada Uji Pendahuluan

Bentuk gambar kelimpahan dari hasil uji pendahuluan secara umum menunjukkan kemiringan yang terus meningkat setiap harinya, sehingga penentuan fase-fase kelimpahan *Chlorella* sp. Cukup mudah dilakukan pada masing-masing kultur. Perubahan bentuk grafik pertumbuhan dengan rentang yang relatif besar terjadi antara hari 14-20. Pada perlakuan kontrol menunjukkan bentuk grafik yang relatif datar bahkan menurun disetiap harinya jika dibandingkan bentuk grafik kelimpahan lainnya, diduga kelimpahan sel pada kontrol tersebut tidak terjadi secara signifikan selama uji pendahuluan berlangsung karena minimnya nutrisi kelimpahan yang tersedia dan pada P1 menunjukkan grafik kelimpahan *Chlorella* sp yang terus meningkat karena dalam media air yang digunakan banyak terdapat unsur hara (pupuk) yang dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp. Pengukuran *Chlorella* ini dilakukan 2 hari sekali selama penelitian.

3.5.3. Penelitian Utama

Penelitian utama menggunakan rentang konsentrasi yang sama pada penelitian pendahuluan, tetapi dengan menggunakan wadah media kultur yang

lebih besar yaitu: 5 liter dari uji pendahuluan. Rentang konsentrasi limbah lindi yang digunakan dalam penelitian utama adalah dengan:

P1: Penambahan Dosis 2,0 cc/L Lindi

P2: Penambahan Dosis 2,5 cc/L Lindi

P3: Penambahan Dosis 3.0 cc/L Lindi

P4: Penambahan Dosis 3,5 cc/L Lindi

P5: Penambahan Dosis 4,0 cc/L Lindi

Pengamatan pada masing-masing perlakuan dilakukan setiap 1 hari sekali dilakukan pengecekan sampel, selama 20 hari kultur. Pengkulturan *Chlorella* sp ini dilakukan dengan menetapkan lima (5) perlakuan dengan tiga kali ulangan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) seperti pada penelitian pendahuluan. Pada penelitian utama, volume total kultur *Chlorella* sp yang diinginkan pada masing-masing media kultur adalah 5 liter dengan inokulen bibit *Chlorella* sp sebanyak 500.000 sel/Liter air dengan jumlah kepadatan sel *Chlorella* sp sebanyak 2.500.000 (sel/mL).

Fokus pengamatan pada penelitian ini adalah mengetahui kelimpahan *Chlorella* sp penurunan kandungan N, P serta pengamatan parameter, pH dan suhu selama proses pengkulturan. Pengukuran N, P dilakukan setiap 1 kali sekali selama 20 hari dan sampel diambil sebanyak 100 ml, kemudian sampel dianalisis di laboratorium Bahan Kontruksi di Jalan Sudirman. Pengukuran pH dan suhu dilakukan 1 kali pada akhir penelitian, sedangkan biomassa diukur pada akhir pengkulturan dan pertumbuhan optimal (fase stasioner).

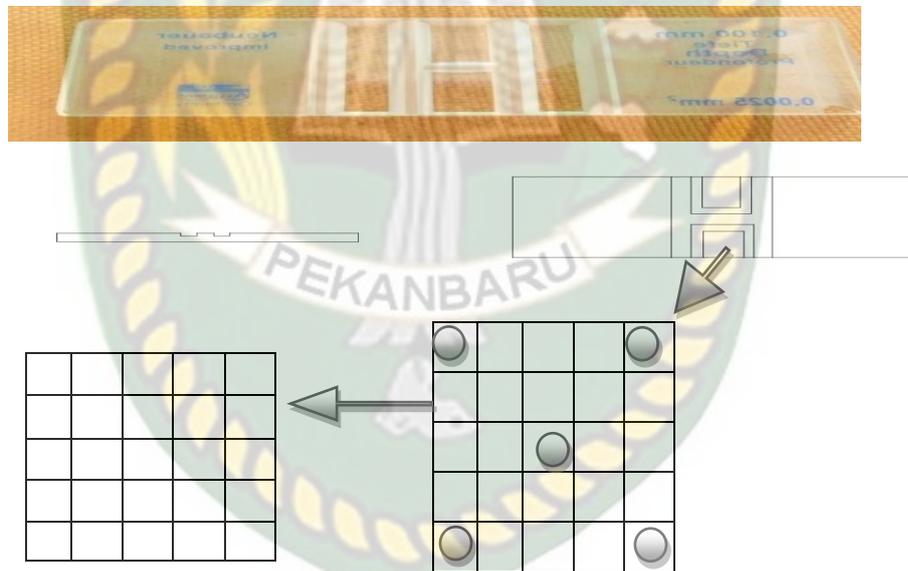
3.5.4. Pengamatan Pola Kelimpahan *Chlorella* sp

Untuk mengetahui respon mikroalga terhadap fermentasi limbah lindi maka

dilakukan pengamatan pola kelimpahan *Chlorella* sp. Penelitian utama ini dilakukan dengan dua tahapan yakni pengamatan pelimpahan dan biomassa (berat kering) *Chlorella* sp.

a. Penghitungan kelimpahan sel *Chlorella* sp.

Perhitungan kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp dihitung dengan menggunakan *Hemocytometer* tipe Neubauer (depth 0,100 mm dan sqmm 0,0025mm²). Sampel diambil sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam *test tube*, kemudian sampel tersebut dihitung di bawah mikroskop dengan pembesar 40x10 dengan bantuan *handy counter*. *Hemocytometer* tipe Neubauer dapat dilihat pada Gambar. 3.4



Gambar 3.4. Haemacytometer Tipe Neubauer

Menghitung kelimpahan sel *Chlorella* sp dilakukan tiga kali pengulangan pada setiap sampel. Kemudian sel dihitung dengan menggunakan rumus (Isnansetiyo dan Kurniastuty 1995):

1. Kepadatan Rendah

$$\text{Jumlah sel} = (A1+A2+A3+A4+A5)/5 \times 25 \times 10.000$$

Di mana:

A : Jumlah sel dalam chamber

- 5 : Jumlah pengamatan data
25 : Jumlah chamber besar
10.000 : Volume kepadatan chamber

2. Kepadatan tinggi

$$\text{Jumlah sel} = (A1+A2+A3+A4+A5/80 \times 400 \times 10.000 \text{ sel/mL})$$

Dimana :

- A : Jumlah sel dalam chamber
80 : 16 chamber kecil x 5 data
400 : 16 chamber kecil x 25 chamber besar
10.0 : Volume kepadatan chamber

3.6. Prosedur Analisis

3.6.1. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan merujuk pada SNI 06-6989:23-2005. Pengukuran suhu dilakukan dengan mencelupkan thermometer langsung ke dalam air sampel batas skala baca dan dibiarkan selama 2-5 menit sampai skala suhu pada thermometer menunjukkan angka stabil. Pembacaan skala thermometer harus dilakukan tanpa mengangkat terlebih dahulu thermometer dari air.

3.6.2. Derajat Keasaman pH

Pengukuran pH merujuk pada SNI 06-6989:11-2004 dengan menggunakan pH meter. Sebelum pengukuran dilakukan, pH meter dikalibrasi dengan larutan penyangga. Kemudian dikeringkan dengan tisu, selanjutnya elektroda dibilas dengan akuades. Dichelupkan elektroda kedalam media air sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.

