

PEMANFAATAN LIMBAH LINDI TERHADAP KELIMPAHAN
Chlorella sp

OLEH

TRIO SAPUTRA ZENDRATO
144310095

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Perikanan*



Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2019

PEMANFAATAN LIMBAH LINDI TERHADAP KELIMPAHAN
Chlorella sp


SKRIPSI

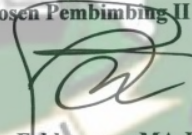
NAMA : TRIO SAPUTRA ZENDRATO
NPM : 144310095
PRODI : BUDIDAYA PERAIRAN

MENYETUJUI

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. H. Rosyadi, M.Si
NIDN : 0013106003


Ir. Fakhrunnas MA Jabbar, M.I.Kom
NIDN : 0018015902

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Islam Riau

Ketua Program Studi
Budidaya Perairan


Dr. Ir. Ujang Paman Ismail, M. Agr
NIDN : 1016046401


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 DESEMBER 2018

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Ir. H. Rosyadi., M.Si	Ketua	
2	Ir. Fakhrunnas MA Jabbar., M. I. Kom	Sekretaris	
3	Ir. T. Iskandar Johan., M.Si	Anggota	
4	Dr. Ir. H. Agusnimar., M.Sc	Anggota	
5	Muhammad Hasby S. Pi, M.Si	Anggota	
6	Hisra Melati, S.Pi	Notulen	

Mengetahui

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Islam Riau



Dr. Ir. Ujang Paman Ismail, M. Agr

BIOGRAFI PENULIS



TRIO SAPUTRA ZENDRATO dilahirkan di Fadoropada hari Sabtu tanggal 30 November 1996, Anak keempat dari empat bersaudara pasangan dari Ayahanda Fatiziduhu Zendrato dan Ibunda Nantiriang Gea. Memiliki saudara kandung Kakak Mirayani Zendrato, Abang Rintis Umbu Zinema Zendrato dan Tiar Harapan Zendrato. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Lombuzau Kecamatan Lotu Kabupaten Nias Utara pada tahun 2008. Penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Swasta Karya Botombawo, Kabupaten Nias Utara dan tamat pada tahun 2011. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah menengah Atas di SMA Swasta Pembda 1 Gunungsitoli Kecamatan Gunungsitoli Kota Gunungsitoli dan tamat pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Perguruan Tinggi (S1) di UNIVERSITAS ISLAM RIAU Pekanbaru Provinsi Riau. Dengan izin Tuhan Yesus Kristus pada hari Jumat Tanggal 21 Desember 2018 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan serta dipertahankan dalam Ujian komprehensif pada sidang meja hijau dan sekaligus berhasil meraih gelar Sarjana Perikanan (S1) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Lindi Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp” dibawah bimbingan Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si sebagai pembimbing I dan Bapak Ir. Fakrunnas MA Jabbar, M.I. Kom sebagai Pembimbing 2.

RINGKASAN

TRIO SAPUTRA ZENDRATO (144310095) PEMANFAATAN LIMBAH LINDI TERHADAP KELIMPAHAN *Chlorella* sp(dibawah bimbingan Ir.H. Rosyadi, M.Si dan Ir. Fakhrunnas MA Jabbar, M.I.Kom). Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus–September 2018 di Laboratorium Mikroalga Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp, mencari konsentrasi limbah lindi untuk kelimpahan *Chlorella* sp, serta melihat hubungan kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp dengan ketersediaan nutrisi (N dan P) yang terkandung dalam limbah lindi. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan adalah limbah lindi sebanyak 5 taraf yaitu P1 (5%), P2 (10%), P3 (15%), P4 (20%) dan P5 (25%) dengan 3 kali ulangan. Kelimpahan *Chlorella* sp tertinggi 11.300.000 sel/ml dengan konsentrasi limbah lindi sebesar (5%). Sedangkan kelimpahan terendah pada perlakuan P5 dengan dosis (25%) sebanyak 3.966.667 sel/ml. Selain itu, P1 juga menghasilkan produksi biomassa tertinggi (0.4374 g/L), jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Parameter lingkungan berupa suhu pada media kultur berkisar antara 27-30 °C dan pH berkisar antara 6-8.

Kata Kunci :Limbah Lindi, Kelimpahan, *Chlorella* sp

ABSTRAC

TRIO SAPUTRA ZENDRATO (144310095) UTILIZATION OF INDEPENDENT WASTE ON THE ABILITY OF CHLORELLA SP (under the guidance of Ir. H. Rosyadi, M.Sc and Ir. Fakhrunnas MA Jabbar, M. I. Kom). The study was conducted in August - September 2018 at the Laboratory of Microalgae, Faculty of Agriculture, Riau Islamic University. The aim of the study was to determine the effect of leachate utilization on the abundance of Chlorella sp, find the concentration of leachate waste for the abundance of Chlorella sp, and see the relationship of abundance of microalgae Chlorella sp with the availability of nutrients (N and P) contained in leachate waste. The design used in this study was a completely randomized design (RAL) method with treatment of leachate waste as much as 5 levels, namely P1 (5%), P2 (10%), P3 (15%), P4 (20%) and P5 (25 %) with 3 replications. The highest Chlorella sp abundance is 11,300,000 cells / ml with leachate waste concentration of (5%). While the lowest abundance in treatment P5 with a dose (25%) was 3,966,667 cells / ml. In addition, P1 also produces the highest biomass production (0.4374 g / L), when compared to other treatments. Environmental parameters in the form of temperature on culture media ranged from 27-30 oC and pH ranged from 6-8.

Keywords: Leachate Waste, Abundance, Chlorella sp

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan nikmatNya, sehingga penulis dapat menyusun hasil penelitian berjudul **“PEMANFAATAN LIMBAH LINDI TERHADAP KELIMPAHAN *Chlorella sp*”**. Hasil penelitian ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan pada Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si. dan Bapak Ir. Fakhrunnas MA Jabbar, M.I.Kom, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam penelitian ini.

Hasil penelitian ini sudah dibuat dengan segala kemampuan penulis. Namun jika masih ada kekurangan dalam penulisan, tata bahasa, maupun materi yang disajikan, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak demi kesempurnaan hasil penelitian ini.

Pekanbaru, April 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji-syukur kepada Tuhan Yesus yang telah memberikan kesehatan dan kekuatan kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Karya ilmiah ini penulis dedikasikan untuk kedua orangtua saya yang tercinta Ayahanda Fatiziduhu Zendrato dan Ibunda Nantiriang Gea serta Kakak Mirayani Zendrato, Abang Netorius Gulo, Abang Rintis Uumbu Zinema Zendrato, Abang Tiar Harapan Zendrato dan Keponakan saya Rays, Nadine, Jevan dan Gideon Gulo tersayang yang selama ini telah membantu dan mendukung penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, moril, materi serta do'a yang tiada hentinya demi kelancaran dan kesuksesan penulis. Kalian adalah semangat hidup saya dan orang-orang yang menjadi alasan utama bagi saya untuk segera menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik mungkin, karena kebanggaan kalian adalah kebanggaan saya. Saya Selalu berdo'a agar Ayah, Mama, Kakak dan Abang tercinta diberikan umur yang panjang, dilancarkan rezeki, selalu diberi kesehatan dan selalu dilindungi oleh Tuhan Yesus Kristus.

Selama menyusun skripsi ini, penulis telah banyak mendapat dukungan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH., M. CL selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Ir . Ujang Paman Ismail, M. Agr selaku Dekan Fakultas Pertanian.

3. Bapak Ir. T. Iskandar Johan, M. Si selaku Ketua dan Bapak Muhammad Hasby, S. Pi., M. Si selaku Sekretaris Program Studi Budidaya Perairan beserta Staf Dosen dan Tata Usaha.
4. Bapak Ir. Ediwarman, M.MA selaku Dosen PA.
5. Bapak Ir. H. Rosyadi, M. Si selaku Dosen Pembimbing I terima kasih penulis sampaikan kepada bapak, yang selalu memberikan penulis bimbingan, saran, motivasi, serta semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas setiap waktu bimbingan yang selalu memberikan penulis ilmu dan pemahaman baru mengenai berbagai hal. Selanjutnya Bapak Ir.Fakhrunnas MA Jabbar, M.I. Kom selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih yang besar penulis sampaikan yang selalu memberikan penulis bimbingan, kecerdasan, kebaikan, dan semangat yang membuat penulis semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Serta bersedia meluangkan waktunya.
6. Bapak Prof. Dr. H. Muchtar Ahmad, MSc., Dr. Ir. H. Agusnimar, M.Sc., Ir. T. Iskandar Johan. M.Si., Jarod Setiaji, S.Pi, MSc., Ir. Ediwarman. M.MA beserta seluruh staf pengajar yang telah mendidik penulis selama menjadi mahasiswa di Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.
7. Bapak Abd. Fattah Rasidi. S.Pi Selaku Kepala BBI (Balai Benih Ikan) Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Terima kasih atas nasehat-nasehat serta bantuan selama penelitian skripsi dilaksanakan.
8. Buat Sibaya A/I. Dion Gea, A/I. Stevan Gea serta adek-adek Dion, Stevan, Priya, Gita dan Eno Gea, terimakasih buat dukungan materi, Doa, Semangat beserta canda tawanya selama ini, semoga keluarga sibaya selalu diberkati,

diberi umur panjang dan kesehatan serta adek-adek menjadi anak yang takut tuhan, taat pada orang tua dan berprestasi.

9. Kakak Hisra Melati, S.Pi yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan hasil penelitian dan memberikan ide-ide, saran serta nasehatnya.
10. Teman-teman seperjuangan angkatan 2014 Ade, Afap, Roza, Riska, Jepri, Lambok, Jasa, Falsa Sapen, Fauzi, Riono, Riski, Yusuf, Fadli, Suryadi, Try, Bobby, Hendi, Syahroni, Novri, Ilham, Fauzan, Mutlas, terimakasih atas canda tawanya, dan kebersamaannya selama perkuliahan.
11. Buat sahabat selama Penelitian sekaligus motivator terbaik Ahmad Yusuf, Fadli, Gusna Meli Roza, Afap Hasibuan, Winda, Sharavia Mitha Yulantri, terima kasih atas perhatian, semangat, dukungan, serta waktunya yang selalu ada dan berjuang bersama-sama.
12. Buat Senior terbaik angkatan 2011 Solihin, Eno, Nur, Fitra, Ipul, Abdinal, Senior angkatan 2012 Abang Dodi, Firman, Senior angkatan 2013 Abang Yudha, Angga Firman, Angga Hsb, Hafiz, Fiktor, Sarah, Winda dan Junior terbaik Angkatan 2015 Ahlun, Ogon, Faza, Yusuf, Randa, Wir Gea, Ica, Selvi, serta angkatan 2016 Pandu, Fajar, Hanapi, Nanang, Singgih, Dwi, dan angkatan 2017 Peri nduru, Andre dan Taufik. terima kasih atas perhatian, semangat, dukungan, serta waktu dan kebersamaannya selama ini.
13. Buat teman-teman Ngopi bareng Said Rambe, Falsa Sapen, Ardi, Igbal dan Pak Son, terima kasih buat segelas kopi selama ini, perhatian, dukungan, serta waktu dan kebersamaannya selama ini.

Demikian ucapan terimakasih kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas semua bantuannya selama proses pengerjaan

skripsi ini berjalan hingga akhirnya dapat terselesaikan. Terimakasih yang teramat besar penulis sampaikan kepada kalian semua. Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bertujuan untuk penyempurnaan karya ilmiah ini.



Pekanbaru, April 2019

Penulis

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR ISI

ISI	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMAKASIH	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Hipotesis	6
1.6. Asumsi	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Klasifikasi dan Morfologi <i>Chlorella</i> sp	7
2.2. Habitat dan Ekologi	9
2.3. Nutrien	9
2.4. Reproduksi	10
2.5. Kultur <i>Chlorella</i> sp	11
2.6. Pertumbuhan Mikroalga.....	13
2.7. Peran Mikroalga dalam Mendegradasi Limbah Lindi	15
2.8. Parameter Kualitas Limbah Lindi	17
2.8.1. Nitrat (NO ₃)	17
2.8.2. Fosfat.....	18
2.8.3. Karbondioksida Bebas (CO ₂)	19
2.8.4. Derajat Keasaman (pH).....	20
2.8.5. BOD dan COD.....	21
2.8.6. Suhu	22
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	23
3.2.1. Limbah lindi.....	23
3.2.2. Mikroalga <i>Chlorella</i> sp.	23
3.2.3. Media Penyaringan	23
3.3. Prosedur Penelitian	24
3.4.1. Persiapan Penelitian	24
3.4. Metode Penelitian	27
3.4.1. Penelitian Pendahuluan	28

3.4.2. Penelitian Utama	30
3.5. Pengamatan Pola Pertumbuhan <i>Chlorella</i> sp.	31
3.6. Analisis Air Lindi.....	34
3.6.1. Nitrat	34
3.6.2. Fosfat.....	35
3.6.3. Derajat Keasaman pH	36
3.6.4. Suhu	36
3.7. Analisis Data	36

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Laju Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp.....	37
4.2. Biomassa Mikroalga <i>Chlorella</i> sp.....	46
4.3. Kualitas Air	49
4.3.1. Suhu.....	50
4.3.2. Derajat Keasaman (pH).....	52
4.3.3. Nitrat	54
4.3.4. Fosfat.....	57