3.6.3. Nitrat

Prosedur pengukuran nitrat mengacu pada Alaerts dan Santika (1987) yang

dilakukan dengan mengambil sampel menggunakan botol sampel 50 ml. Air sampel sebanyak 25 ml disaring menggunakan kertas watman No. 42. dimasukkan ke dalam breaker gelas. Kemudian sampel diambil sebanyak 10 ml, dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 0,2 ml larutan brucine dan diaduk setelah diaduk ditambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat dan diaduk. Larutan blanco dibuat sebanyak 10 ml dan ditambah kan dengan pereaksi yang sama dengan air sampel. Setelah itu didiamkan selama beberapa menit, kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm. Untuk pengukuran nitrat terlebih dahulu dibuat suatu deret standar dari larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya yang sesuai dengan metode (APHA, 2012). Selanjutnya untuk membuat persamaan kurva standar dibuat terlebih dahulu konsentrasi larutan standar dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Pembuat Larutan Standar Nitrat (APHA, 2012)

ppm nitrat yang akan dibuat	ml standart nitrat (5 ppm) yang diperlukan untuk diencerkan menjadi 100 ml
0,025	0,50
0,05	1,00
0,10	2,00
0,25	5,00
0,50	10,00
0,75	15,00
1,00	20,00

Sebelum pengenceran sampai 100 ml, ditambah terlebih dahulu 20-30 ml akuades dan 8 ml NaOH pekat, kemudian baru ditambahkan lagi akuades sampai 100 ml. setelah itu ditambahkan larutan kimia seperti pengukuran air sampel penelitian, selanjutnya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang

420 nm. Kemudian dibuat persamaan regresi ($y = Ax + B$) dari larutan standar untuk menentukan kadar nitrat air sampel.

3.5.7.Fosfat

Prosedur pengukuran fosfat mengacu pada Alaerts dan Santika dalam Sidabutar (2016) dilakukan dengan cara menyaring air sampel sebanyak 25 ml menggunakan kertas milipore (0,45 μ m). Kemudian air sampel yang sudah disaring, 10 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi ditambahkan 0,4 ml ammonium molybdate dan diaduk. Ditambahkan 0,1 ml $SbCl_2$, diaduk dan didiamkan selama 10 menit. Larutan blanko dibuat sebanyak 10ml akuades dan ditambahkan pereaksi yang sama dengan sampel. Kemudian didiamkan beberapa menit kemudian diukur pada panjang gelombang 690 nm. Pengukuran fosfat terlebih dahulu dibuat suatu deret standar dari larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya yang sesuai dengan metode (APHA, 2012).

3.7. Analisis Data

Data yang dianalisis meliputi parameter Nitrat, Fosfat, pH, suhu, serta kelimpahan sel/ml dan biomassa *Chlorella* sp. Data-data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data diolah secara statistik dengan menggunakan metode analisis sidik ragam dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Untuk menganalisis perlakuan limbah cair kompos terhadap *Chlorella* sp maka dilakukan pengujian hipotesis dengan dasar penentuan keputusan jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka hipotesis ditolak dan jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka hipotesis diterima.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kelimpahan Sel *Chlorella* sp

Penelitian *Chlorella* sp dilakukan di ruangan tertutup, kelimpahan sel *Chlorella* sp. ini dilihat dari perbedaan dosis fermentasi lindi yang dilakukan selama 20 hari tiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kelimpahan Sel Mikroalga *Chlorella* sp selama Penelitian (Sel/mL)

Hari ke	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
0	560.000	560.000	560.000	560.000	560.000
2	971.667	926.667	908.333	870.000	806.667
4	1.760.000	1.561.667	1.410.000	1.311.333	1.211.667
6	3.577.518	3.223.533	2.894.200	2.341.667	2.052.833
8	5.830.000	5.500.000	4.333.333	3.623.333	3.933.333
10	8.526.833	7.983.333	6.010.000	4.882.667	4.123.333
12	10.445.667	9.393.333	7.776.667	6.950.000	*6.126.333
14	*13.789.917	10.366.667	*9.353.333	7.500.000	4.736.667
16	10.433.333	*11.550.000	8.230.000	*8.466.667	3.643.556
18	9.252.667	8.065.000	6.826.667	6.183.333	2.766.667
20	7.286.667	6.733.333	5.903.333	5.350.000	1.431.667

Keterangan : Puncak Populasi Sel *Chlorella* sp

P1: Penambahan Dosis 2,0 cc/L Lindi

P2: Penambahan Dosis 2,5 cc/L Lindi

P3: Penambahan Dosis 3.0 cc/L Lindi

P4: Penambahan Dosis 3,5 cc/L Lindi

P5: Penambahan Dosis 4,0 cc/L Lindi

Pada Tabel 4.1 terlihat puncak populasi sel *Chlorella* sp berbeda-beda, hasil terbaik pada perlakuan P1 dengan 2,0 cc/L lindi memiliki jumlah sebesar 13.789.917 sel/mL, diikuti perlakuan P2 dengan dosis 2,5 cc/L lindi menghasilkan jumlah sebesar 11.550.000 sel/mL, selanjutnya pada perlakuan P3 dengan dosis

3.0 cc/L memiliki jumlah sebesar 9.353.333 sel/mL, perlakuan P4 dengan dosis 3,5 cc/L lindi memiliki jumlah sebesar 8.466.667 sel/mL dan pada perlakuan yang menghasilkan kelimpahan *Chlorella* sp yang terendah yaitu pada perlakuan P5 dengan jumlah kelimpahan sebesar 6.126.333 sel/mL yang diberi dosis lebih tinggi dari perlakuan lainnya sebesar 4,0 cc/L lindi. Pada penelitian dengan uji pendahuluan menghasilkan jumlah yang berbeda walaupun hanya berbeda 2 hari saja, dikarenakan dengan jumlah dosis yang diberikan juga berbeda pada uji pendahuluan dosis yang diberikan lebih banyak dari pada dosis penelitian.

Menurut Fogg *dalam* Sidabutar (2016) sel fitoplankton membutuhkan waktu untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang baru setelah itu *Chlorella* sp memasuki periode puncak. Puncak populasi pada penelitian ini berbeda-beda dikarenakan dosis pada 2,5 dan 2,0 cc/L lindi populasi *Chlorella* sp meningkat oleh karena itu dapat dijelaskan bahwa yaitu perlakuan P1 pada hari ke 14, kemudian perlakuan P2 pada hari 16, perlakuan P3 pada hari ke 14 dan pada perlakuan P4 dan P5 puncaknya pada hari 12 dan 16. Berbedanya puncak populasi disebabkan berbedanya dosis lindi yang diberikan pada tiap perlakuan P1 (2,0 cc/L), P2 (2,5 cc/L), P3 (3,0 cc/L), P4 (3,5 cc/L) dan P5 (4,0 cc/L).

Sejalan dengan Sartika (2019) bahwa kepadatan sel yang mengalami fluktuasi berbeda selama masa pemeliharaan, ini berarti laju pertumbuhan spesifik juga mengalami fluktuasi yang berbeda. Fluktuasi ini disebabkan karena kemampuan mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara yang terdapat pada media pemeliharaan berbeda-beda setiap harinya.

Menurut hasil penelitian di atas menandakan bahwa dengan menggunakan limbah lindi yang difermentasi dengan dosis berbeda, maka puncak populasi sel

Chlorella sp pun berbeda, ini diduga karena pemberian dosis lindi yang berbeda yang diberikan pada media kultur *Chlorella* sp. Menurut Subarijanti (1994) perbedaan hari puncak tiap perlakuan diduga karena perbedaan lingkungan yaitu tingkat kekeruhan pada kepadatan sel mikroalga tiap perlakuan yang berbeda. Semakin tinggi dosis limbah lindi yang diberikan maka tingkat kekeruhan juga semakin tinggi, sehingga posfat semakin tidak dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp. Nurfadillah *et al.*, (2010) menyatakan bahwa penurunan pertumbuhan fitoplankton disebabkan karena beberapa faktor yaitu proses fotosintesis, ketersediaan unsur hara yang cukup dan kekeruhan yang memberikan dampak bagi pertumbuhan atau kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp. Kekeruhan dapat menghalangi penetrasi cahaya dan mengganggu fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton itu sendiri sehingga berdampak tidak baik bagi kelimpahan mikroalga.