IV KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA

62

LAMPIRAN

68



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1. Morfologi <i>Chlorella</i> sp	8
2.2. Fase Pertumbuhan Mikroalga	14
3.1. Model Saringan	24
3.2. Bibit <i>Chlorella</i> sp.....	26
3.3. Grafik Pertumbuhan <i>Chlorella</i> sp pada Uji Pendahuluan.....	29
3.4. Haemocytometer Tipe Neubeauer	32
4.1. Grafik Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp pada Penelitian Utama.....	39
4.2. Kelimpahan Sel <i>Chlorella</i> sp pada Penelitian Utama.....	42
4.3. Pengukuran Biomassa <i>Chlorella</i> sp	48
4.4. Rata-rata Pengukuran Suhu tiap Perlakuan.....	51
4.5. Rata-rata Pengukuran pH pada tiap Perlakuan.....	53
4.6. Penurunan Nitrat	56
4.7. Penurunan Fospat.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
-------	-----

3.1. Pertumbuhan <i>Chlorella</i> sp pada Uji Pendahuluan	29
3.2. Pembuat Larutan Standar Nitrat.....	34
4.1. Kelimpahan Rata-rata Sel Mikroalga <i>Chlorella</i> sp (10^4).....	37
4.2. Hasil Pengukuran Rata-rata Biomassa <i>Chlorella</i> sp.....	46
4.3. Analisis Limbah Lindi.....	49
4.4. Hasil Pengukuran Rata-rata Suhu tiap Perlakuan	50
4.5. Hasil Pengukuran Rata-rata pH tiap Perlakuan.....	52
4.6. Hasil Analisis Rata-rata Nitrat	54
4.7. Hasil Analisis Rata-rata Fosfat.....	57



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Hasil Penghitungan Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp pada Penelitian Utama. Kelimpahan (sel/ml)	69

2. Hasil Uji Anava Kelimpahan Sel Mikroalga <i>Chlorella</i> sp.....	73
3. Hasil Pengukuran Biomassa pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	74
4. Hasil Pengukuran Suhu pada Penelitian Utama.....	75
5. Hasil Pengukuran pH pada Penelitian Utama	76
6. Hasil Pengukuran Nitrat pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	77
7. Hasil Pengukuran Fospat pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp	78
8. Limbah Lindi yang Digunakan dalam Penelitian Utama	79
9. <i>Chlorella</i> sp dan Susunan Rak Penelitian	81
10. Persiapan Penelitian	82
11. Alat Penelitian.....	83



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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. Dari hari ke hari sampah itu terus menumpuk dan terjadilah bukit sampah seperti yang sering kita lihat.

Kepala Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru Provinsi Riau Edwin Supradana, menyatakan bahwa wilayah Pekanbaru pada tahun 2016 mampu menghasilkan sampah sebanyak 148,819,75 ton untuk seluruh Kecamatan yang ada di Kota Pekanbaru. Sedangkan rata-rata sampah/harinya yaitu 407,27 ton/hari. Selanjutnya untuk tahun 2017 data sampah Pekanbaru yang masuk ke TPA Muara Fajar untuk seluruh wilayah Kota Pekanbaru sampai bulan September yaitu 120,464,99 ton, rata-rata sampah/harinya sekitar 299,37 ton/hari. Tiap tahun limbah sampah Pekanbaru meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk

Selama ini hampir 90 persen daerah menerapkan cara konvensional dalam pengelolaan sampah di daerahnya. Sebanyak 69 persen pengelolaan sampah dengan cara mengangkut dan menimbunnya di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), 10 persen mengubur sampah dengan cara pengomposan, 7 persen didaur ulang, 5 persen sistem pengelolaan dengan cara membakar dan 7 persen tidak dikelola (Syamsudin *et al.*, 2006).

Pengolahan sampah di Pekanbaru saat ini masih tergolong pada kelompok terbanyak yakni dengan cara menimbun pada lahan TPA. "Diakui setiap tahun kemampuan lahan TPA akan berkurang, hingga diperkirakan pada tahun 2020 kebutuhan akan lahan penuh, "kata Kepala Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru, Endwin Supradana".

Namun kebanyakan dari TPA ini hanya berfokus pada pengolahan sampah saja. Padahal timbunan sampah juga menimbulkan aliran air lindi (*leachate*) yang dapat mencemari lingkungan. Seandainya sudah ada unit pengolahannya pun unit pengolahan tersebut masih bersifat apa adanya. Bahkan standar kerja dari unit pengolahan tersebut masih berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah.

Masalah yang ada di TPA salah satunya adalah adanya lindi sampah. Lindi mengandung berbagai turunan senyawa kimia dari pelarutan sampah pada lahan urug 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).

Lindi (*leachate*) adalah cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi atau cairan yang melewati tempat penimbunan (*landfill*) dan bercampur serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan tersebut. Cairan lindi merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran atau drainase permukaan, air hujan dan air tanah (Arbain *et al.*, 2003).

Sedangkan menurut Darmasetiawan (2004) 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.

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.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyatakan bahwa diperlukan upaya pemeliharaan kualitas air agar tetap dalam kondisi alamiahnya dalam pencegahan dan penanggulangan pencemaran air. Hal ini dimaksudkan agar air tersebut tetap dalam kondisi alamiahnya sedangkan penanggulangan pencemaran air dan pemeliharaan agar tetap terjaga kualitasnya sesuai dengan standart baku mutu air.

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.

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 (Citroreksono, 1996).

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 diduga mengandung bahan organik yang tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan *Chlorella* sp (Bold dan Wynne, 1985).

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.

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 (Steenblock, 2000).

Berdasarkan hal di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang Pemanfaatan Limbah Lindi Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp, sehingga ilmu yang didapatkan nantinya dapat diterapkan kepada masyarakat.

1.2. Perumusan Masalah

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. Tingginya kandungan senyawa organik akan berdampak negatif terhadap lingkungan perairan jika langsung dibuang tanpa ada pengolahan terlebih dahulu, sehingga akan mempengaruhi kehidupan organisme akuatik. 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 realita yang ada maka dapat dirumuskan permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh pemberian limbah lindi sebagai media hidup untuk kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp ?
2. Berapa dosis limbah lindi yang optimal, untuk kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk :

1. Mengetahui pengaruh pemberian limbah lindi sebagai media hidup untuk kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp.
2. Mengetahui dosis limbah lindi yang optimal untuk kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini untuk :

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

1.5. 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.

1.6. Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Sampel yang diambil dianggap mewakili keadaan pada keseluruhan sampel.
- b. Tingkat keahlian dan ketelitian dalam setiap pengambilan sampel sama.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi dan Morfologi *Chlorella* sp

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 (Bold dan Wynne, 1985).

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 (Niczyporuk, 2012). Bold dan Wynne (1985) mengategorikan *Chlorella* sp ke dalam kelompok alga hijau yang memiliki jumlah genera sekitar 450 dan jumlah spesies lebih dari 7500.

Klasifikasi *Chlorella* sp menurut Bold dan Wynne (1985) adalah sebagai berikut:

Divisi : *Chlorophyta*

Kelas : *Chlorophyceae*

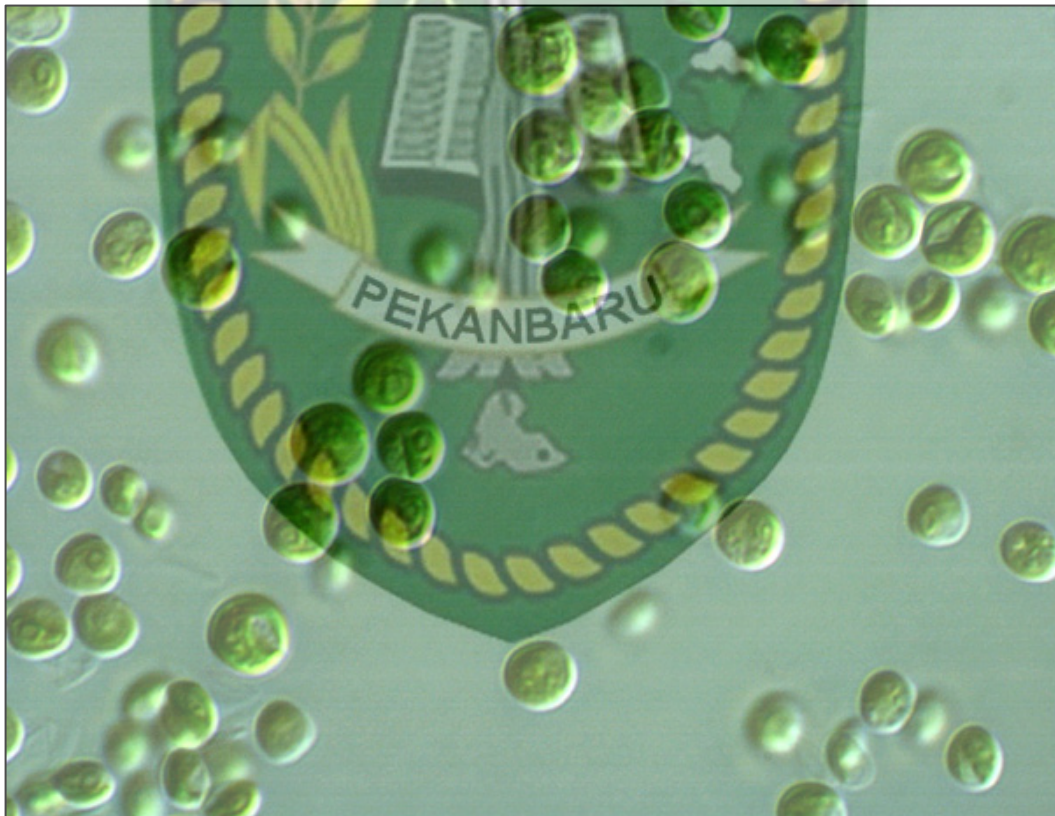
Ordo : *Chlorococcales*

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. 27 April 2018)

2.2. Habitat dan Ekologi

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 mentolerir salinitas antara 33- 40 ppt (Bold dan Wynne, 1985). 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 dalam Rostini, 2007). 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* (Dolan, 1992).

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.

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

Reproduksi *Chlorella* sp adalah aseksual dengan pembentukan austospora 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).

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.

2.5. Kultur *Chlorella* sp

Menurut Bold dan Wynne (1985) pertumbuhan *Chlorella* sp dalam kultur dipengaruhi 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. Nutrient 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).

Tiap unsur hara memiliki fungsi-fungsi khusus yang tercemin pada pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai oleh organisme yang dikultur tanpa mengesampingkan pengaruh dari lingkungan.

Kebutuhan nutrien 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).

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 dalam Prabowo, 2009).

Cahaya merupakan sumber energi untuk melakukan fotosintetis. 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).

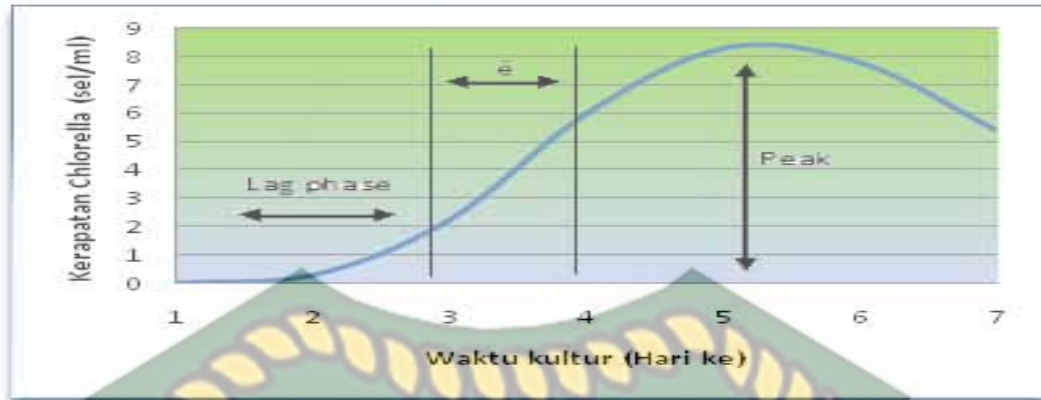
Kisaran temperatur optimal bagi pertumbuhan *Chlorella* sp adalah 25-30 °C (Isnantyo dan Kurniastuty, 1995). Menurut Taw dalam Prabowo (2009) untuk kultur *Chlorella* sp diperlukan temperature antara 25-35 °C. temperature mempengaruhi proses-proses fisika, kimia, biologi yang berlangsung dalam sel mikroalga.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

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).

2.6. Pertumbuhan Mikroalga

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).



Gambar 2.2. Fase Pertumbuhan Mikroalga

(Sumber: http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/unicells/non_flagellated/CHLORELLA/Chlorella_Image_page.htm. 27 April 2018)

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.

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 (Ekspansional)

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

Biodegradasi adalah suatu proses oksidasi senyawa organik dan anorganik oleh mikroorganisme baik di tanah maupun perairan ataupun pengolahan air limbah (Dwipayana dan Ariesyady, 2011). 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 aktifitas

dan kemampuan mikroorganisme 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 organisme 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.

Chlorella sp dinilai efektif mereduksi emisi CO₂ karena kemampuannya menghambat CO₂ dalam proses fotosintesisnya (Chen *et al.*, 2006). 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. Nitrat (NO_3)

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama untuk nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient 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 melepas ion ammonia (NH_4^+).

Unsur nitrogen berfungsi sebagai nutrient 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 sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi ammonia 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 methaemoglobinaemia 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). Nitrat adalah unsur hara yang diperlukan untuk proses fotosintesis (Herawati, 2008).

Nutrient 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.

2.8.2. 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 fosfat 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.

2.8.3. Karbondioksida Bebas (CO₂)

Karbondioksida bebas merupakan salah satu gas respirasi yang penting bagi sistem perairan, kandungan karbondioksida bebas dipengaruhi oleh kandungan bahan organik terurai, suhu, pH, dan aktifitas fotosintesis. Karbondioksida bebas termasuk salah satu gas yang terdapat dalam air, yang dapat meracuni organisme air. Karbondioksida merupakan gas yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan air renik maupun tingkat tinggi untuk melakukan fotosintesis. Karbondioksida bebas perairan berasal dari proses respirasi organisme air, proses pembusukan bahan-bahan organik dan difusi dari udara (Boyd, 1979).