Menurut Edward (2010) cahaya merupakan kebutuhan utama dari mikroalga karena mikroalga merupakan organisme autotrof yang menggunakan cahaya sebagai sumber energi. Blanken *et al.*, (2013) mengemukakan bahwa karakteristik sumber cahaya seperti panjang gelombang dan intensitas menjadi salah satu faktor kritis yang mempengaruhi produksi *Chlorella* sp maupun mikroalga pada umumnya.

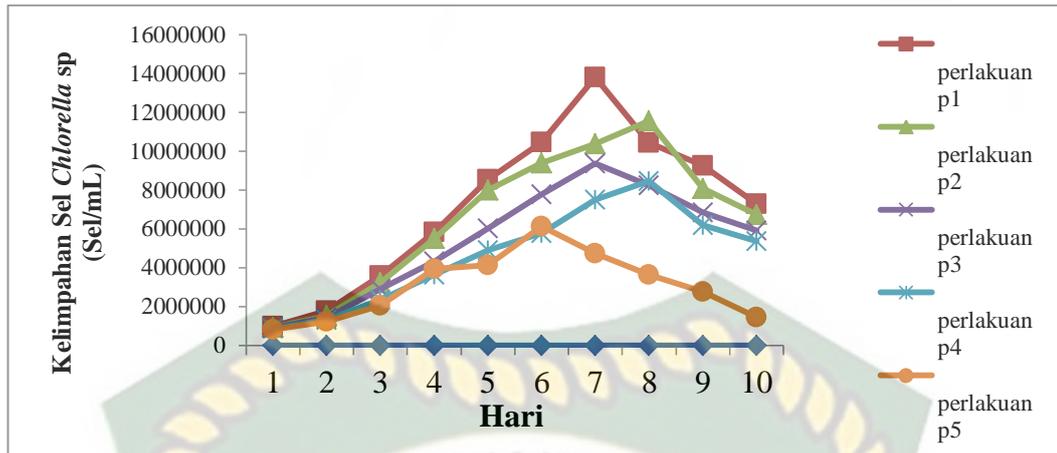
Hasil dari penelitian ini menunjukkan setiap perlakuan penambahan konsentrasi limbah lindi memberikan pengaruh terhadap kelimpahan *Chlorella* sp. Yolanda (2016) menyatakan bahwa konsentrasi limbah cair tahu terbaik untuk pertumbuhan *Chlorella* sp adalah 25%. Sedangkan hasil penelitian Sidabutar (2016) menemukan bahwa konsentrasi limbah cair yang terbaik untuk

pertumbuhan *Chlorella* sp adalah 85%. Hal ini memperlihatkan bahwa dengan penggunaan limbah lindi dengan dosis yang berbeda menghasilkan kelimpahan *Chlorella* sp yang berbeda.

Sugiyono (2009) mengatakan semakin banyak unsur N dan P yang digunakan, maka kandungan klorofilnya pun semakin meningkat, selain itu nitrogen merupakan bagian dari pembentukan klorofil dan protein. Fosfor berperan dalam transfer energi di dalam sel dalam bentuk ATP. Selanjutnya Eyster (1978) menyatakan bahwa konsentrasi N, P, F dan Mg mempengaruhi pembentukan klorofil dan metabolisme (fotosintesis) dimana hasil fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan plankton sehingga konsentrasi tiap perlakuan juga memberikan pengaruh yang berbeda pada pertumbuhan *Chlorella* sp.

Dari lima perlakuan masing-masing perlakuan memiliki kelimpahan yang berbeda pada setiap perlakuannya. Hal ini diduga karena berbeda dosis yang diberikan pada tiap perlakuan. Kilham (1978) yang menyatakan bahwa setiap jenis fitoplankton mempunyai respon yang berbeda terhadap perbandingan jenis nutrien yang terlarut dalam media air penelitian. Fenomena ini menyebabkan jenis fitoplankton dalam suatu media air mempunyai struktur dan dominansi jenis yang berbeda dengan media airnya sendiri, sehingga *Chlorella* sp dipengaruhi oleh nutrien yang terkandung dalam limbah lindi yang meliputi N, P, Fe, Mn, Cu, Zn dan Mg yang mampu memenuhi kebutuhan nutrien *Chlorella* sp. Nybakken (1988) mengatakan bahwa nutrien utama yang paling dibutuhkan fitoplankton bagi pertumbuhan adalah Nitrogen dalam bentuk nitrat.

Bentuk gambar pada masing-masing perlakuan pada kultur *Chlorella* sp dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 : Kelimpahan *Chlorella* sp Pada Saat Penelitian (sel/mL)

Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kelimpahan pada penelitian ini yang terbaik adalah perlakuan P1 dengan penambahan dosis 2.0 cc/L yaitu mencapai 13.789.000 sel/mL. Sedangkan jumlah kelimpahan yang terendah terdapat pada peralakuan P5 dengan penambahan dosis 4.0 cc/L yaitu 5.863.333 sel/mL. Kelimpahan *Chlorella* sp tertinggi pada perlakuan P1 yang disebabkan oleh pemberian limbah lindi dengan jumlah unsur nitrat sebesar 4,24 Mg/L dan fosfat sebesar 4,24 Mg/L. Fogg dalam Hasibuan (2019) menyatakan bahwa nutrisi yang terkandung dalam pupuk organik cair dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp untuk proses fotosintesis, dimana hasilnya digunakan untuk pertumbuhan. Selanjutnya Zulkifli (2001) mikroalga ini menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat, karena senyawa nitrat yang dapat dimanfaatkan langsung oleh mikroalga untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam pertumbuhannya. Oleh karena itu, untuk amoniak dan nitrit akan diubah terlebih dahulu melalui proses nitrifikasi menjadi bentuk senyawa nitrat yang akhirnya dapat diserap oleh mikroalga.

Hasil dari kelimpahan *Chlorella* sp pada penelitian diatas menunjukkan pada hari ke-12 dan ke-16 menunjukkan hasil yang masih relatif kecil, hal ini disebabkan kurang adaptasinya terhadap lingkungan sehingga terjadi penurunan

jumlah kelimpahan pada *Chorella* sp. Berdasarkan pendapat Fogg dalam Sidabutar (2016) sel fitoplankton membutuhkan waktu untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang baru.

Setelah mengalami fase peningkatan pada hari ke-8 sampai hari ke-12 periode ini di perkirakan memasuki fase periode puncak. Dimana perkembangan sel *Chorella* sp mengalami pertumbuhan puncak. Peningkatan pertumbuhan sel *Chlorella* sp disebabkan oleh interaksi positif antara *Chlorella* sp. dan limbah lindi fermentase pada dasarnya limbah lindi mengandung nutrisi 4,24 mg/L dan pospat 4,24 mg/L yang cukup tinggi. Setelah masa adaptasi itu berakhir terjadi pertumbuhan yang sangat cepat pada fase puncak.

Pada fase peningkatan atau puncak mengalami suatu penekanan dimana pada hari ke-8 dan terjadi pada perlakuan hari ke-12. Hal ini disebabkan karena selain sel-sel dalam perlakuan media tersebut masih dalam penyesuaian dengan media yang baru karena sel-sel tersebut belum optimal dalam memanfaatkan unsur hara yang ada pada kultur perlakuan. Penekanan jumlah sel pada fase puncak ini juga disebabkan karena perubahan kondisi lingkungan seperti suhu, pH, dan media penelitian.

Selanjutnya pada hari ke-14 sampai hari ke-20 merupakan fase penurunan dimana pertumbuhan mengalami jumlah penurunan dan jumlah sel berkembang dengan kematian. Penurunan jumlah kelimpahan *Chlorella* sp dikarenakan terbatasnya unsur hara, maka terjadi fase penurunan kelimpahan *Chlorella* sp. Richmond (1986) menyatakan bahwa ketersediaan sumber unsur nutrisi yang ada pada limbah lindi sangat mempengaruhi pertumbuhan *Chlorella* sp. Selanjutnya Fogg (1965) mengemukakan bahwa jumlah nutrisi dalam limbah lindi itu sendiri

akan semakin berkurang dan akan mempengaruhi terhadap peningkatan jumlah kelimpahan *Chlorella* sp.