Karbondioksida merupakan elemen paling penting dalam proses fotosintesis, oleh karena itu tersedianya karbondioksida yang cukup di dalam media otomatis akan mendukung pertumbuhan dari *Chlorella* sp. Ketersediaan CO₂ dapat dilakukan dengan menginjeksinya kemudian mengoyang-goyangkan media. Dengan aerasi, konsentrasi unsur hara dalam media dapat menyebar secara merata. CO₂ ini digunakan sebagai *carbon source* untuk melakukan fotosintesis

metabolisme yang menunjang kebutuhan *Chlorella* sp Berdasarkan penelitian yang dilakukan, konsentrasi CO₂ yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 5-10% (Bold dan Wynne, 1985).

Tersedianya CO₂ di dalam media kultur merupakan faktor penting untuk fitoplankton, karena secara langsung dipakai sebagai bahan untuk membentuk molekul-molekul organik melalui prose fotosintesa. Dalam budidaya fitoplankton suplai CO₂ terlarut di dalam media kultur biasanya dilakukan dengan pemberian aerasi melalui blower (pompa udara), aerasi juga berfungsi untuk meratakan sebaran nutrient yang ada (Burkhard dan Riebesell, 1999).

2.8.4. 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 aktifitas fotosintesis fitoplankton (De La Noue dalam Ervandi , 2014). pH yang sesuai untuk perkembangbiakan *Chlorella* sp berkisar 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 aktifitas 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.

2.8.5. BOD dan COD

Kebutuhan oksigen dalam air limbah ditunjukkan melalui BOD, COD (*Biological Oxygen Demand*) adalah gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Daviss dan Cornwell dalam Effendi, 2003). Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol BOD yang diinkubasi pada suhu sekitar 20 °C selama 5 hari, dalam keadaan tanpa cahaya (Boyd dalam Yustiani *et al.*, 2010). COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter air, dimana $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*Oxidating Agent*). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

2.8.6. Suhu

Suhu air merupakan faktor penting bagi organisme perairan yang selalu dipengaruhi oleh musim, cuaca waktu pengukuran dalam air. Bishop (1973) 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 makluk 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 dibawah 16 °C dapat menyebabkan kecepatan pertumbuhan turun, sedangkan suhu diatas 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).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 20 hari yaitu dimulai pada tanggal 17 Agustus sampai 05 September 2018. Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium Mikroalga Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.

3.2. Bahan dan Alat penelitian

3.2.1. Limbah Lindi

Limbah lindi yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah lindi yang diperoleh dari tempat penampungan limbah lindi di (TPA) Sampah Jalan Muara Fajar milik Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru.

3.2.2. Mikroalga *Chlorella* sp

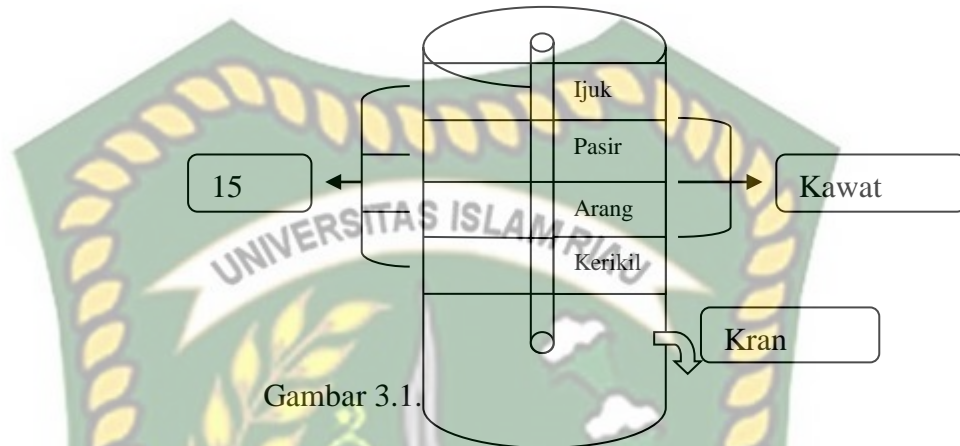
Mikroalga *Chlorella* sp berasal dari hasil kultur di Laboratorium Mikroalga Universitas Islam Riau Fakultas Pertanian Progam Studi Budidaya Perairan . Adapun bibit mikroalga *Chlorella* sp yang diperlukan sebanyak 2 liter.

3.2.3. Media Penyaringan

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 dan menghilangkan bau.



Gambar 3.1.

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan agar seluruh alat, bahan dan kondisi kultur dapat mendukung setiap tahap penelitian dengan optimal. Persiapan penelitian ini terdiri atas beberapa tahap, yaitu penyiapan media penyaringan, sterilisasi alat dan media kultur, penyiapan limbah lindi, penyiapan bibit *Chlorella* sp serta penyusunan peralatan kultur. 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.

2. Sterilisai 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 foil.

3. Penyiapan Limbah Lindi

Limbah lindi diambil langsung dari tempat pembuangan akhir sampah di Muara Fajar Rumbai milik Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru. Limbah lindi dibiarkan terlebih dahulu selama lima hari sebelum dimasukkan 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. Penyiapan Bibit *Chlorella* sp

Bibit awal *Chlorella* sp yang digunakan dalam penelitian berasal dari Laboratorium Mikroalga Universitas Islam Riau Fakultas Pertanian Program Studi Budidaya Perairan. Bibit *Chlorella* sp kemudian diuji coba dengan media kultur limbah lindi pada penelitian pendahuluan untuk melihat apakah *Chlorella* sp yang

akan digunakan mampu bertahan hidup bila pada media tumbuhnya berasal dari limbah lindi. Bibit *Chlorella* sp dapat dilihat pada Gambar. 3.2.



Gambar 3.2. Bibit *Chlorella* sp

5. Penyusunan Peralatan 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 m x 2 m x 40 (cm) sebagai tempat diletakkannya wadah kultur yang digunakan berupa 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 pipet tetes akurat, mikroskop komputer, blower, gelas ukur, pH meter, drum plastik, haemocytometer, batu aerasi, botol sampel dan selang aerasi.

3.4. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL).

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

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

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)

Metode yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu: penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

3.4.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dengan pemberian limbah lindi yang terdiri yang dari empat taraf perlakuan dengan tiga kali pengulangan.

P1: 5% (50 ml Limbah Lindi + 950 ml air)

P2: 10% (100 ml Limbah Lindi + 900 ml air)

P3: 15% (150 ml Limbah Lindi + 850 ml air)

P4: 20% (200 ml Limbah Lindi + 800 ml air)

3.4.1.1. Hasil Uji Pendahuluan

Tujuan dari uji pendahuluan ini adalah untuk mendapatkan nilai rentang konsentrasi limbah lindi yang akan digunakan sebagai dasar acuan pelaksanaan penelitian utama. Pada uji pendahuluan ini volume yang digunakan masih dalam skala kecil untuk menentukan kadar optimum bagi pertumbuhannya dengan 4 perlakuan dengan 3 kali ulangan dan dilakukan di dalam ruangan. Pengamatan yang dilakukan pada uji pendahuluan berupa pengamatan visual dan perhitungan terhadap kelimpahan sel *Chlorella* sp yang dilakukan tiap 2 hari sekali selama 20 hari. Tiap unit percobaan dalam uji pendahuluan bervolume 1 liter dengan penambahan bibit *Chlorella* sp sebanyak 15 ml/liter air dengan jumlah kepadatan sel *Chlorella* sp sebanyak 5700.000 sel.

3.4.1.2. Kelimpahan *Chlorella* sp pada Penelitian Pendahuluan

Hasil penghitungan kelimpahan sel *Chlorella* sp (sel/ml) per 2 hari pada uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kelimpahan *Chlorella* sp pada Uji Pendahuluan

Hari ke	P1	P2	P3	P4
2	966.667	983.333	850.000	716.667
4	1,583.333	2,250.000	1,483.333	1,300.000
6	2300.000	3450.000	2200.000	1750.000
8	3183.333	4166.667	3000.000	1916.667
10	4250.000	5050.000	3866.667	2600.000
12	4950.000	5766.667	4316.667	3016.667
14	5516.667	6283.333	4063.333	3716.667
16	*6233.333	*7550.000	*4900.000	*4200.000
18	5083.333	6713.333	3916.667	3233.333
20	4,100.000	5,983.333	3,233.333	2,850.000

Keterangan: *) Puncak Populasi *Chlorella* sp

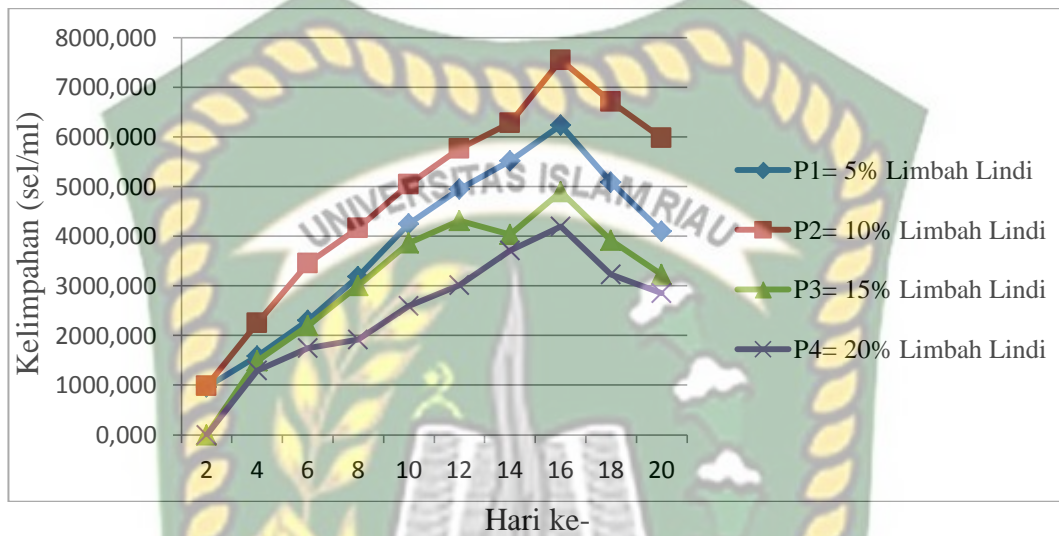
*P1: 5% (50 ml Limbah Lindi + 950 ml air)

*P2: 10% (100 ml Limbah Lindi + 900 ml air)

*P3: 15% (150 ml Limbah Lindi + 850 ml air)

*P4: 20% (200 ml Limbah Lindi + 800 ml air)

Kultur dengan kelimpahan sel yang lebih tinggi dinyatakan sebagai kultur yang mendapat konsentrasi limbah yang paling baik dan dijadikan sebagai acuan pada penelitian utama, yaitu 10%. Grafik pertumbuhan *Chlorella* sp bisa dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Grafik Kelimpahan *Chlorella* sp pada Uji Pendahuluan

Bentuk grafik pertumbuhan dari hasil uji pendahuluan secara umum menunjukkan kemiringan yang terus meningkat setiap harinya sehingga penentuan fase-fase pertumbuhan *Chlorella* sp cukup mudah dilakukan pada masing-masing kultur. Perubahan bentuk grafik pertumbuhan dengan rentang yang relatif besar terjadi antara hari ke 16-20. Pada perlakuan P4 menunjukkan bentuk grafik yang relatif datar dan pertumbuhan *Chlorella* sp relatif rendah di setiap harinya jika dibandingkan bentuk grafik pertumbuhan lainnya, diduga kelimpahan sel pada P4 tidak terjadi secara signifikan selama uji pendahuluan berlangsung karena tingginya persentase limbah lindi yang dimasukkan sehingga warna limbah lindi yang dimasukkan sangat hitam pekat, sehingga diduga karena warna limbahnya yang terlalu hitam pekat mengakibatkan cahaya tidak mudah masuk, sehingga proses fotosintesis *Chlorella* sp tidak berjalan dengan baik.

3.4.2. 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

P1: 5% (250 ml Limbah Lindi + 4750 ml air)

P2: 10% (500 ml Limbah Lindi + 4500 ml air)

P3: 15% (750 ml Limbah Lindi + 4250 ml air)

P4: 20% (1000 ml Limbah Lindi + 4000 ml air)

P5: 25% (1250 ml Limbah Lindi + 3750 ml air)

Pengamatan pada masing-masing perlakuan dilakukan setiap 1 hari sekali dilakukan pengecekan sampel, selama 21 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 galon kultur adalah 5 liter dengan penambahan bibit *Chlorella* sp sebanyak 100 ml/liter air dengan jumlah kepadatan sel *Chlorella* sp sebanyak 8500.000 sel.

Fokus pengamatan pada penelitian ini adalah mengetahui kelimpahan dan biomassa *Chlorella* sp, penurunan kandungan N, P serta pengamatan parameter, pH dan suhu selama proses pengkulturan. Pengukuran N, P dilakukan setiap 1 kali sekali selama 21 hari dan sampel diambil sebanyak 100 ml, kemudian sampel dianalisis di laboratorium kimia Universitas Riau. Pengukuran pH dan suhu dilakukan 1 kali pada akhir penelitian, sedangkan

biomassa diukur pada akhir pengkulturan dan pertumbuhan optimal (fase stasioner).