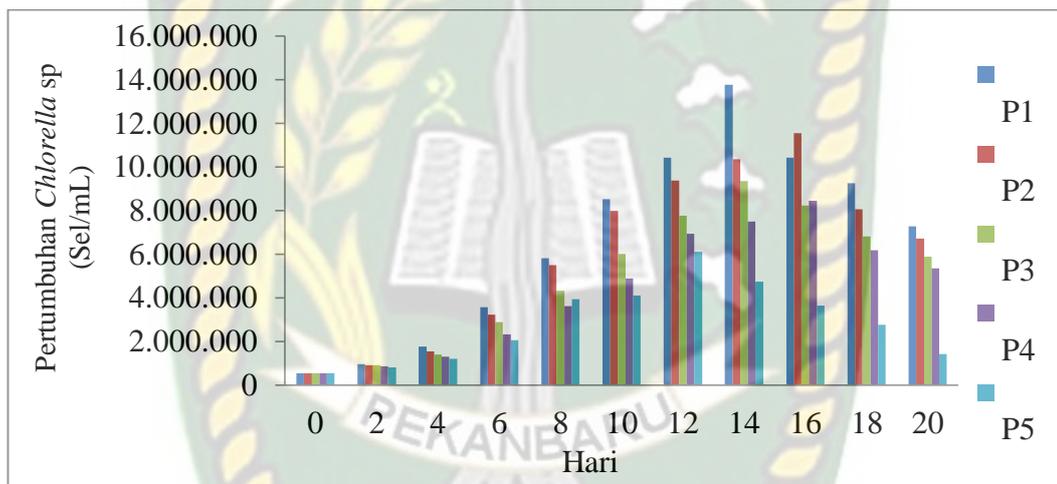
Selain itu faktor lingkungan juga mempengaruhi pertumbuhan jumlah kelimpahan *Chlorella* sp. Pada penelitian ini nilai pH berkisar antara 6-8 dan suhu 25-30°C. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh Dominic *et al.*, dalam Sidabutar (2016) yaitu pH yang digunakan untuk pertumbuhan *Chlorella* sp berkisar antara 6-8 dimana kondisi pH tersebut *Chlorella* sp dapat tumbuh optimal. Sedangkan Dwidjoseputro dalam Sidabutar (2016) menyatakan bahwa suhu 26- 33⁰C pertumbuhan *Chlorella* sp terjadi secara normal.

Fase kematian terjadi pada masing-masing perlakuan telah mencapai puncak kelimpahan. Pengurangan kelimpahan ini disebabkan karena kultur yang dilakukan pada jumlah (volume) yang terbatas, sehingga menyebabkan jumlah nutrisi yang terkandung dalam media penelitian juga terbatas, sehingga *Chlorella* sp tidak lagi mampu mempertahankan kepadatan selnya. Berdasarkan hasil penelitian Suminto dan Hirayama (1996) menunjukkan bahwa kepadatan akhir suatu penelitian mengenai kultur pakan alami pada perlakuan secara umum pada waktu kematian sel diduga adanya hubungan tertutup oleh bakteri yang terkandung dalam nutrisi yang semakin sedikit, baik di dalam sel maupun media penelitian.

4.2. Pertumbuhan Sel *Chlorella* sp

Hasil pengamatan rata-rata pertumbuhan *Chlorella* sp pada masing-masing perlakuan selama penelitian 20 hari. Rata-rata pertumbuhan *Chlorella* sp yang tertinggi pada perlakuan P1 dengan dosis 2,0 cc/L lindi memiliki jumlah sebesar 13.789.917 sel/mL, diikuti perlakuan P2 dengan dosis 2,5 cc/L lindi menghasilkan

jumlah kelimpahan sebesar 11.550.000 sel/mL, selanjutnya pada perlakuan P3 dengan penambahan dosis 3.0 cc/L memiliki jumlah kelimpahan sebesar 9.353.333 sel/mL, perlakuan P4 dengan dosis 3,5 cc/L lindi memiliki jumlah sebesar 8.466.667 sel/mL dan pada perlakuan yang menghasilkan kelimpahan *Chlorella* sp yang terendah yaitu pada P5 dengan jumlah kelimpahan 6.126.333 sel/mL yang diberi dosis lebih tinggi dari perlakuan lainnya sebesar 4,0 cc/L lindi. Untuk lebih jelas rata-rata pertumbuhan *Chlorella* sp dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Gambar Rata-rata Pertumbuhan *Chlorella* sp

Terlihat pada Gambar 4.2. Rata-rata pertumbuhan *Chlorella* sp dengan dosis yang berbeda setiap perlakuan menunjukkan pada perlakuan P1 dengan dosis 2.0 cc/L yaitu 13.789.917 sel/mL, diikuti perlakuan P2 dengan dosis 2.5 cc/L yaitu 11.550.000 sel/mL, selanjutnya pada perlakuan P3 dengan dosis 3.0 cc/L yaitu sebesar 9.353.333 sel/mL, perlakuan P4 dengan dosis 3.5 cc/L yaitu 8.466.667 sel/mL dan pada perlakuan yang menghasilkan jumlah *Chlorella* sp terendah pada perlakuan P5 dengan jumlah sebesar 6.126.333 sel/mL yang diberi dosis lebih tinggi dari perlakuan lainnya sebesar 4,0 cc/L lindi.

Pemberian jumlah dosis semakin meningkat menyebabkan pertumbuhan *Chlorella* sp semakin menurun, penurunan *Chlorella* sp disebabkan dari peningkatan jumlah limbah lindi yang mengandung nitrat dan fosfor. Riyono (2007) menyatakan bahwa nitrat dan fosfor yang terkandung dalam air merupakan nutrisi utama bagi mikroalga yang nantinya akan menghasilkan klorofil.

Menurut Nurtiyani dalam Vitriani (2016) bahwa faktor tingginya pertumbuhan *Chlorella* sp ini dipengaruhi oleh jumlah penambahan limbah.

4.3. Kualitas Air

4.3.1. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap 2 hari sekali selama 20 hari penelitian. Hasil pengukuran suhu pada media kultur dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Rata-rata Suhu Tiap Perlakuan (C⁰)

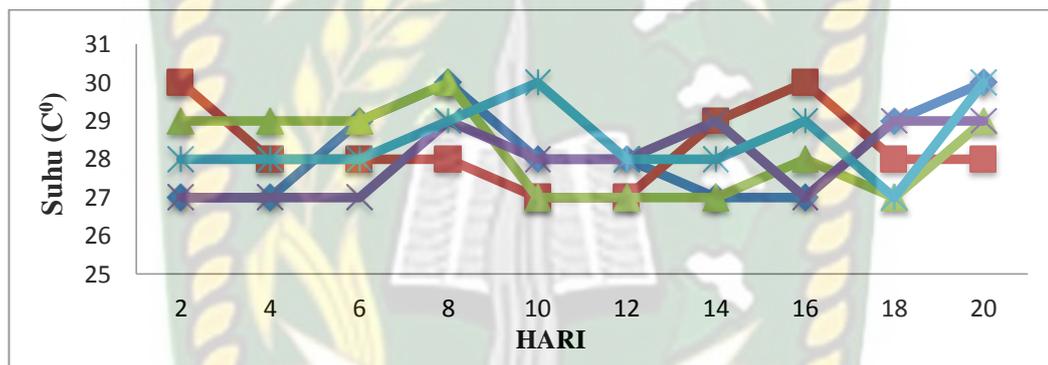
Perlakuan Hari Ke	Suhu (C ⁰)				
	P1	P2	P3	P4	P5
2	27	30	29	27	28
4	27	28	29	27	28
6	29	28	29	27	28
8	30	28	30	29	30
10	28	27	27	28	29
12	28	27	27	28	28
14	27	29	27	29	28
16	27	30	28	27	29
18	29	28	27	29	27
20	30	28	29	29	30

Sumber: Data Primer

Berdasarkan Tabel 4.2 hasil pengukuran suhu pada media kultur mikroalga *Chlorella* sp setiap perlakuan sangat mendukung untuk pertumbuhan. Kisaran rata-rata suhu yang diperoleh selama penelitian berkisar antara 26-30 °C, kisaran

suhu tersebut merupakan suhu optimal bagi pertumbuhan *Chlorella* sp (Isnansetyo dan Kurniastuty dalam Prabowo, 2009).

Suhu optimum bagi pertumbuhan *Chlorella* sp adalah antara 25-30 °C. Untuk kultur *Chlorella* sp diperlukan suhu antara 25-35 °C dan menurut Raymont dalam Sidabutar (2016) bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 25-31 °C. Rata-rata perubahan suhu pada tiap perlakuan selama penelitian berlangsung tidak jauh berbeda, namun pada waktu tertentu suhu mengalami fluktuasi yang cukup tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Rata-rata Pengukuran Suhu selama Penelitian

Berdasarkan Gambar 4.3. rata-rata suhu masing- masing perlakuan tidak jauh berbeda, pada setiap perlakuan. Pada setiap perlakuan, secara umum nilai suhu mengalami stabil yaitu pada suhu 27-30°C. Hal ini terjadi karna cuaca saat hari ke 20 berlangsung cuaca yang cukup panas sehingga di katagorikan mengalami peningkatan suhu pada penelitian. Namun pada kondisi tersebut, *Chlorella* sp masih dapat hidup dengan baik. Hampir semua fitoplanton sangat toleran terhadap suhu antara 16-31°C. Suhu di bawah 16°C dapat menyebabkan kecepatan pertumbuhan menurun, sedangkan suhu di atas 35°C dapat menyebabkan kematian pada jenis tertentu (Taw, 1990).

Suhu yang sesuai dengan mikroalga didalam ruangan berkisar antara 26-29°C, sehingga pada hasil pengukuran suhu penelitian masih dalam batas optimum toleransi (Sato, 1991). Riyono *dalam* Vitriani (2016) menyatakan bahwa suhu yang tinggi dapat menaikkan laju maksimum fotosintesis. Secara umum, laju fotosintesis meningkat dengan meningkatnya suhu perairan, tetapi akan menurun secara drastis setelah mencapai titik suhu tertentu.

4.3.2. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan setiap satu minggu sekali selama 20 hari dengan menggunakan pH lakmus. Nilai pH media kelimpahan *Chlorella* sp setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

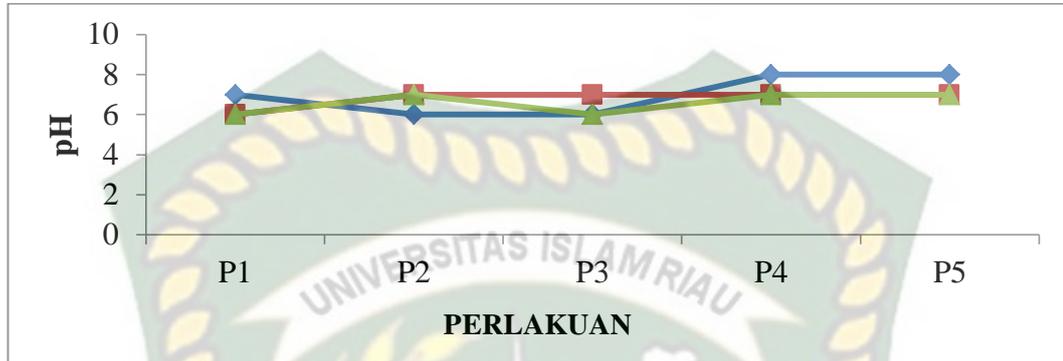
Tabel 4.3. Rata-rata pH Selama Penelitian

Perlakuan Minggu Ke	pH				
	P1 (2.0cc)	P2 (2.5cc)	P3 (3.0cc)	P4 (3.5cc)	P5 (4.0cc)
1	7	6	6	8	8
2	6	7	7	7	7
3	6	7	6	7	7

Sumber: Data Primer

Berdasarkan Tabel 4.4. hasil pengukuran pH pada kultur mikroalga *Chlorella* sp. Pada setiap perlakuan sangat mendukung untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Karena rata-rata nilai pH yang diperoleh pada kisaran 7-8. Menurut Kaswadji *dalam* Sidabutar (2016), nilai pH untuk pertumbuhan *Chlorella* sp berkisar 7,2-8,5. Semakin tinggi konsentrasi limbah yang diberikan pada media kultur, maka akan mengalami peningkatan pada pertumbuhan *Chlorella* sp umumnya pH pada media kultur ikut meningkat. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan bahan mineral yang ada pada fermentase limbah lindi, karena alkalinitas atau jumlah basa yang terkandung media air biasanya berkaitan

dengan kesadahan air dimana faktor yang membuat kesadahan air tinggi adalah kandungan garam-garam mineral di dalam perairan, seperti Mg, Cu, Ca, dan Fe (Effendi, 2003). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Rata-rata pengukuran pH Selama Penelitian

Berdasarkan Gambar 4.4. menjelaskan secara umum nilai pH mengalami peningkatan dikarenakan adanya aktivitas fotosintesis yang dilakukan oleh mikroalga *Chlorella* sp rentang perubahan pH masih termasuk dalam rentang pH optimal dalam pertumbuhan *Chlorella* sp yaitu 7-8 (Nielsen dalam Sidabutar, 2016). Karbon dioksida (CO_2) merupakan komponen utama dalam proses fotosintesis, dikarenakan menurunnya kadar CO_2 dalam fermentase limbah lindi menyebabkan nilai pH meningkat dari keadaan asam menjadi netral atau bahkan asam (Arifin, 2012).

4.3.3. Nitrat (NO_3)

Nitrat merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan *Chlorella* sp yang dimana fungsinya mengandung lipid, karbohidrat dan protein yang cukup besar. Rata-rata kandungan karbohidrat sekitar 23,20% (Maruyama *et al.*, 1997).

Kandungan dan produktivitas lipid pada *Chlorella* sp dipengaruhi pada kondisi lingkungan, pertumbuhan dan perkembangannya. Nutrient yang dimaksud

disini adanya makronutrien dan mikronutrien. Nitrat merupakan salah satu makronutrien yang sangat diperlukan oleh pertumbuhan *Chlorella* sp (Miyaci, 1988).

Nilai optimum pada nitrat untuk pertumbuhan *Chlorella* sp kisaran nitrat yang masih dalam batas yang layak bagi kehidupan *Chlorella* sp sesuai dengan pertanyaan Basmi *et al* (1993) bahwa rentang perubahan nitrat yang optimum untuk kultur antara 1,20-4,00 mg/L. Sedangkan suhu optimal menurut Taw (1990) untuk kultur *Chlorella* sp diperlukan temperature antara 25-35⁰C, peningkat suhu sehingga batas tertentu mampu merangsang aktifitas molekul dan meningkatnya laju difusi dan laju fotosintesis.