3.5. Pengamatan Pola Kelimpahan *Chlorella* sp

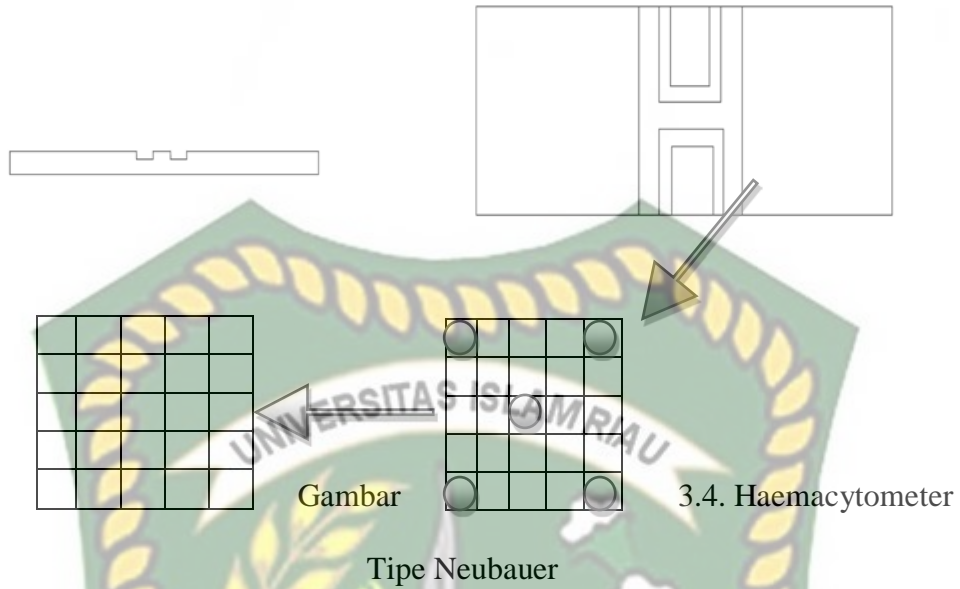
Untuk mengetahui respon mikroalga terhadap limbah lindi dilakukan pengamatan pola kelimpahan *Chlorella* sp. Penelitian utama ini dilakukan dengan dua tahapan yakni pengamatan kelimpahan dan biomassa (berat kering) *Chlorella* sp.

a. Penghitungan kelimpahan sel *Chlorella* sp

Perhitungan kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp dihitung dengan menggunakan *Haemocytometer* tipe Neubauer (depth 0/0,100 mm dan sqmm 0,0025 mm²).

Sampel diambil sebanyak 10 ml dan dimasukkan kedalam *test tube*, kemudian sampel tersebut dihitung dibawah mikroskop dengan pembesar 40 x 10 dengan bantuan *handy lally counter*. Berikut dijelaskan gambar cara menghitung kelimpahan *Chlorella* sp menggunakan *Haemocytometer* tipe Neubauer dapat dilihat pada Gambar 3.4.





Menghitung kelimpahan sel *Chlorella* sp dilakukan tiga kali pengulangan pada setiap sampel. Kemudian sel dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$N = n \times 10.000, (\text{sel/ml})$$

Keterangan :

- N : Jumlah total sel/ml
- 22 : Jumlah total sel/ml pada setiap sampel

B. Perhitungan Biomasa (Berat kering)

Untuk mendapatkan perhitungan biomasa sampel diambil sebanyak 100 ml pada masing-masing gelas kultur, kemudian perhitungan biomasa dilakukan setiap 1 kali selama 20 hari. Pada perhitungan biomasa *Chlorella* sp ini diperlukan kertas saring Whatman. Langkah pertama adalah membersihkan kertas saring dengan dicelupkan ke dalam akuades dan dikeringkan diatas tisu selama ± 1 jam. Kemudian dibungkus dengan *aluminium foil* dan dioven pada suhu pada 60°C selama $\frac{1}{2}$ jam yang bertujuan untuk mengurangi kandungan air pada kertas saring

tersebut. Langkah berikutnya adalah menyaring air sampel kultur *Chlorella* sp dengan kertas saring tersebut menggunakan *vacuum pump* . Maka akan terlihat dipermukaan kertas saring tersebut adanya alga yang menempel. Kemudian hal yang sama dilakukan seperti pada langkah pertama yaitu dikeringkan dan dioven pada suhu 60 °C selama ½ jam. Sebelumnya telah ditimbang berat basah kertas saring setelah disaring *Chlorella* sp (Panggabean, 2010), dan kemudian dihitung biomasanya dengan menggunakan rumus berikut :

Produktifitas Biomasa = $B_x - B_o$

Keterangan :

Bx : Berat Basah (gr/L)
Bo : Berat Kering (gr/L)

3.6. Analisis Air Lindi

3.6.1. Nitrat

Analisis nitrat dan fosfat dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. 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 H₂SO₄ 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 sebagai berikut :

Tabel 3.2. Pembuatan 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.

3.6.2. Fosfat

Prosedur pengukuran fosfat mengacu pada Alaerts dan Santika (1987) yakni dengan cara menyaring air sampel sebanyak 25 ml menggunakan kertas milipore (0,45 nm). Kemudian air sampel yang sudah disaring , 10 ml dimasukkan kedalam 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 10 ml akuades dan ditambahkan pereaksi yang sama dengan sampel. Kemudian didiamkan beberapa menit kemudian diukur pada

panjang gelombang 690 nm. Untuk pengukuran fosfat 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 seperti pada cara pembuatan seri standar nitrat pada table 3.2. Kemudian sebelum pengenceran sampai 100 ml, ditambahkan terlebih dahulu 20-30 ml akuades dan 8 ml. kemudian sebelum pengenceran sampai 100 ml. setelah itu, ditambahkan larutan kimia seperti pengukuran air sampel penelitian, selanjutnya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm. Kemudian dibuat persamaan regresi ($y = Ax + B$) dari larutan standar untuk menentukan kadar fosfat air sampel.

3.6.3. Derajat keasaman pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan kertas lakmus. Dengan cara memasukkan kertas lakmus ke dalam media kultur selama 1 menit, setelah itu disesuaikan warna kertas lakmusnya untuk menentukan pH tiap perlakuan.

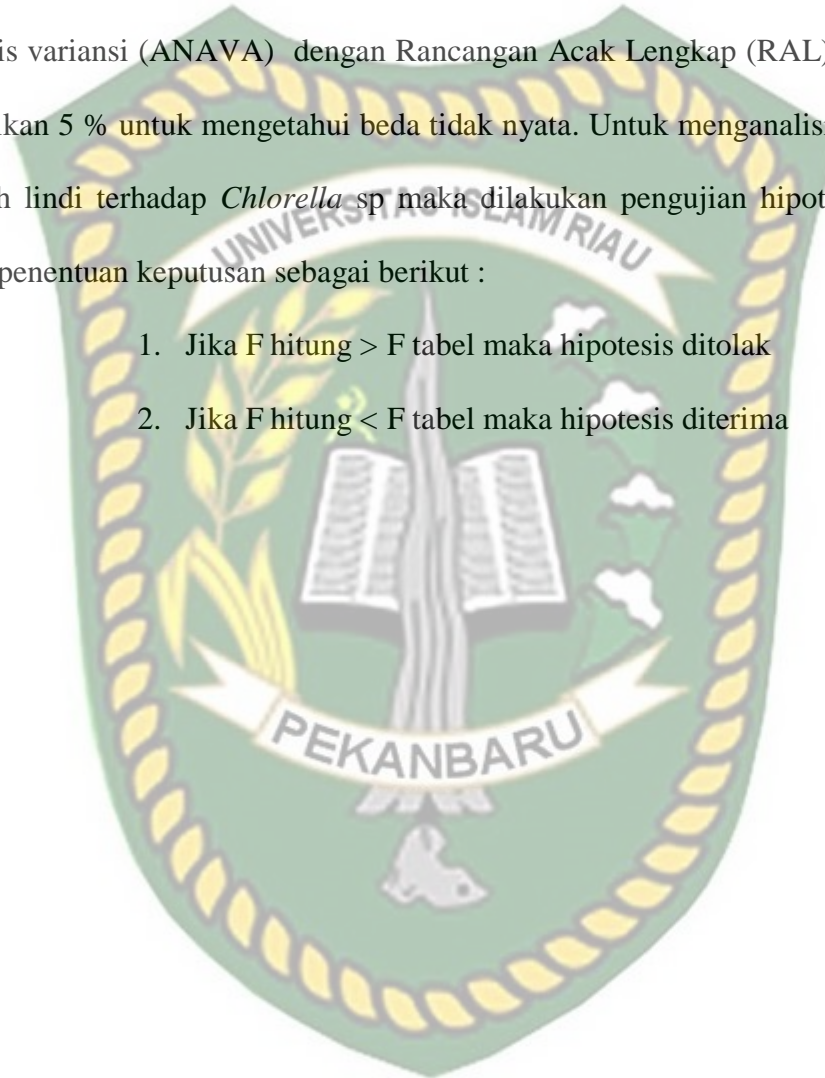
3.6.4. Suhu

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.

3.7. Analisis Data

Data yang dianalisis meliputi parameter Nitrat, Fosfat, , pH, suhu, serta kelimpahan sel/ml dan biomasa *Chlorella* sp data-data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data diolah secara statistik dengan menggunakan metode analisis variansi (ANOVA) dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada taraf signifikan 5 % untuk mengetahui beda tidak nyata. Untuk menganalisis perlakuan limbah lindi terhadap *Chlorella* sp maka dilakukan pengujian hipotesis dengan dasar penentuan keputusan sebagai berikut :

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka hipotesis ditolak
2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka hipotesis diterima



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Laju Kelimpahan Sel *Chlorella* sp

Hasil pengkulturan *Chlorella* sp pada penelitian utama dilakukan di ruangan tertutup berdasarkan perbedaan perlakuan limbah lindi yang diberikan kelimpahan sel *Chlorella* sp pada tiap perlakuan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kelimpahan Rata-rata Sel Mikroalga *Chlorella* sp (10^4)

Hari Ke	Kelimpahan (sel/ml)				
	P1 (5 %)	P2 (10 %)	P3 (15 %)	P4 (20 %)	P5 (25 %)
0	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000
1	1.100.000	900.000	800.000	713.333	650.000
2	1.700.000	1.216.667	1.016.667	916.667	750.000
3	2.250.000	1.550.000	1.216.667	1.050.000	900.000
4	2.813.000	1.950.000	1.400.000	1.200.000	1.033.333
5	3.416.667	2.283.333	1.683.333	1.450.000	1.226.667
6	4.050.000	2.583.333	1.800.000	1.616.667	1400.000
7	4.816.667	2.933.333	2.050.000	1.833.333	1.566.667
8	5.516.667	3.250.000	2.316.667	2.050.000	1.783.333
9	6.283.333	3.616.667	2.650.000	2.433.333	2.000.000
10	6.983.333	4.016.667	3.000.000	2.866.667	2.366.667
11	7.816.667	4.316.667	3.400.000	3.183.333	2.583.333
12	8.416.667	4.616.667	3.816.667	3.450.000	2.850.000
13	9.416.667	5.050.000	4.250.000	3.750.000	3.083.333
14	*11.300.000	5.450.000	4.583.333	4.200.000	3.250.000
15	10.050.000	* 6.810.667	5.033.333	4.633.333	3.500.000
16	9.033.333	6.133.333	* 5.900.000	*4.983.333	*3.966.667
17	8.283.333	5.683.333	5.116.667	3.916.667	3.383.333
18	6.233.333	5.150.000	4.650.000	3.633.333	2.950.000
19	5.433.333	4.650.000	4.083.333	2.983.333	2.483.333
20	4.850.000	4.066.667	3.150.000	2.133.333	2.050.000
21	4.050.000	3700.000	2.583.333	1.983.333	1.783.333

Keterangan: *) Puncak Populasi *Chlorella* sp

Berdasarkan Tabel 4.1. bisa dilihat bahwa periode puncak tercepat terdapat pada P1 (5%) yaitu pada hari ke-14 disusul oleh P2 (10%) pada hari ke-15, P3 (15%) pada hari ke-16, P4 (20%) pada hari ke-16 dan P5 (25%) pada hari ke-16. Cepatnya hari puncak pada P1 diduga karena jumlah unsur hara yang ada dalam

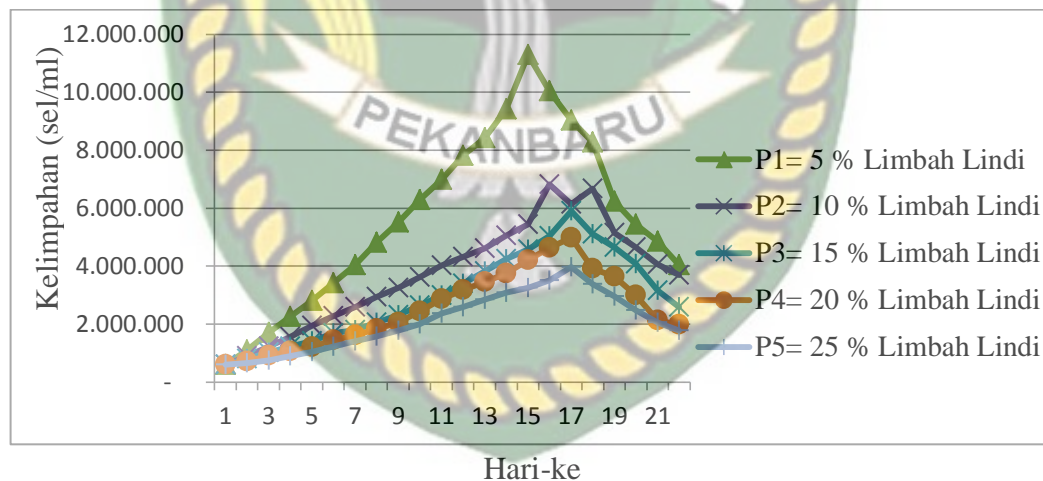
P1 optimal untuk pertumbuhan *Chlorella* sp dimana N (1,72) dan P (1,41) dan proses adaptasi dalam pemanfaatan unsur hara tersebut lebih cepat. Nitrat tersebut dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk sintesa protein dan pembentukan klorofil sedangkan fosfor berfungsi untuk pembelahan sel dan pengembangan jaringan selnya, sehingga unsur hara yang tersedia tersebut dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhan selnya sehingga kepadatan selnya banyak dan lebih cepat meningkat. Secara umum telah diketahui bahwa pertumbuhan mikroalga di perairan umum sangat dipengaruhi nitrogen dan fosfor (Komarawidjaja, 2010).