Pengukuran nitrat dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pada awal penelitian dan akhir penelitian. Hasil analisis kandungan nitrat pada limbah lindi dan pemanfaatan terhadap kultur mikroalga *Chlorella* sp dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4. Hasil Analisis Rata-rata Nitrat (NO₃) Selama Penelitian

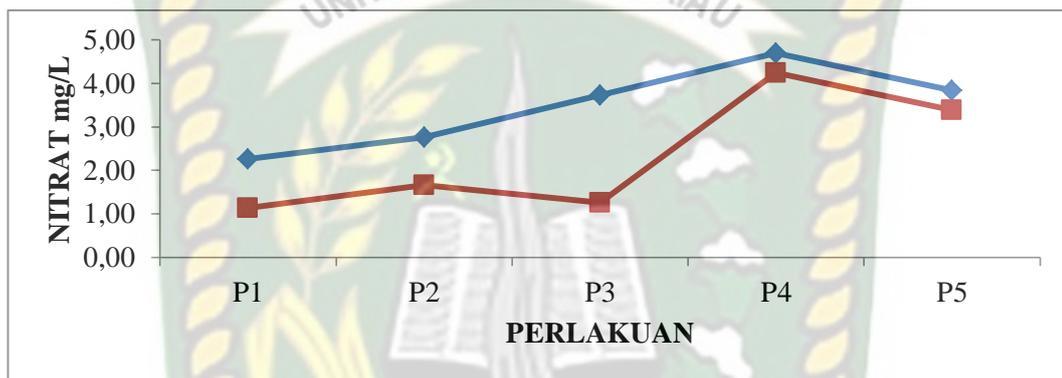
Perlakuan	Awal Nitrat (mg/l)	Akhir Nitrat (mg/l)
P1	2,26	1,14
P2	2,76	1,66
P3	3,73	1,26
P4	4,69	4,24
P5	3,83	3,39

Sumber: Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Bahan Kontruksi (2019)

Berdasarkan Tabel 4.4. kandungan nitrat pada hari ke-0 (sebelum kultur *Chlorella* sp) bahwa kandungan nitrat tertinggi terdapat pada P4 dan terendah pada perlakuan (P1). Hal ini sesuai dengan pendapat Lubis *dalam* Sugianti (2016)

yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan, maka jumlah unsur hara yang terkandung juga semakin besar.

Pada penelitian yang dilakukan Yolanda dalam Sugianti (2016) mendapatkan konsentrasi nitrat yang relatif lebih tinggi yaitu mencapai 18,4 mg/L. Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh proses fermentase limbah lindi, yang dihasilkan belum diproses secara aerobik sehingga konsentrasi N pada limbah cair masih tergolong tinggi dapat kita lihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Kandungan Nitrat Selama Penelitian

Dari Gambar 4.5. dapat dilihat di akhir penelitian pada setiap perlakuan terjadi penurunan kandungan nitrat. Turunnya konsentrasi nitrat pada tiap perlakuan dikarenakan adanya pemanfaatan unsur hara yang terkandung dalam limbah lindi untuk pertumbuhan *Chlorella* sp dimana nutrisi yang paling dibutuhkan fitoplankton bagi pertumbuhannya adalah nitrogen dalam bentuk nitrat (Nybakken dalam Vitriani 2016). Oleh sebab itu, semakin padat jumlah sel *Chlorella* sp maka semakin banyak pula unsur hara yang dimanfaatkan. Apabila kondisi media kultur kekurangan nitrogen, maka proses fotosintesis menjadi terhambat. Ketika proses fotosintesis terhambat, maka energi yang dibutuhkan menjadi sedikit, sehingga dapat menyebabkan pertumbuhan mikroalga menjadi tidak optimal.

Kirchman (2000) menyatakan bahwa unsur nitrat atau nutrisi yang ada dalam media disebut sebagai nutrisi atau biostimulan karena memiliki peranan penting untuk pertumbuhan protista dan tumbuhan. Pada kondisi nitrogen berlebih dimana nitrogen dalam bentuk NH_3 tersedia dalam konsentrasi rendah, NO_3^- akan bertindak sebagai nutrisi untuk pertumbuhan ganggang secara eksoesif. Selain itu konversi dari NH_4^+ menjadi NO_3^- akan menggunakan sejumlah besar oksigen terlarut dalam badan air atau limbah (Davis dan Cornwell, 1991). Dua kondisi ini menjadi alasan kuat mengapa kadar nitrat penting untuk dikontrol dalam pengkulturan mikroalga.

Menurut Komarawidjaja (2010) pengaruh nutrisi terhadap fitoplankton pada kenyataannya tidak selalu diikuti oleh peningkatan kelimpahan dari plankton, hal ini dapat disebabkan oleh komposisi unsur hara yang tidak sesuai dengan kebutuhan plankton. Secara umum telah diketahui bahwa pertumbuhan mikroalga diperairan umum sangat dipengaruhi nitrogen dan fosfor. Kelimpahan fitoplankton semakin besar sejalan dengan peningkatan laju pemanfaatan kandungan nitrat. Pertumbuhan optimal fitoplankton menurut Vitriani (2016) memerlukan kandungan nitrat berkisar 0,9-3,7 mg/L. Sedangkan Parson (2016) menjelaskan bahwa kebutuhan minimum nitrat yang dapat diserap oleh diatom berkisar 0,001-0,009 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian perlakuan P4 pemanfaatan nitrat sebesar 4,24 mg/L, pemanfaatan nitrat yang tinggi pada perlakuan P4 sejalan dengan peningkatan jumlah kelimpahan *Chlorella* sp.

4.3.4. Fosfat (PO_4)

Fosfat merupakan unsur yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas primer ekosistem. Fosfat juga dapat mempengaruhi adanya *blooming algae* dan

merupakan penyebab eutrofikasi. Menurut Alaerts dan santika *dalam* Widyaningsih (2011) bahwa senyawa fosfat di perairan dipengaruhi oleh limbah penduduk, industri dan pertanian. Pengamatan tentang dilakukan pada saat terjadi berbagai musim, akhir dari musim banjir, musim debit air tinggi dan sampel mingguan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan analisis kandungan fosfat dapat dilihat pada Tabel 4.5.

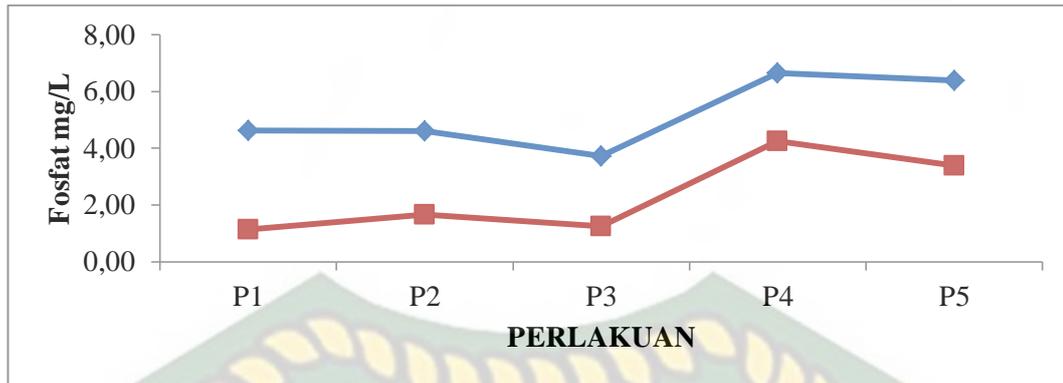
Tabel 4.5. Hasil Analisis Rata-rata Fosfat (PO₄)

Perlakuan	Awal (mg/L)	Akhir (mg/L)
P1	4,63	1,14
P2	4,60	1,66
P3	3,73	1,26
P4	6,65	4,24
P5	6,39	3,39

Sumber: Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Bahan Kontruksi (2019)

Dari Tabel 4.6. dapat diketahui bahwa kandungan fosfat tertinggi pada akhir penelitian yaitu P4 dan terendah pada P1. Kandungan fosfat pada tiap perlakuan telah memenuhi syarat untuk pertumbuhan *Chlorella* sp karena nilai fosfat yang optimum untuk kehidupan mikroalga adalah 0,018-27,8 mg/L (Mas'ud *dalam* Vitriani 2016).

Berbeda dengan nitrat yang lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Yolanda *dalam* Vitriani (2016) fosfat pada penelitian ini justru lebih tinggi dengan konsentrasi fosfat pada limbah lindi maka dapat diketahui, dengan perlakuan jenis limbah lindi yang berbeda, maka kandungan nutrien yang ada pada limbah berbeda pula. Dapat kita lihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Kandungan Fosfat Selama Penelitian

Terlihat pada gambar 4.6. telah menunjukkan bahwa rata-rata kandungan fosfat awal penelitian yaitu 1,14 mg/L dan pada akhir penelitian 4,24 mg/L, kandungan fosfat rata-rata pada awal dan akhir penelitian sangat optimal. Selanjutnya Boroh (2012) menyatakan bahwa pertumbuhan fitoplankton akan melimpah apabila kadar fosfat optimal bagi pertumbuhan fitoplankton yaitu 0,27-5,5 mg/L. Jumlah kadar fosfat kurang dari 0,02 mg/L, maka fosfat menjadi faktor pembatas.

Hasil uji laboratorium rata-rata jumlah kandungan fosfat yang awal penelitian sebesar 1,14 mg/L, Sedangkan pada akhir penelitian rata-rata kandungan fosfat 4,24 mg/L. Jumlah fosfat pada limbah lindi sangat optimal terhadap pertumbuhan fitoplankton. Berdasarkan pendapat Effendi *et al.*, dalam Boroh (2012) menyatakan bahwa pertumbuhan fitoplankton akan melimpah apabila kadar fosfat yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton antara 0,27-5,5 mg/L.

Menurut Amini (2004) fosfat dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pembentukan klorofil dan pembelahan sel sehingga semakin cepat pembelahan sel, maka semakin cepat pertumbuhan dan kepadatan sel. Terjadinya penurunan nilai fosfat pada tiap perlakuan menandakan bahwa fosfat dalam limbah lindi ini

telah dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhannya. Terjadinya penurunan nilai fosfat pada tiap perlakuan menandakan bahwa fosfat dalam limbah lindi ini telah dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhannya.

Pemanfaatan fosfat tertinggi terdapat pada P4 sebesar 4,24 mg/L dikarenakan unsur hara (fosfat) yang terdapat pada P4 dimanfaatkan dengan baik oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhannya melalui proses fotosintesis. Fosfat dimanfaatkan *Chlorella* sp untuk pertumbuhan selnya, sehingga kepadatan sel *Chlorella* sp bisa meningkat setiap harinya. Karena tingginya kepadatan sel membuat pemanfaatan fosfat yang ada dalam media kulturnya lebih cepat dan hampir memanfaatkan semua untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp melalui proses fotosintesis.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengaruh pemberian limbah lindi yang difermentasi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp dengan dosis berbeda yang dilakukan selama 20 hari maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Puncak populasi sel *Chlorella* sp tertinggi pada perlakuan P1 dengan dosis 2.0 cc/L yaitu 13.789.917 sel/mL, sedangkan puncak populasi terendah terdapat pada perlakuan P5 dengan dosis 4.0 cc/L dengan jumlah sebesar 6.126.333 sel/mL.
2. Hari puncak populasi sel *Chlorella* sp tertinggi pada perlakuan P1 dengan dosis 2.0 cc/L pada hari ke 14 sedangkan hari terendah puncak populasi sel *Chlorella* sp terdapat pada perlakuan P5 dengan dosis 4.0 cc/L pada hari ke 12.
3. Pertumbuhan sel *Chlorella* sp tertinggi terdapat pada perlakuan P1 dengan dosis 2.0 cc/L berjumlah 13.789.917 sel/mL pada hari ke14 sedangkan pertumbuhan sel *Chlorella* sp terendah terdapat pada perlakuan P5 dengan dosis 4.0 cc/L yang berjumlah 6.126.333 sel/mL pada hari ke 12.
4. Kualitas air pada penelitian ini mendukung dalam pertumbuhan *Chlorella* sp dengan kadar N sebesar 4.24 mg/L dan p sebesar 4.24 mg/L.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan dilakukan penelitian lanjutan dengan pemberian limbah lindi dengan dosis 2.0 cc/L terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- AgroMedia. 2007. Petunjuk Pemupukan. Jakarta: AgroMedia Pustaka. Badan Standarisasi Nasional. 2006. Jurnal SNI 01-7212-2006 Uji Cepat Viabilitas Pakan Alami Benih Ikan. 79 hal.
- Alaerts, G. dan S. S. Sartika. 1984. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya . 309 hal.
- Amini, S. 2004. Konsentrasi Unsur Hara pada Media dan Pertumbuhan *Chlorella vulgaris* dengan Pupuk Organik Teknis dan Analis. Jurnal Perikanan (J.Fish Sci). Vol: 8 (2): 201-206.
- Anderson, R. A. 2005. Algal Culturing Techniques. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press. Pp. 242-249 hal.
- Anonim. 2003. Morfologi *Chlorella* sp. http://cfp.unh.edu/Phycokey/Chlorophyceae/Ucicells/Non_flagellated/CHLORELLA/Chlorella_Image_Page.
- APHA. 2012. Official Methods of Standard Methods for Examination of Water and Wastle Water 22nd Edition. APHA-Washington.
- Ardininingtyas, T. R. 2013. Pengaruh Penggunaan Effective Microorganism4 (EM4) Molase Terhadap Kualitas Kompos dalam Pengomposan Sampah Organik RSUD Dr. R. Soetrasno Rembang. Skripsi. Jurusan Kesehatan Ilmu Masyarakat. Universitas Negeri Semarang, Semarang. 109 Halaman.
- Arifin, R. 2012. Distribusi Spasial Temporal Biomassa Fitoplankton (Klorofil-a) dan Keterkaitannya dengan Kesuburan Perairan Estuaria Sungai Brantas, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor. (tidak diterbitkan).
- Bold, H.C. 1980. Morphology of Plants and Fungi. 4th Edition. San Antonio: Harper International Edition.718 hal.
- Bold, H.C dan M. J. Wynne. 1985. Introduction to The Algae Structure and Reproduction. New York : Englewood Cliffs. Hal 662-706.
- Boroh, R. 2012. Pengaruh Pertumbuhan *Chlorella* sp pada Beberapa Kombinasi Media Kultur. Biologi FMIPA. UNHAS. Makassar. (tidak diterbitkan).
- Chen, G. Q. and F. Chen. 2006. Gerowing Phototrophij Cells Without Light. Biotechnology Letters. Vol:28(9): 683-690.

- Citroreksono, P. 1996. Pengantar Bioremediasi. Prosiding: Pelatihan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan. Puslitbang Bioteknologi-LIPI Cibinong. 1–11 hal.
- Coetteau, P. 1998. Alga Production. University of Gent, Rome. 89 hal.
- Dainith, M And C, O'Meley. 1993. Algae Cultures For Marine Hatcheries. Turtle Press. Australia. 10 hal.
- Damanhuri, E. 2010. Diktat Pengelolaan Sampah. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB): Bandung. 65 hal.
- Darmasetiawan, M. 2004. Sarana Sanitasi Perkotaan. Ekamitra Engineering. 80 hal.
- Dinas Kebersihan Kota Pekanbaru. 2013. Laporan Tahunan Jumlah Timbulan Sampah di TPA Sampah Pekanbaru. 56 hal.
- Dolan, J. 1992. Mixotrophy In Ciliates: A Review Of Chlorella Symbiosis and Chloroplast Retention. Mar. Microb. Food Webs. 1992. Vol: 6(12):115-132
- Dwipayana dan H.D. Ariesyady. 2011. Identifikasi Keberagaman Bakteri Pada Lumpur Hasil Pengolahan Limbah Cat dengan Teknik Konvensional. Program Studi Teknik Lingkungan, ITB, Bandung. 85 hal.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelola Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 249 hal.
- El-fadel, M., Bou-zeid, E., Chahine, W., and Alayli, B. 2002. Temporal Variation of Leachate Quality From Presorted and Baled Municipal Solid Waste With High Organic and Moisture Content. Waste Management. Vol:2 (3): 269–282.
- Elyana, P. 2011. Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa Hasil Fermentasi Aspergillus Oryzae dalam Pakan Komersil Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oriochromis niloticus*). Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Penegathuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 77 hal.
- Ervandi. 2014. Fresh Water Algae Identification and Use as Bioindicators. India: Wiley-Blackwell. 69 hal.
- Eyster, C. 1978. Nutrient Concentration Requirements for *Chlorella sorokiniana*. Available from the Author or the Mobile College Library, Mobile, Alabama 36613. 78-81 hal.
- Fitria, Y. 2008. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM₄ (Efective Microorganisme 4). Skripsi Institut Pertanian Bogor. 72 hal.