Sedangkan untuk P2, P3, P4 dan P5 sedikit terhambat periode puncaknya, hal ini diduga karena warna media *Chlorella* sp terlalu hitam membuat proses adaptasi lebih lama dan cahaya tidak mudah masuk, sehingga proses fotosintesis *Chlorella* sp dalam pemanfaatan unsur hara menjadi terganggu. Sesuai dengan pendapat Nurfadillah *et al.*, (2010) bahwa penurunan pertumbuhan fitoplankton disebabkan karena beberapa faktor yaitu proses fotosintesis, ketersediaan unsur hara yang cukup dan kekeruhan. Kekeruhan dapat menghalangi penetrasi cahaya dan mengganggu fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton (Jannah dan Muchlisin, 2006).

Intensitas cahaya sangat diperlukan dalam proses fotosintesis karena hal ini berhubungan dengan jumlah energi yang diterima oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis (Becker, 1994). Menurut Effendi (2003) bahwa nitrat digunakan mikroalga sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya yang dimana nitrat tersebut akan diubah menjadi protein.

Berdasarkan penelitian Meritasari *et al.*, (2011) hari puncak populasi *Chlorella* sp yang menggunakan limbah cair ikan lemuru terdapat pada hari ke-7. Sementara hasil penelitian Sidabutar (2016) yang menggunakan limbah cair tahu mendapatkan hari puncak populasi pada hari ke-13. Berdasarkan hasil penelitian di atas menandakan bahwa dengan penggunaan pupuk organik cair yang berbeda, maka periode puncak *Chlorella* sp akan berbeda pula, hal ini diduga karena perbedaan pupuk, konsentrasi pupuk dan jumlah unsur hara yang ada dalam pupuk organik cair yang diberikan dalam media hidup *Chlorella* sp.

Bentuk grafik kelimpahan yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan dapat dilihat dan dibandingkan dengan jelas, baik fase maupun kecenderungan arah kelimpahannya. Grafik pertumbuhan *Chlorella* sp pada penelitian utama disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Kelimpahan *Chlorella* sp Pada Penelitian Utama

Berdasarkan Gambar 4.1. menunjukkan pertambahan populasi *Chlorella* sp setiap harinya sangat bervariasi. Pada P1 mengalami pertumbuhan sel yang sangat signifikan setiap harinya, dimana terjadi peningkatan sel setiap harinya dengan kelimpahan sel yang sangat tinggi sampai periode puncaknya.

Tingginya pertambahan sel *Chlorella* sp setiap harinya pada P1 disebabkan karena warna media kultur pada P1 tidak terlalu hitam yang membuat cahaya lebih mudah masuk dalam media kultur, sehingga lebih mudah terjadi interaksi positif antara *Chlorella* sp dengan limbah lindi dalam memanfaatkan unsur hara yang ada untuk pertumbuhan selnya melalui proses fotosintesis *Chlorella* sp.

Intensitas cahaya sangat diperlukan dalam proses fotosintesis karena hal ini berhubungan dengan jumlah energi yang diterima oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis (Becker, 1994). Menurut Effendi (2003) bahwa nitrat digunakan mikroalga sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya yang dimana nitrat tersebut akan diubah menjadi protein.

Selanjutnya pada P2 pertambahan sel *Chlorella* sp juga mengalami peningkatan sel setiap harinya, namun tidak terlalu signifikan pertambahan selnya seperti pada P1. Sedangkan untuk P3, P4 dan P5 menunjukkan bentuk grafik yang relatif datar dan kelimpahan sel *Chlorella* sp relatif rendah setiap harinya dibandingkan dengan kelimpahan sel dari perlakuan lainnya, hal ini diduga karena persentase limbah lindi yang terlalu tinggi membuat warna media kultur menjadi sangat hitam pekat, sehingga diduga cahaya tidak mudah masuk ke dalam media kultur dan proses fotosintesis *Chlorella* sp menjadi terganggu. Akibatnya unsur hara yang terdapat dalam media kultur juga tidak dimanfaatkan dengan baik untuk pertambahan sel *Chlorella* sp dikarenakan kurangnya bantuan cahaya untuk proses fotosintesis *Chlorella* sp.

Energi yang dihasilkan dari proses fotosintesis digunakan untuk biosintesis sel bergerak atau berpindah dan reproduksi (Kawaroe, 2010).

Sedangkan Menurut Darley (1982) penambahan intensitas cahaya pada mulanya membantu proses awal pertumbuhan sel, tetapi intensitas cahaya yang terus meningkat melebihi batas optimum dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan sel.

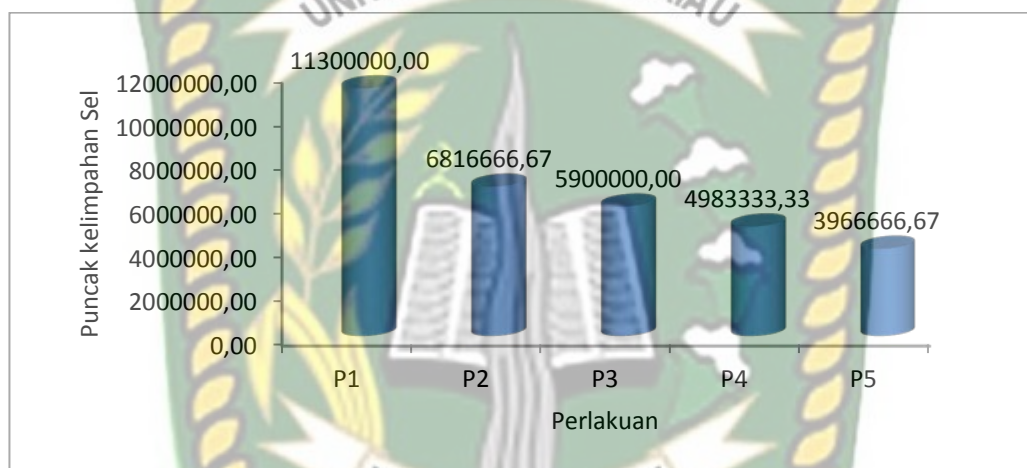
Hasil pengamatan kelimpahan *Chorella* sp di atas menunjukkan pada hari ke-1 sampai hari ke-7 penambahan jumlah hasil relatif masih kecil, hal ini disebabkan pada pertumbuhannya masih memerlukan adaptasi dengan lingkungannya yang baru, kemudian berkembang biak sesuai dengan kondisi lingkungan barunya. Sesuai dengan (Fogg dalam Sidabutar, 2016) sel fitoplankton membutuhkan waktu untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang baru.

Setelah mengalami fase pada hari ke-7 sampai hari ke-16 periode ini diperkirakan memasuki fase eksponensial (periode puncak). Dimana perkembangan sel *Chorella* sp mengalami pertumbuhan puncak. Peningkatan pertumbuhan sel *Chlorella* sp disebabkan oleh interaksi positif antara *Chlorella* sp dengan limbah lindi dimana unsur hara yang terdapat dalam media kultur bisa dimanfaatkan semuanya dengan baik oleh *Chlorella* sp sehingga kelimpahan *Chlorella* sp mengalami puncak dengan jumlah sel yang paling tinggi yang pada dasarnya mengandung nutrient (1.75) dan pospat (1.43) yang cukup tinggi.

Selanjutnya pada hari ke-16 sampai hari ke-21 merupakan fase stasioner dimana pertumbuhan *Chlorella* sp mengalami penurunan dan jumlah sel yang berkembang mulai mati. Dimana pada hari tersebut terjadi penurunan jumlah populasi mikroalga, dikarenakan terbatasnya unsur hara pada wadah penelitian dan juga *Chlorella* sp tidak mampu hidup lagi dalam media kulturnya, maka

terjadi fase penurunan jumlah sel yang berkembang lebih banyak dengan kematiannya kelimpahan atau fase kematian *Chlorella* sp hingga hari ke-20 (Sidabutar, 2016).

Bentuk grafik pertumbuhan yang dihasilkan oleh masing-masing kultur dapat dilihat dan dibandingkan dengan jelas, baik fase maupun kecenderungan arah pertumbuhannya. Grafik pertumbuhan *Chlorella* sp pada penelitian utama disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Puncak kelimpahan sel *Chlorella* sp pada penelitian utama

Berdasarkan Gambar 4.2. bisa dilihat bahwa tingkat kelimpahan sel tiap perlakuan sangat bervariasi. Dimana perlakuan paling tinggi kelimpahan selnya terdapat pada P1 dengan dosis limbah lindi (5%) sebanyak 11.300.000 sel/ml diikuti oleh perlakuan P2 (10%) sebanyak 6.816.667 sel/ml, P3 (15%) sebanyak 5.900.000 sel/ml, P4 (20%) sebanyak 4.983.333 sel/ml dan P5 (25%) sebanyak 3.966.667 sel/ml.

Berdasarkan Tabel 4.3. bisa dilihat bahwa kelimpahan sel tertinggi terdapat pada P1 (5%), hal ini dikarenakan di dalam limbah lindi mengandung unsur hara N (1.73) dan P (1.43) yang cukup tinggi. Unsur hara tersebut dimanfaatkan *Chlorella* sp untuk pertumbuhan selnya karena *Chlorella* sp

merupakan salah satu mikroalga yang membutuhkan unsur hara untuk sintesis klorofil dalam proses fotosintesis *Chlorella* sp. Nitrat adalah unsur hara yang diperlukan untuk proses fotosintesis (Herawati, 2008). Sementara pada P2, P3, P4 dan P5 yang mengandung nutrisi yang lebih tinggi, namun lebih rendah kelimpahan selnya hal ini disebabkan oleh warna media kultur yang terlalu hitam, sehingga cahaya tidak mudah masuk dan proses fotosintesis dalam pemanfaatan unsur hara menjadi terganggu, sehingga pertumbuhan *Chlorella* sp menjadi terhambat.

Berdasarkan hasil penelitian Sidabutar (2016) yang menggunakan limbah cair tahu sebagai media hidup *Chlorella* sp mendapatkan kelimpahan sel sebanyak 18.460.889 sel/ml (85%). Yolanda (2016) mendapatkan kelimpahan sel *Chlorella* sp sebanyak 6.366.775 sel/ml (25%). hal ini menandakan bahwa dengan penggunaan pupuk cair yang berbeda, maka akan memberikan hasil kelimpahan sel yang berbeda pula.

Tingginya kelimpahan sel dengan menggunakan limbah tahu dikarenakan limbah cair tahu mengandung unsur hara yang tinggi berupa nitrat dan fosfat sebesar 7.09 mg/l dan 1,04 mg/l yang dapat dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp dan juga media hidup yang limbah cair tahu cocok untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp.

Pada Gambar 4.2. bisa dilihat bahwa kelimpahan sel setiap perlakuan sangat bervariasi dengan kelimpahan tertinggi terdapat pada P1. Perbedaan kelimpahan sel tiap perlakuan disebabkan oleh perbedaan lingkungan yaitu warna media kultur tiap perlakuan. Dimana semakin tinggi dosis limbah lindi yang diberikan membuat warna media kultur *Chlorella* sp semakin hitam dan unsur hara yang

terdapat dalam media kultur semakin tinggi. Namun dari hasil kelimpahan sel *Chlorella* sp populasi tertinggi terdapat pada P1 yang unsur haranya lebih rendah dari perlakuan lainnya.

Kelimpahan sel tertinggi terdapat P1 (5%) dikarenakan dosis limbah lindi yang diberikan dalam media hidup *Chlorella* sp masih dosis rendah sehingga warna media hidup tidak terlalu hitam dan cahaya lebih mudah masuk untuk membantu *Chlorella* sp dalam proses pemanfaatan unsur hara yang ada dalam media kultur melalui proses fotosintesis, sehingga *Chlorella* sp bisa tumbuh dan berkembang dengan baik.

Sedangkan pada pemberian limbah lindi dengan dosis yang lebih tinggi yakni pada P2, P3, P4 dan P5 tidak terlalu tinggi kelimpahan selnya padahal unsur hara yang terkandung lebih tinggi dari P1, hal ini diduga unsur hara yang terdapat dalam media kultur tidak bisa dimanfaatkan dengan baik oleh *Chlorella* sp. Sesuai Vitriani (2016) menyatakan bahwa tingginya laju pemanfaatan nutrien, baik nitrat maupun fosfat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju kelimpahan *Chlorella* sp.

Rendahnya pemanfaatan unsur hara disebabkan karena kurangnya bantuan cahaya dalam membantu proses fotosintesis *Chlorella* sp dikarenakan dosis lindi yang tinggi membuat warna media kultur menjadi hitam, sehingga cahaya tidak mudah masuk dan pemanfaatan unsur hara melalui proses fotosintesis untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp menjadi terganggu. Semakin tinggi dosis limbah ikan lemuru (*Sardinella* sp) yang diberikan maka tingkat kekeruhan juga semakin tinggi, sehingga Fosfat semakin tidak termanfaatkan (Subarijanti, 1994).

Chlorella sp bersifat fotoautotrof sehingga membutuhkan cahaya sebagai sumber energi untuk pertumbuhan selnya. Karakteristik sumber cahaya seperti panjang gelombang dan intensitas menjadi salah satu faktor kritis yang mempengaruhi produksi *Chlorella* sp maupun mikroalga pada umumnya (Blanken *et al.*, 2013).

Menurut Edward (2010) cahaya merupakan kebutuhan utama dari mikroalga karena mikroalga merupakan organisme fototrof yang menggunakan cahaya sebagai sumber energi. Intensitas cahaya sangat diperlukan dalam proses fotosintesis karena hal ini berhubungan dengan jumlah energi yang diterima oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis (Becker, 1994).

Hasil penelitian Hasanudin (2012) bahwa *Scenedesmus* sp yang dibudidayakan pada limbah cair tapioka dengan pemberian intensitas cahaya yang berbeda menunjukkan pada pemberian intensitas cahaya yang semakin tinggi, menunjukkan pola pertumbuhan *Scenedesmus* sp semakin cepat dalam mencapai puncak pertumbuhan. Pertumbuhan yang cepat ini karena pemberian intensitas cahaya yang tinggi dapat menekan aktifitas fotosintesis *Scenedesms* sp sehingga mempercepat reproduksi selnya. Sebaliknya pada pemberian intensitas cahaya yang rendah menunjukkan pola pertumbuhan yang lambat.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kelimpahan *Chlorella* sp pada penelitian ini adalah pH dan suhu yang berkisar antara 6-8 dan 27-30 °C. Pada setiap perlakuan suhu dan pH masih dalam kisaran optimal sehingga pertumbuhan *Chlorella* sp tetap berjalan dengan baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dominic *et al.*, dalam Sidabutar (2016) yaitu pH yang digunakan untuk

pertumbuhan *Chorella* sp. berkisar antara 6-8 dimana kondisi pH tersebut *Chorella* sp dapat tumbuh optimal.

Penghitungan kelimpahan *Chlorella* sp diperoleh uji hasil ANOVA untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah lindi dengan dosis yang berbeda yaitu (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Hasil analisis ANOVA kelimpahan *Chlorella* sp pada penelitian utama diperoleh nilai F_{hitung} (0,37) < dari F_{tabel} (3,48) 0,05 pada tingkat ketelitian 95%, maka pemanfaatan limbah lindi dengan dosis yang berbeda, menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang nyata dari pemanfaatan limbah lindi terhadap kelimpahan sel *Chlorella* sp, sehingga hipotesis yang diajukan pada penelitian ini diterima.

4.2. Biomassa Mikroalga *Chlorella* sp

Pengukuran biomassa mikroalga *Chlorella* sp pada penelitian utama dilakukan sebanyak 1 kali. Hasil pengukuran biomassa mikroalga *Chlorella* sp disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Rata-rata Biomassa *Chlorella* sp

Perlakuan	Berat Basah (g/L)	Berat Kering (g/L)	Biomassa
P1	0.67	0.23	0.43
P2	0.53	0.20	0.32
P3	0.45	0.23	0.21
P4	0.35	0.20	0.15
P5	0.29	0.20	0.08

Sumber: Laboratorium Universitas Riau

Biomassa didapat dari hasil perhitungan berat basah dikurangi berat kering dengan menggunakan kertas saring. Dimana diambil 100 ml *Chlorella* sp kemudian dimasukkan kertas saring setelah itu dioven selama 60 menit. Setelah itu ditimbang berat kertas saringnya itulah berat keringnya. Sebelumnya sudah ditimbang berat kertas saring sebelum dioven yang sudah dimasukkan *Chlorella*

sp itulah berat basah maka didapatlah biomassa *Chlorella* sp dari pengurangan berat basah dengan berat kering kertas saring tersebut.

Biomassa mikroalga *Chlorella* sp selama pengkulturan pada penelitian utama selama 21 hari. Biomassa tertinggi terdapat pada P1 yaitu (0.43) dan yang terendah pada P5 yaitu (0.08). Besarnya biomassa pada penelitian ini sebanding dengan kelimpahan sel *Chlorella* sp semakin melimpah sel mikroalga maka semakin berat biomassa *Chlorella* sp.

Perbedaan besarnya biomassa tiap perlakuan pada penelitian ini diduga karena adanya perbedaan persentase limbah lindi yang diberikan, sehingga mempengaruhi tingkat kekeruhan atau warna air tempat media kultur *Chlorella* sp. Dosis limbah lindi yang berbeda akan mempengaruhi warna media kultur dimana pada P1 warna mediana masih tergolong baik atau tidak terlalu hitam sehingga cahaya lebih mudah masuk dan unsur hara bisa dimanfaatkan dengan baik melalui proses fotosintesis.

Sedangkan pada perlakuan P2, P3, P4, dan P5 karena dosis lindi yang tinggi membuat warna media kultur sangat hitam, sehingga diduga karena warnanya airnya yang sangat hitam membuat cahaya tidak masuk ke dalam media kultur dan proses fotosintesis menjadi terganggu. Karena *Chlorella* sp merupakan organisme yang melakukan fotosintesis untuk pertumbuhan selnya.

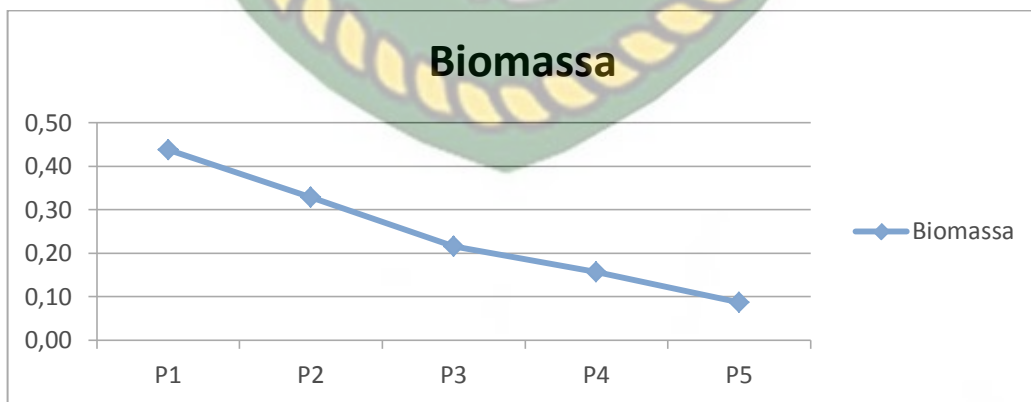
Fotosintesis membutuhkan cahaya yang dimana cahaya tersebut akan diserap oleh pigmen-pigmen yang ada pada *Chlorella* sp. Kualitas cahaya merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kehidupan mikroalga, salah satunya adalah jenis atau sumber cahaya yang memiliki panjang gelombang antara 400-700 nm (Facta *et al.*, 2006). Penggunaan gelombang cahaya tertentu yang

dominan dalam proses fotosintesis maupun kombinasinya memberikan peluang yang menjanjikan untuk meningkatkan produksi (biomassa) maupun kualitas (kandungan nutrisi, pigmen, senyawa bioaktif-) mikroalga sekaligus merupakan salah satu cara meningkatkan efisiensi energi (Yan *et al* ., 2013).

Dalam penelitian Yolanda *dalam* Vitriani (2016) memperoleh biomassa terbaik pada konsentrasi limbah 25% seberat 23,4 mg/L. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara biomassa yang dihasilkan dari dua jenis limbah cair yang digunakan sebagai media kultur.

Menurut Komarawidjaja (2010) pertumbuhan kultur mikroalga sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi terutama nitrat dan fosfat melalui proses fotosintesis. Dapat dibuktikan melalui ketersediaan nitrat dan fosfat pada P yang masih terkategori baik untuk dimanfaatkan *Chlorella* sp.

Perbedaan biomassa *Chlorella* sp pada masing-masing perlakuan selama penelitian yang dilakukan selama 21 hari yang bervariasi tiap perlakuan. Untuk lebih jelasnya tentang perbedaan besarnya biomassa tiap-tiap perlakuan disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Pengukuran biomassa *Chlorella* sp

Berdasarkan Grafik di atas, rata-rata setiap perlakuan yang menghasilkan biomassa yang paling tinggi adalah pada P1 mencapai (0.43) pada hari ke- 21,

sedangkan biomassa yang paling rendah yaitu pada P5 mencapai (0.08) pada hari ke- 20. Nurtiyani *dalam* Vitriani (2016) mengatakan bahwa faktor tingginya pertumbuhan biomassa ini dipengaruhi juga oleh jumlah penambahan limbah.

Biomassa tertinggi pada P1 karena mengandung unsur hara yang dapat dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. Hal ini juga didukung oleh faktor lingkungan yang sangat mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp yaitu media kultur *Chlorella* sp yang warnanya tidak terlalu hitam sehingga cahaya mudah masuk dan unsur hara bisa dimanfaatkan dengan baik melalui proses fotosintesis dan diikuti oleh pH dan suhu yang masih standar yang berkisar antara 6-8 dan 26-30°C.

Chlorella sp bersifat fotoautotrof sehingga membutuhkan cahaya sebagai sumber energi untuk pertumbuhan selnya. Energi yang dihasilkan dari proses fotosintesis digunakan untuk biosintesis sel bergerak atau berpindah dan reproduksi (Kawaroe, 2010).

4.3. Kualitas Air

Tabel analisis limbah lindi yang diuji di Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Unit Pelaksana Teknis Pengujian Material.

Tabel. 4.3. Analisis Limbah Lindi

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	N	ml/L	1.7204
2	P	ml/L	1.412
3	K	ml/L	<0.002
4	COD	ml/L	849.0
5	BOD	ml/L	115.8
6	NH3-N	ml/L	144.6

Sumber: Laboratorium Universitas Riau

4.3.1. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap 2 hari sekali yang dilakukan selama 21 hari penelitian. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan thermometer Hasil pengukuran suhu pada media kultur pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.4.

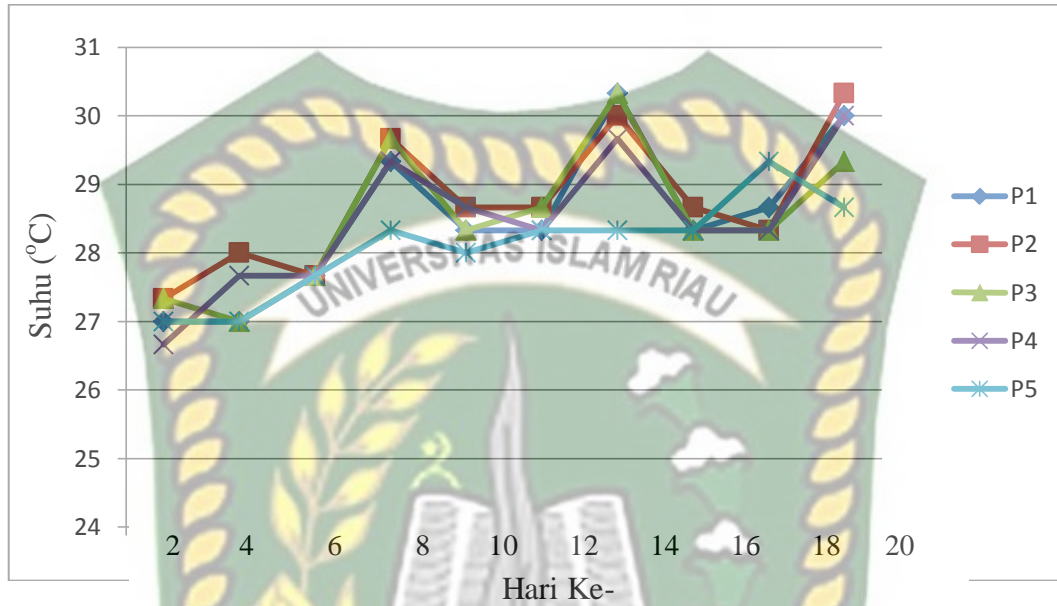
Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Rata-rata Suhu Tiap Perlakuan

Perlakuan Hari Ke	Suhu (°C)				
	P1 (5%)	P2 (10%)	P3 (15%)	P4 (20%)	P5 (25%)
2	27	27	27	27	27
4	27	28	27	28	27
6	28	28	28	28	28
8	29	30	30	29	28
10	28	29	28	29	28
12	28	29	29	28	28
14	30	30	30	30	28
16	28	29	28	28	28
18	29	28	28	28	29
20	30	30	29	30	29

Sumber: Data Primer

Berdasarkan Tabel 4.4. 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 27-30 °C, kisaran suhu tersebut merupakan suhu optimal bagi perkembangbiakkan *Chlorella* sp. Sesuai dengan pendapat 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 sedangkan menurut Raymont dalam Sidabutar (2016) bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 25-32 °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 4.4.



Gambar 4.4. Rata-rata Pengukuran Suhu Tiap Perlakuan

Berdasarkan Gambar 4.4. 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 karena cuaca saat hari ke 21 berlangsung cuaca yang cukup panas sehingga dikategorikan bersuhu tinggi. Namun pada kondisi tersebut, mikroalga *Chlorella* sp Masih dapat hidup dengan baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Taw (1990) hampir semua fitoplankton toleran terhadap suhu antara. 16-32°C. Suhu di bawah 16°C dapat menyebabkan kecepatan pertumbuhan menurun, sedangkan suhu di atas 36°C dapat menyebabkan kematian pada jenis tertentu.