- Fogg, B. 1965. *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*, 3rd ed., The University of Wisconsin Press, Wisconsin. 126 hal.
- Hadisuwito. 2007. *Membuat Pupuk Kompos Cair Cetakan ketiga*. Agromedia Pustaka, Jakarta. 45 hal.
- Handayani, S. H., Yunus, A. dan Susilowati, A. 2015. Uji Kualitas Pupuk Organik Cair dari Berbagai Macam Mikroorganisme Lokal (MOL). *El-Vivo*. Vol:3 (1): 54-60.
- Herawati, V. 2008. Peran Praktek Corporate Governance sebagai Moderati Variabel dari Pengaruh Earnings Management terhadap Nilai Perusahaan. Simposium Nasional Akuntansi XI, IAI, 2008
- Hirayama, Y. 1996. *Global Bromine Industry and Outlook*, ICL-IP. Japan. 5-9 hal.
- Huang, L., Lin, L., Chen, Y., Lan, C., and Qu, L. 2002. Molecular Identification of Algae and Their Use in Landfill Leachate Purification. *Acta Ecologica Sinica*. Vol: 22 (2): 253–258.
- Hutagalung, H. P. 1994. Kandungan Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Proseding Seminar Pemantauan Pencemaran Laut dan Interkalibrasi*. Puslitbang Oseanologi-LIPI. Jakarta. Vol: 9 (1):7-9.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Fitoplankton Zooplankton*. Kanisius. Yogyakarta. 116 hal.
- Kabinawa, I.N.K. 2001. Mikroalga Sebagai Sumber Daya Hayati (SDH) Perairan dalam Perspektif Bioteknologi. *Puslitbang Bioteknologi LIPI*. Bogor. 5-13 hal.
- Kawaroe, M. T., Pratono, A., Sunuddin, D.W., Sari dan Augustine. 2010. Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar. Penerbit Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. Vol:17(4):196-200.
- Kilham, S.S. dan P. Kilham. 1978. Natural Community Biosaays: Predictions of Result Based On Nutrient Physiology and Competition. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.* (20): 68-74.
- Kirchman, D.L. 2000. *Microbial Ecology of The Ocean*. New York: Wiley Liss. A John and Sons Inc. 137-142 hal.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., Christensen, T. H., and Christensen, T. H. 2012. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: a Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. Vol: 32 (4): 297–336.

- Komarawidjaja. 2010. Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Substitusi Media Kultur Mikroalga dalam Upaya Mereduksi CO₂ Laporan Akhir. BPPTNo.14.
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Adi Offset. Yogyakarta. 352 hal.
- Loehr, R. C. 1974. Agriculture Waste Management: Problem, Process and Approach. Academic Press. New York.
- Miyachi, S. 1988. *Chlorella* sp. In. M. A. Borowiczka and L. J. Borowiczka (eds.) Microalgal Biotechnology. Cambridge University Press Cambridge.
- Niczyporuk, A. P., A. Bajguz, E. Zambrzycka, dan G. B. Zylkiewicz. 2012. Phytohormones as Regulators of Heavy Metal Biosorption and Toxicity in Green Algae *Chlorella vulgaris* (*Chlorophyceae*). Plant Physiology and Biochemistry. Hal 52 - 65.
- Nontji, A. 2006. Tiada Kehidupan di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton. LIPI Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta. 196 hal.
- Nugroho. 2013. Panduan Membuat Kompos Cair. Jakarta: Pustaka Baru Press. 8-9 hal.
- Nybakken, J. W. 1988. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Ahli bahasa H. Muh. Eidaman. Gramedia, Jakarta. 123 hal.
- O-Hama, T. dan S. Miyachi. 1998. Microalgae Biotechnology Borowitzka, L. J. (ed.). Cambridge University Press. London. 29 hal.
- Pangabeian, L.M.G., Hartono, R., Svaya, V.S., dan Sitoros S. 2010. Pengaruh Injeksi Karbondioksida Terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp dan *Nannochloropsis Oculata*. Prosiding Seminar Nasional Limnology V.13-23.
- Parson. 2016. Ethnotherapeutic Empathy (Ethe): II. Techniques Interpersonal Cognition And Vicarious Experience Across Cultures. Journal of Contemporary Psychotherapy. Vol: 23(9)171-182.
- Peng, Y. 2017. Perspectives on Technology for Landfill Leachate Treatment. Arabian Journal of Chemistry. Vol:7(7). 567-574.
- Pennak, R.W. 1973. Coelenterata Fresh-water Invertebrates of the United States. 580 hal.
- Prabowo, D.A. 2009. Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan *Chlorella* sp pada Skala Laboratorium. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 108 hal.

- Pranayogi, D. 2003. Studi Potensi Pigmen Klorofil dan Karotenoid dari Mikroalga Jenis Chlorophyceae. Universitas Lampung. 65 hal.
- Prihantini, N. B. 2005. Pertumbuhan Chlorella sp dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. Jurnal Makara Sains. Vol: 9 (1): 1-6.
- Rostini, I. 2007. Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella* sp dan *Nannochloropsis* sp yang difultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Pengembangan Timah di Pulau Bangka. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hal 43.
- Sato, V. 1991. The Development of a Phytoplankton Production System as a Support Base for Finish Larval Rearing Reasearch in Proceeding of a U.S.A-Asia Workshop Rotifer and Microalgae Culture Systems January 28-31 991. Honoulu Hawaii. Hal 257-273.
- Sembiring, H. 2008. Keanekaragaman dan Distribusi Udang Serta Kaitannya dengan Fator Fisik Kimia di Perairan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang (Tesis) Sekolah Pascasarjana Biologi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 101 hal.
- Sidabutar, H. 2016. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. (tidak diterbitkan)
- Steenblock, D. 2000. Chlorella sp Makanan Sehat Alami. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama. 614 Hal.
- Subarijanti, HU. 2005. Diktat Kuliah Limnologi. Nuffic/ Unibraw/ Luw/ Fish. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sugianti. Y. 2016. Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 67 hal.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D, Bandung : Alfabeta.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21.

- Suriawiria, U. 2005. Mikrobiologi Air Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Alumni. Bandung. Hal 3-4.
- Syamsudin, S., Purwati, dan A. Taufik. 2006. Efektifitas Aplikasi Enzim dalam Sistem Lumpur Aktif Pada Pengolahan Air Limbah Pulp dan Kertas. Balai Besar Pulp dan Kertas: Bandung. Berita Selulosa. Vol: 43 (2): 83-92.
- Sylvester, B., Nelvy D. dan Sudjiharno. 2002. Persyaratan Budidaya Fitoplankton. Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton. Prosiding Proyek Pengembangan Perencanaan Teknologi Balai Budidaya Laut Lampung. Vol:10(2):24-36.
- Taw, D.R. 1990. Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga. Proyek Pengembangan Budidaya Udang: United Nations Development Programme Food and Agriculture Organization Of The United Nations US. 34 Hal.
- Vitriani, N. F. 2016. Pengaruh Pemberian Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp dalam Skala Outdoor. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 65 hal.
- Wardoyo, S. T. H. 1981. Kriteria Kualitas Air Untuk Evaluasi Pertanian dan Perikanan. Training Analisa Dampak Lingkungan PPLH-UND-PSI. IPB. BOGOR: PPLH-UND-PSI. IPB. 41 hal.
- Widyaningsih, V. 2011. Pengolahan Limbah Kantin Yongma FISIP UI. Skripsi. Universitas Indonesia Depok. Hal 247-255.
- Yolanda, Y. 2016. Pemanfaatan Limbah Cair Biogas PKS untuk Produksi Mikroalga *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. (tidak diterbitkan)
- Zahara. 2010. Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Scenedesmus* sp Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta. 80 hal.
- Zulkifli dan Ami, A. 2001. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu dengan Rotating Biological Contactor (RBC) pada Skala Laboratorium. Limnotek. Vol:8 (1): 21-34.