Valiela dalam Vitriani (2016) menyatakan tingginya suhu memudahkan terjadinya penyerapan nutrisi oleh fitoplankton. Dalam kondisi konsentrasi fosfat sedang di perairan, laju fotosintesis maksimum akan meningkat pada suhu yang

lebih tinggi. 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 suatu titik suhu tertentu. Hal ini disebabkan setiap spesies fitoplankton selalu beradaptasi terhadap suatu kisaran suhu tertentu.

4.3.2. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH selama penelitian dilakukan setiap dua hari sekali selama 20 hari dengan melakukan pengukuran dengan menggunakan kertas lakmus. Nilai pH limbah lindi sebelum mengalami penyaringan mengalami perubahan setelah mengalami penyaringan mencapai 5 dan selama pengkulturan *Chlorella* sp nilai pH meningkat menjadi basa mencapai 8. Rata-rata hasil pengukuran pH *Chlorella* sp tiap-tiap perlakuan yang dilakukan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

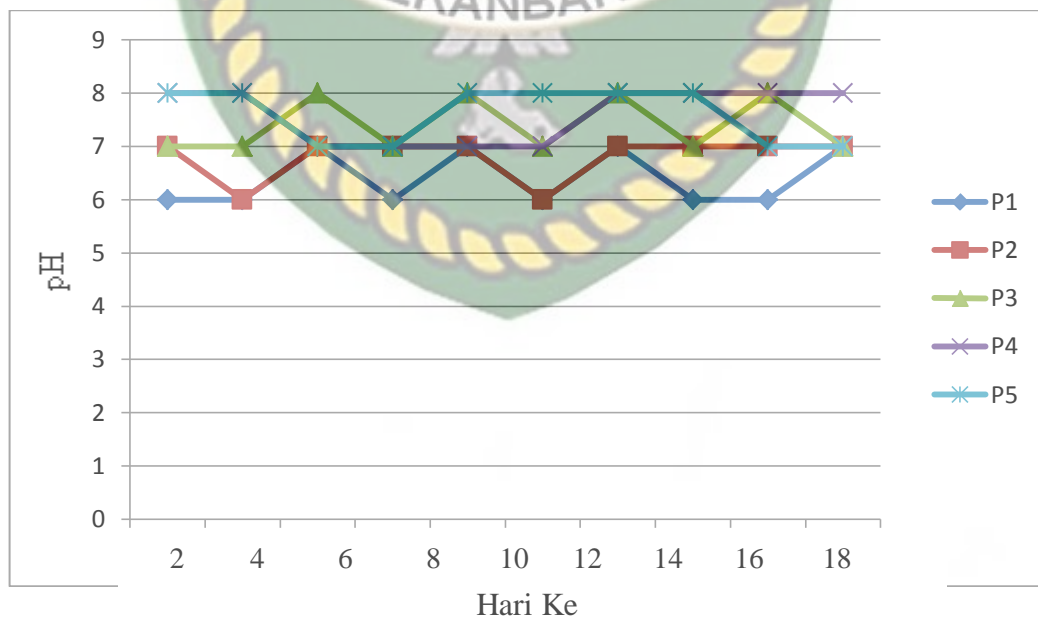
Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Rata-rata pH Tiap Perlakuan

Perlakuan Hari Ke-	Ph				
	P1 (5%)	P2 (10%)	P3 (15%)	P4 (20%)	P5(25%)
2	6	7	7	8	8
4	6	6	7	8	8
6	7	7	8	7	7
8	6	7	7	7	7
10	7	7	8	7	8
12	6	6	7	7	8
14	7	7	8	8	8
16	6	7	7	8	8
18	6	7	8	8	7
20	7	7	7	8	8

Sumber: Data Primer

Berdasarkan Tabel 4.5. 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 6-8. 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, umumnya pH pada media kultur pun ikut meningkat. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan bahan mineral yang ada pada limbah lindi, karena alkalinitas atau jumlah basa yang terkandung badan 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).

Rata-rata perubahan pH pada tiap perlakuan selama penelitian berlangsung tidak jauh berbeda, namun setelah beberapa hari pengkulturan pH mengalami perubahan yang cukup tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Rata-rata Pengukuran pH pada Tiap Perlakuan

Berdasarkan Gambar 4.5. 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 perubahan pH *Chlorella* sp yaitu 7-8 (Nielsen dalam Sidabutar, 2016). Karbon dioksida (CO₂) merupakan komponen utama dalam proses fotosintesis, dikarenakan menurunnya kadar CO₂ dalam limbah lindi, menyebabkan nilai pH meningkat dari keadaan asam menjadi netral atau bahkan asam (Arifin, 2012).

4.3.3. Nitrat (NO₃)

Pengukuran nitrat dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pada awal penelitian dan akhir penelitian. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Universitas Riau. Hasil analisis kandungan nitrat pada limbah lindi dan pemanfaatan terhadap kultur mikroalga *Chlorella* sp. disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil Analisis Rata-rata Nitrat

Perlakuan	Awal Penelitian (mg/l)	Akhir Penelitian (mg/l)
P1 (5%)	1.75	0.12
P2 (10%)	2.73	1.09
P3 (15%)	3.73	2.50
P4 (20%)	4.69	3.10
P5 (25%)	5.69	4.15

Sumber: Laboratorium Universitas Riau

Berdasarkan Tabel 4.6. kandungan nitrat yang tertinggi pada akhir penelitian terdapat pada P5 sebesar (4.15) dan terendah pada perlakuan P1 sebesar (0.12). 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. Nilai nitrat yang diperoleh pada setiap perlakuan sangat mendukung untuk mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp. Kebutuhan nitrogen dalam *Chlorella* sp adalah 0,14-0,7 g/l (Eyster, 1967).

Semakin tinggi unsur nitrogen tentu semakin besar pula kelimpahan sel *Chlorella* sp, namun pada penelitian ini pemanfaatan nitrat tertinggi terdapat pada P1 yang unsur nitratnya lebih rendah dari perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena warna media kultur pada P1 lebih cocok untuk pertumbuhan *Chlorella* sp sehingga kepadatan sel *Chlorella* sp meningkat setiap harinya. Karena tingginya kepadatan sel membuat pemanfaatan nitrat yang ada dalam media kulturnya lebih cepat dan hampir termanfaatkan semua untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp melalui proses fotosintesis.

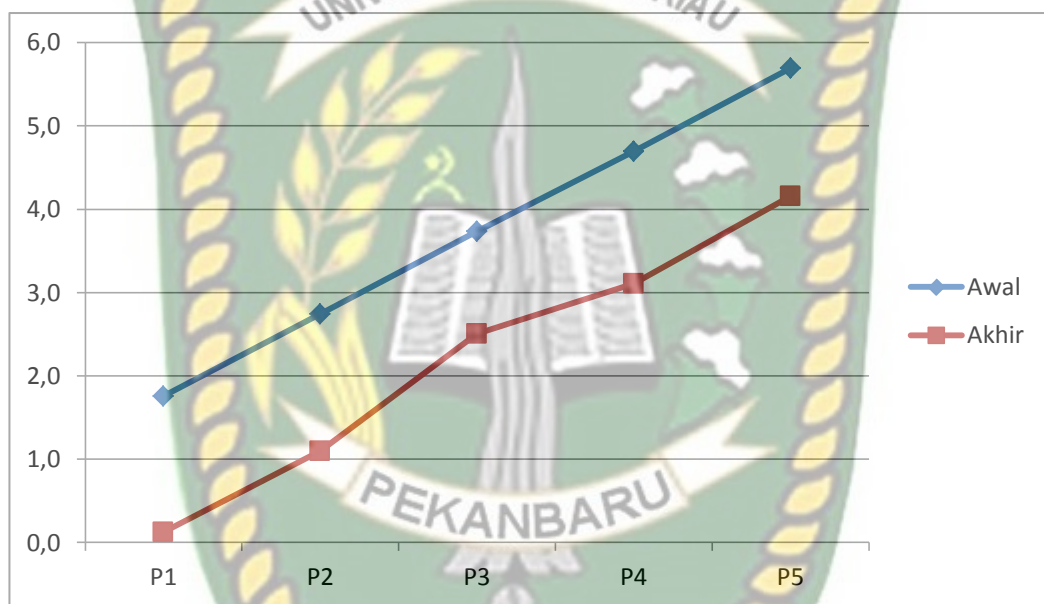
Kebutuhan nutrisi spesies-spesies alga berbeda hal ini disebabkan karena alga mendapatkan energi dari sinar matahari dan menggunakan bahan organik berupa amoniak, nitrat dan fosfat dalam sintesis pertumbuhan selnya (Loehr, 1974).

Menurut Effendi (2003) bahwa nitrat digunakan mikroalga sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya dimana nitrat tersebut akan diubah menjadi protein. Dimana nutrient utama yang paling dibutuhkan oleh fitoplankton bagi pertumbuhannya adalah nitrogen dalam bentuk nitrat (Nybakken, 1998). Oleh sebab itu semakin padat jumlah *Chlorella* sp maka semakin banyak pula unsur hara yang termanfaatkan. Sedangkan pemanfaatan nitrat terendah terdapat pada P5 diakibatkan karena proses fotosintesis yang tidak berjalan dengan baik, walaupun P5 memiliki nitrat yang paling tinggi tetapi nitrat tersebut tidak mampu termanfaatkan oleh *Chlorella* sp karena kurangnya bantuan cahaya untuk proses fotosintesis *Chlorella* sp dalam pemanfaatan unsur hara tersebut.

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 pengolahan pupuk organik cair, yang dihasilkan belum diproses secara aerobik sehingga konsentrasi N pada limbah cair masih tergolong tinggi.

Rata-rata pemanfaatan nitrat pada tiap perlakuan selama penelitian berbeda-beda, pada perlakuan yang diberi limbah lindi dengan dosis tinggi mengalami pemanfaatan nitrat yang sangat rendah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Penurunan Nitrat

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa 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.

Kelimpahan fitoplankton semakin besar sejalan dengan peningkatan laju pemanfaatan kandungan nitrat. Pertumbuhan optimal fitoplankton menurut Tambaru *dalam* vitriani (2016) memerlukan kandungan nitrat berkisar 0,9-3,5 mg/l. Secara dengan Parson *et al.*, *dalam* Vitriani (2016) menjelaskan bahwa kebutuhan minimum nitrat yang dapat diserap oleh diatom berkisar 0,001-0,007 mg/l. 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 di perairan umum sangat dipengaruhi nitrogen dan fosfor (Komarawidjaja, 2010).

4.3.4. Fosfat (PO_4^{3-})

Berdasarkan hasil analisis di laboratorium maka diperoleh hasil analisis fosfat. grafik penurunan fosfat pada media kultur disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Analisis Rata-rata Fosfat

Perlakuan	Awal (mg/l)	Akhir (mg/l)
P1 (5%)	1.43	0.24
P2 (10%)	2.44	1.15
P3 (15%)	3.43	2.03
P4 (20%)	4.63	3.01
P5 (25%)	5.44	4.08

Sumber: Laboratorium Universitas Riau

Dari Tabel 4.7. dapat diketahui bahwa kandungan fosfat tertinggi pada akhir penelitian yaitu P5 sebesar 4.08 dan terendah pada P1 sebesar 0.24. 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). Jadi fosfat tiap perlakuan sudah memenuhi kebutuhan *Chlorella* sp.

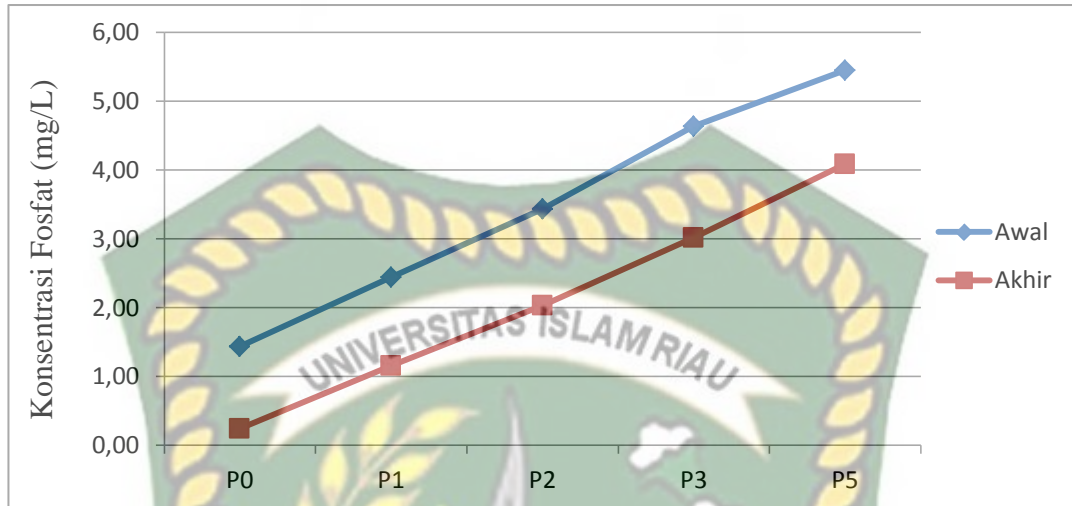
Pemanfaatan fosfat tertinggi terdapat pada P1 dikarenakan unsur hara (fosfat) yang terdapat pada P1 dimanfaatkan dengan baik oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhannya melalui proses fotosintesis. Fosfat dimanfaatkan *Chlorella* sp untuk pertumbuhan selnya, sehingga kepadatan sel *Chlorella* sp bisa meningkat setiap harinya. Karena tingginya kepadatan sel membuat pemanfaatan nitrat yang ada dalam media kulturnya lebih cepat dan hampir memanfaatkan semua untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp melalui proses fotosintesis.

Fosfat merupakan unsur yang berpengaruh terhadap produktifitas primer ekosistem perairan. Fosfat dimanfaatkan *Chlorella* sp untuk pembentukan klorofil dan pembelahan sel sehingga semakin cepat pertumbuhan dan kepadatan selnya (Amini, 2004). Sedangkan pemanfaatan fosfat terendah terdapat pada P5 dikarenakan proses fotosintesis pada media kultur tidak berjalan dengan baik karena kurangnya cahaya yang masuk sehingga unsur hara (fosfat) yang terdapat dalam wadah kultur tidak semua bisa dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp.

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 pupuk organik cair maka dapat diketahui, dengan perlakuan jenis pupuk organik cair yang berbeda, maka kandungan nutrisi yang ada pada pupuk berbeda pula.

Rata-rata pemanfaatan fosfat pada tiap perlakuan selama penelitian berbeda-beda, pada perlakuan yang diberi limbah lindi dengan dosis tinggi

mengalami pemanfaatan fosfat yang sangat rendah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Penurunan Fosfat

Terjadinya penurunan nilai fosfat pada tiap perlakuan menandakan bahwa fosfat dalam limbah lindi ini telah dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhannya. 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, apabila kadarnya kurang dari 0,02 mg/l, maka fosfat menjadi faktor pembatas. Fosfat dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pembentukan klorofil dan pembelahan sel sehingga semakin cepat pembelahan sel, maka semakin cepat pertumbuhan dan kepadatan sel (Amini, 2004).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Pemberian limbah lindi pada media kultur *Chlorella* sp memberikan pengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp.
2. Penggunaan konsentrasi limbah lindi yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap pertumbuhan mikroalga, dengan respon terbaik pada P1 (5%) yang menghasilkan kelimpahan sel/ml *Chlorella* sp mencapai 113×10^5 sel/ml dan terendah pada P5 (25%) sebanyak 39.6×10^5 sel/ml.
3. Peningkatan puncak pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp terjadi pada hari ke 14. diikuti pula dengan penurunan ketersediaan N dan P pada media kultur sekaligus menjadi indikasi menurunnya kandungan bahan anorganik pada limbah lindi.
4. Penggunaan limbah lindi sebagai media hidup *Chlorella* sp dengan konsentrasi tinggi sangat tidak bagus untuk pertumbuhan *Chlorella* sp.

5.2. Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan saran sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian mengenai pengaruh fermentasi pada limbah lindi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.
2. Pengukuran N dan P sebaiknya diikuti dengan pengukuran kelimpahan dan biomassa mikroalga *Chlorella* sp.
3. Melakukan pengambilan limbah lindi pada saat musim hujan karena saat musim tersebut akan banyak zat-zat organik dan material yang terbawa dalam penampungan limbah lindi.
4. Menggunakan volume media kultur yang lebih besar dan melakukan standarisasi saringan limbah yang digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika. S.S. 1984. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya. 309 hal.
- Amini. 2004. Kajian Nutrisi Phytoplankton Pakan Alami pada Sistem Kultivasi Massal. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. 9 (4): 206-210.
- Anderson, R.A. 2005. Algal Culturing Techniques. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press. 95 hal.

- APHA, 2012. Standard Method for The Examination of Water and Wastewater. 22nd Ed. American Public Health Association Inc. New York. 45 hal.
- Arbain, N. K., Mardana, I. B dan Sudjana. 2003. Pengaruh Air lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Di Sekitarnya di Kelurahan Pendungan Kota Denpasar. *Ecotrophic*. 3(2): 55-60.
- Arifin, R. 2012. Distribusi Spasial dan 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).
- Becker, E.W. 1994. *Microalgae Biotechnology and Microbiology*: New York: Cambridge University Press. 89 hal.
- Bishop, J. E. 1973. *Limnology of Small Malayan River* Gomak. USA: Brown Company. 110 hal.
- Blanken, W., M. Cuaresma., R. H. Wijffels dan M. Janssen. 2013. Cultivation of Microalgae On Artificial Light Comes At A Cost. *Mikroalga. Res.* 2 (2) : 333-340.
- Bold, C.H. 1980. *Morphology of Plants and Fungi*. 4th Edition, San Antonio: Harper International Edition. 90 hal.
- Bold, C.H. dan M. J. Wynne. 1985. *Introduction to The Algae Structure and Reproduction*. India: Prentice. 70 Hal.
- Boroh, R. 2012. Pengaruh Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada Beberapa Kombinasi Media Kultur. Biologi FMIPA. UNHAS. Makassar. (tidak diterbitkan)
- Boyd, C. E. 1979. *Water Quality Management in Pond Fish Culture*. International Center For Aquaculture Agriculture Experiment Estation. Auburn University, Alabama. 378 pp.
- Burkhard, S. J. Zondervan dan U. Riebesell. 1999. Effect of CO₂ Concentration on C: N: P Ration in Marine Phytoplankton: A Species Comparison. *Limnol. and Ocean.* 44 (3) : 683-690.
- Chen, G. Q. and F. Chen. 2006. Gerowing Phototrophij Cells Without Light. *Biotechnology Letters.* 28 (9) : 683-690.
- Citroreksono, P. 1996. Pengantar Bioremediasi. Prosiding : Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan. Puslitbang Bioteknologi-LIPI Cibinong. 1 – 11 hal.
- Coetteau, P. 1998. *Alga Production*. University of Gent, Rome. 54 pp.

- Damanhuri, E. 2010. Diktat Pengelolaan Sampah. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB): Bandung. 65 hal.
- Darley, W.M. 1982. Algal Biology a Physiological Approach. Departement of Bontany The University of Georgia. Blacwell Scientific Publications. Oxford London. Edinburgh Boston Melburne. Hal. 97-98.
- Darmasetiawan, M. 2004. Perencanaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA), Ekamitra Engineering, Jakarta. 72 hal.
- De La Noue, J dan De Pauw, N. 1988. The Potential of Microalgal Biotechnology A Review of Production and Uses of Microalgae. *Journal of Biotechnology Advances*, Vol. 6 (2) :40-65 hal.
- Djarajah, A.S. 1995. Pakan Alami. Kanisius. Yogyakarta. 87 hal.
- Dolan, J. 1992. Mixotrophy in Ciliates : A Review of Chlorella Symbiosis and Chloroplast Retention. *Mar. Microb. Food Webs*. 1992; 6 :115-132.
- Dwipayana dan H.D. Ariesyadi. 2011. Identifikasi Keberagaman Bakteri pada Lumpur Hasil Pengolahan Limbah Cat Dengan Teknik Konvensional. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Bandung. (Tidak Diterbitkan).**
- Edward. 2010. Freshwater Algae Identification and Use as Bioindicators. India: Wiley-Blackwell. 69 hal.**
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 249 Hal.**
- Ervandi. 2014. Pengujian Karakteristik Gradasi Warna Dalam Menentukan Kepadatan *Chlorella* sp. Skripsi Sarjana dalam FPIK Unhas. Makassar. (Tidak Diterbitkan).
- Eyster. C. 1967. Nutrien Concentration Requirements For Chlorella Sorokikiana. Aerospace Medical Division (AFSC). Brooks Air Force Base, Texas. 186 pp.
- Facta, M., M. Zainuri., Sudjadi dan E. P. Sakti. 2006. Pengaruh Pengaturan Intensitas Cahaya yang Berbeda Terhadap kelimpahan *Dunaliella* sp. dan Oksigen Terlarut dengan Simulator TRIAC dan Mikrokontroler AT89S52. *Jurnal Ilmu Kelautan* Vol. 11 (2) : 67-71.
- Febryanti, E. 2016. Pemanfaatan Limbah Cair Budidaya Ikan untuk Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp Pada Lingkungan ang Berbeda. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. (tidak diterbitkan). 53 Hal.

Fitria, Y. 2008. Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Sam Asetat dan EM₄ (*Effective microorganism* 4). Skripsi Institut Pertanian Bogor. 72 Hal

Hasanudin, M. 2012. Pengaruh Perbedaan Intesitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Kadar Lipid Mikroalga *Scenedesmus* sp. yang Dibudidayakan pada Limbah Cair Tapioka (Skripsi). Malang: Uviversitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. 84 hal.

[Http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/unicells/non_flagellated/CHLORELLA/Chlorella Image page.htm](http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/unicells/non_flagellated/CHLORELLA/Chlorella_Image_page.htm). 27 April 2018).

Herawati, H. 2008. Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Tengah. 66 hal.

Hutagalung, H.P. 1994. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. Perwarta Ocean. 9 (1): 11-20.

Haslam, S.M. 1992. River Pollutin; An Ecological. Belhaven Press. London. UK. 65 pp.

Isnansetyo, A dan Kurniasuty. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 85 hal.

Jannah, R dan Z. A. Muchlisin. 2006. Komunitas Fitoplakton di Daerah Estuaria Krueg Aceh. Kota Banda Aceh. Jurnal Depik. 1(3) : 189-195.

Kawaroe, M. 2010. Mikroalga, Potensi dan pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar. Bogor: IPB Press. 75 hal.

Komarawidjaja. 2010. Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Substitusi Media Kultur Mikroalga Dalam Upaya Mereduksi CO₂ Laporan Akhir. BPPT No.14.

Kumar, N., Singh, R. K., Mshra, S. K., Singh, A. K dan Pachaori U. P. 2010. Isolation and Screeningof Soil Actinomycetes as Source of Antibiotics Active Againts bacteria, International Journal of Microbiology 2 (2) :12-16.

Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Adi Offset. Yogyakarta. 352 Hal.

Loehr, R.C. 1974. Agriculture Waste Management; Proplem, Process and Approach. Academic Press. New York. 74 pp.

Meritasari, D . Mubarak, S. Sulmartiwi, L. dan Masithah, E.D. 2011. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Limbah Ikan Lemuru (*Sardinella* sp.) dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. Jurnal Ilmiah Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga. Vol 4 (1) : 27-32 hal.

- Niczporuk. 2012. Phytohormones as Regulators of Heavy Metal Biosorption and Toxicity in Green Algae (Chlorophyceae). Plant Physiology And Biochemistry. Hal. 52 - 65.**
- Nontji, A. 2006. Tiada Kehidupan di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton. LIPI Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta. 60 hal.
- Nur, M. 2018. Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Dengan Dosis yang Berbeda Untuk Pertumbuhan *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Pekanbaru. 65 Hal.
- Nurfadillah, A., Damar, E. M dan Adiwilaga. 2010. Komunitas Fitoplankton di Perairan Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah. Provinsi Aceh. Jurnal Depik. 1(2) 93-98.
- Nybakken. J. W. 1988. Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia. Jakarta. 80 hal.
- Oh-Hama, T. dan S. Miyachi. 1988. *Chlorella*. Ln : M. A. Borowiitzka dan L. J. 52 hal.
- Panggabean, L.M.G., Hartono, R., Saveya, V. S., dan Sitorus S. 2010. Pengaruh Injeksi Karbondioksida Terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis oculata*. Prosiding Seminar Nasional Limnology V Tahun 2010. 704 hal.
- Pennak, R. W. 1973. Fresh Water Invertebrate in The United States. The Ronald Press. New York. 769 Hal.
- Prabowo, D. A. 2009. Optimasi Pengembangan Media Untuk Peretumbuhan *Chlorella* sp Pada Skala Laboratorium. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 55 hal. 73 hal.
- Prihantini, N.B., B. Putri, dan R. Yuniati. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* sp. Dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. Universitas Indonesia. Depok. 9 (1) : 1-6.
- Rostini, I. 2007. Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella* sp dan *Nannochloropsis* sp yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Pengembangan Timah di Pulau Bangka. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 43 Hal.**
- Sachlan, M. 1982. Planktonologi. Jurusan Perikanan Universitas Diponegoro. Semarang. 82 Hal.**
- Sembiring, Z., Buhani, Suharso dan Sumadi. 2008. Adsorpsi Isoterm Ion Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) pada Biomassa *Nannochloropsis* sp. Yang dienkapsulasi Akuagel Silika. Jurnal Kimia Indonesia. Vol. 9 (3) : 83-92.

- Sidabutar, H. 2016. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. (tidak diterbitkan). 65 Hal.
- Steenblock, D. 2000. *Chlorella* Makanan Sehat Alami. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama. 70 hal.
- Subarijanti, H.U. 1994. Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Plankton Universitas Brawijaya Malang. 65 hal.
- Sudjana. 1992. Desain dan Analisis Eksperimen. Tarsito Bandung. 285 Hal.**
- Sugianti, Y. 2016. Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 67 Hal.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremoval by Microorganisme: A Literature Study). Makalah. disampaikan pada Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. 1-14 Februari 2001. Sinergy Forum – PPI Tokyo Institute of Technology.
- Suriawiria, U. 2005. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Alumni. Bandung. 84 hal.
- Syamsudin, S., Purwati dan Taufick. R. 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.
- Taw, N 1990. Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga. Proyek Pengembangan Udang. United Nations Development Programme Food and Agriculture Organizations of The United Nations. 80 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. 93 hal.
- Widyaningsih, V. 2011. Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI. Skripsi Sarjana pada FT UI. Depok. (Tidak Diterbitkan).
- Yan, C., L. Zhang., X. Luo dan Z. Zheng. 2013. Effects of Various LED Light Wavelengths and Intensities On The Performance Of Purifying Synthetic Domestic Sewage By Microalgae At Differect Influent C/N Ratios. Ecol. ENG 15 :24-32.

Yolanda, Y. 2016. Pemanfaatan Limbah Cair Biogas Pabrik Kelapa Sawit untuk Produksi Mikroalga *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 61 Hal.

Yustiani, Y.M E., Afiatun dan S. Habibi. 2010. Analisis kualitas Air dan Sedimen di Waduk Cirata Akibat Kegiatan Keramba Jaring Apung (KJA). Jurnal Teknik Lingkungan. 12(4):243-252.

Zahara. 2010. Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Scenedesmus* sp. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta. 80 hal.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau