

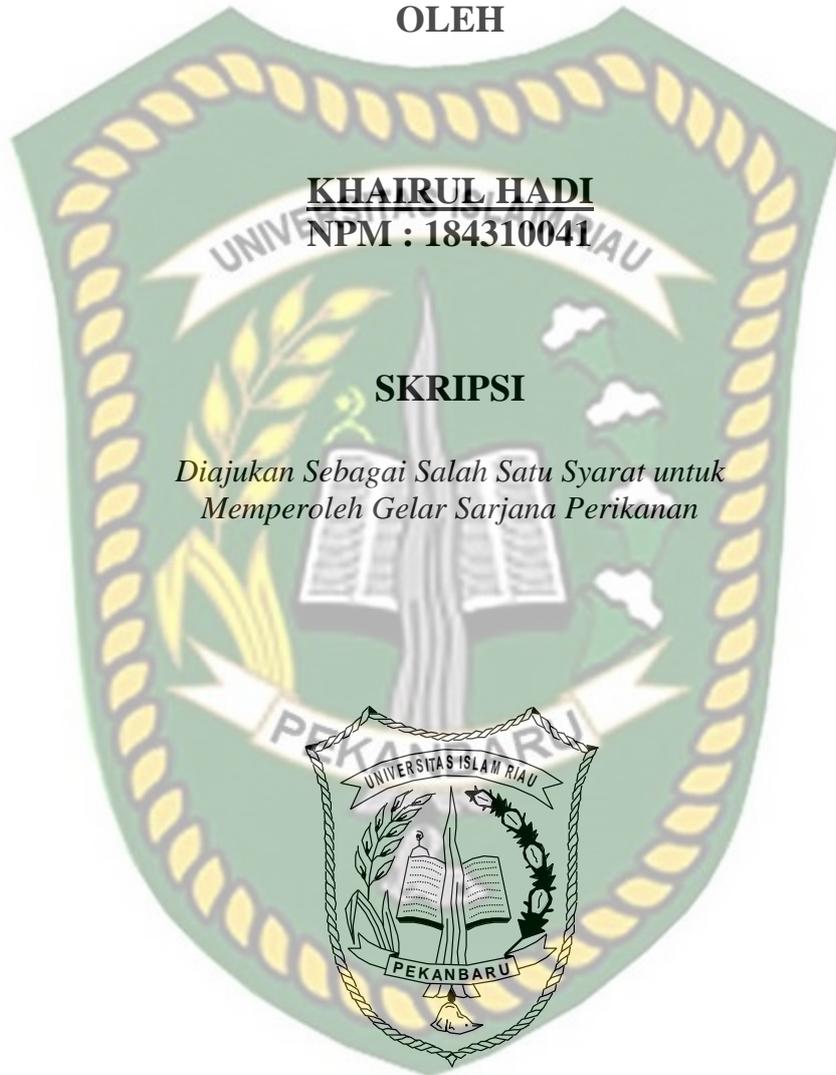
**PENGARUH PEMBERIAN LINDI DENGAN DOSIS BERBEDA
YANG DIFERMENTASI EM4 TERHADAP KELIMPAHAN
Chlorella sp**

OLEH

KHAIRUL HADI
NPM : 184310041

SKRIPSI

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



Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2022**

**PENGARUH PEMBERIAN LINDI DENGAN DOSIS BERBEDA
YANG DIFERMENTASI EM4 TERHADAP KELIMPAHAN**

Chlorella sp

SKRIPSI

NAMA : KHAIRUL HADI
NPM : 184310041
PROGRAM STUDI : BUDIDAYA PERAIRAN

KARYA ILMIAH INI TELAH DIPERTAHANKAN DALAM UJIAN
KOMPREHENSIF YANG DILAKSANAKAN PADA TANGGAL 14 MARET 2022
DAN TELAH DISEMPURNAKAN SESUAI SARAN YANG TELAH DISEPAKATI
KARYA ILMIAH INI MERUPAKAN SYARAT PENYELESAIAN STUDI
PADA FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS ISLAM RIAU

MENYETUJUI
DOSEN PEMBIMBING

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

**DEKAN FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

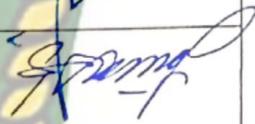
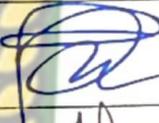
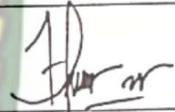

Dr. Ir. Hj. Siti Zahrah, MP
NIDN: 0013086004

**KETUA PROGRAM STUDI
BUDIDAYA PERAIRAN**


Dr. Jarod Setiaji, S.Pi., M.Sc
NIDN: 1016066802

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

TANGGAL : 14 MARET 2022

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Ir. H. Rosyadi, M.Si	Ketua	
2	Dr. Ir. H. Agusnimar, M.Sc	Anggota	
3	Ir. Fakhrunnas MA Jabbar, M.I.Kom	Anggota	
4	Hisra Melati, S.Pi., M.Si	Notulen	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Islam Riau


Dr. Ir. Hj. Siti Zahrah, MP
NIDN : 0013086004

BIOGRAFI PENULIS



Khairul Hadi lahir di Rokan tanggal 16 Mei 1999. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Loghat dan Ibu Nilawati. Penulis menyelesaikan pendidikan anak usia dini di TK. Islam Al-Istiqomah Rokan Koto Ruang Tahun 2007, SD Negeri 009 Rokan IV Koto pada Tahun 2012, SMP Negeri 1 Rokan IV Koto pada Tahun 2015. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri Pertanian Terpadu Provinsi Riau pada Program Keahlian Teknologi Budidaya Perairan yang selesai pada Tahun 2018. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan kejenjang perguruan tinggi Strata-1 (S1) di Universitas Islam Riau dengan mengambil jurusan Perikanan, Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian. Dengan izin Allah SWT pada tanggal 14 Maret 2022 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan Strata-1 (S1) yang dipertahankan dalam Ujian Komprehensif pada sidang meja hijau dan sekaligus berhasil meraih gelar Sarjana Perikanan (S.Pi) dengan judul penelitian “Pengaruh Pemberian Lindi dengan Dosis Berbeda yang Difermentasi EM4 terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp” dibimbing oleh Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si.

Selama menempuh kuliah di Universitas Islam Riau, penulis aktif sebagai salah satu Asisten Dosen pada mata kuliah Produksi Pakan Alami, Planktonologi, Fisika Kimia Perairan dan Ikhtiologi. Dalam melakukan implementasi jurusan perikanan, pada Tahun 2017 penulis melaksanakan Program Magang di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar (BBPBAT) Sukabumi Jawa Barat. Praktik Studi Khusus di UPTD Balai Benih Ikan (BBI) Rokan Kecamatan Rokan IV Koto Kabupaten Rokan Hulu pada Tahun 2020.

KHAIRUL HADI, S.Pi

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan, membekaliku dengan ilmu, atas karunia serta kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Seorang dosen Pembimbing Akademik pernah berkata, jika mempunyai sebuah tujuan, maka buatlah batas waktu untuk mencapai tujuan tersebut, sehingga hal inilah yang membuat penulis memacu dirinya sampai batas maksimal sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini, diwaktu yang tepat.

Penulis menyadari selama penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua. Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu (Nilawati) dan Ayah (Loghat) yang telah memberikan kasih sayang, secara dukungan, ridho dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selebar kertas. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ibu dan ayah bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk ibu dan ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendo'akanku, selalu menasehatiku serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik.
2. Bapak Prof. Dr. Syafrinaldi, S.H., M.C.L selaku Rektor Universitas Islam Riau.

3. Ibu Dr. Ir. Hj. Siti Zahrah, MP selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Jarod Setiaji, S.Pi., M.Si selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan serta Ibu Hj. Sri Ayu Kurniati, SP., M.Si selaku Sekretaris Program Studi Budidaya Perairan.
5. Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing, bersedia membantu memberikan masukan untuk menyelesaikan skripsi dari judul hingga akhir.
6. Bapak Dr. Ir. H. Agusnimar, M.Sc dan Ir. Fakhrunnas MA Jabbar, M.I.Kom selaku Dosen dan Penguji Skripsi yang memberikan masukan dan mengoreksi dalam penulisan.
7. Bapak Ir. T. Iskandar Johan, M.Si dan Muhammad Hasby, S.Pi, M.Si selaku Dosen Program Studi Budidaya Perairan.
8. Dosen pertanian yang telah memberikan ilmu selama menjadi mahasiswa di Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.
9. Kakak Hisra Melati, S.Pi., M.Si dan Kakak Rizka Avif Putri Hasibuan, S.Pi yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian, memberikan ide-ide, saran serta nasehatnya.
10. Kepada Abang Rivandhika Wahyu F, S.Pi, Muhammad Arfi, S.Pi dan Hanapi, S.Pi yang telah sama-sama berjuang dan selalu sabar menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga selesai.
11. Johan Hariwitonang dan Reyza Pramadani atas partisipasinya selama melakukan penelitian.

12. Teman-teman seperjuangan angkatan 2018 untuk kebersamaan selama kuliah di Universitas Islam Riau.

13. Teman-teman Husna Purnama Kost; Muhammad Ali, Teguh Oktavian, Kurnia Zulfahmi, Ilham Dwi Anggara dan Fraja Mukti.

14. Kepada Abang Ahlunnazar Budi Abdullah, S.Pi yang telah membantu dengan memberi motivasi dan masukan serta saran kepada penulis.

15. Untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas segalanya.

Demikian ucapan terima kasih ini penulis sampaikan. Mohon maaf kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan, penulis berharap mendapatkan kritikan dan saran untuk penyempurnaan skripsi ini.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh



RINGKASAN

KHAIRUL HADI (184310041) “PENGARUH PEMBERIAN LINDI DENGAN DOSIS BERBEDA YANG DIFERMENTASI EM4 TERHADAP KELIMPAHAN *Chlorella* sp” dibawah bimbingan Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si. Penelitian ini dilaksanakan selama 20 hari yang dimulai dari bulan April 2021 di Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau Pekanbaru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan 3 ulangan, yaitu P1 pemberian lindi dengan dosis 5%, P2 (10%), P3 (15%), P4 (20%) dan P5 (25 %). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan *Chlorella* sp tertinggi diperoleh pada P5 dengan dosis 25% sebesar 7.311.111 sel/mL, dengan puncak hari ke-16. Kelimpahan terendah pada P1 dengan dosis 5% sebesar 2.563.889 sel/mL, dengan puncak hari ke-6, laju pertumbuhan spesifik tertinggi pada P1 (5%) sebesar 0,195 sel/hari dan terendah P4 (20%) sebesar 0,077 sel/hari. Biomassa tertinggi pada P5 (25%) sebanyak 0,44 g/L dan terendah pada P1 (5%) sebanyak 0,17 g/L. Kualitas air diperoleh dengan suhu berkisar 28-29°C, pH 4,63-7,72, kandungan nitrat berkisar 0,8875-0,2521 mg/L, fosfat 5,8518-4,5243 mg/L, BOD 4,080-5,304 mg/L, COD 88,46-94,60 mg/L, besi dan mangan < 0,20 mg/L.

Kata kunci: Air lindi, kelimpahan, *Chlorella* sp, fermentasi

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“PENGARUH PEMBERIAN LINDI DENGAN DOSIS BERBEDA YANG DIFERMENTASI EM4 TERHADAP KELIMPAHAN *Chlorella sp*”**. Maksud dan tujuan disusunnya skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan pada Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir. H. Rosyadi, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan tentang penelitian sehingga memudahkan penulis dalam penyelesaian skripsi.

Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan untuk kita semua, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat menambah wawasan penulis yang sifatnya membangun.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Isi	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
BIOGRAFI PENULIS	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Klasifikasi dan Morfologi <i>Chlorella</i> sp	6
2.2. Habitat dan Ekologi	8
2.3. Nutrien	9
2.4. Reproduksi	10
2.5. Kultur <i>Chlorella</i> sp	11
2.6. Fase Pertumbuhan	12
2.7. Lindi	15
2.8. Peran Mikroalga dalam Mendegradasi Lindi	16
2.9. Fermentasi	17
2.10. Parameter Kualitas Lindi	19
2.10.1. Suhu (°C).....	19
2.10.2. Derajat Keasaman (pH).....	19
2.10.3. Amonia (NH ₃)	21
2.10.4. Nitrat (NO ₃).....	21
2.10.5. Fosfat (PO ₄).....	22
2.10.6. BOD ₅ (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	23
2.10.7. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	24
2.10.8. Logam Besi (Fe).....	25
2.10.9. Logam Mangan (Mn)	26
BAB III. METODE PENELITIAN	27

3.1. Tempat dan Waktu.....	27
3.2. Bahan dan Alat.....	27
3.2.1. Bahan.....	27
3.2.2. Alat.....	29
3.3. Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1. Persiapan Penelitian.....	30
3.3.2. Pengumpulan Data.....	33
3.4. Metode Penelitian.....	33
3.4.1. Rancangan Percobaan.....	33
3.4.2. Perhitungan Kelimpahan Sel <i>Chlorella</i> sp.....	34
3.4.3. Laju Pertumbuhan Spesifik.....	36
3.4.4. Perhitungan Biomassa <i>Chlorella</i> sp.....	36
3.4.5. Hipotesa dan Asumsi.....	37
3.5. Analisis Lindi.....	38
3.5.1. Suhu (°C).....	38
3.5.2. Derajat Keasaman (pH).....	38
3.5.3. Amonia (NH ₃).....	38
3.5.4. Nitrat (NO ₃).....	39
3.5.5. Fosfat (PO ₄).....	40
3.5.6. BOD ₅ (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	41
3.5.7. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	41
3.5.8. Logam Besi (Fe).....	42
3.5.9. Logam Mangan (Mn).....	42
3.6. Analisis Data.....	43
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Perkembangan Sel <i>Chlorella</i> sp.....	44
4.2. Laju Pertumbuhan Spesifik.....	51
4.3. Biomassa <i>Chlorella</i> sp.....	53
4.4. Kualitas Air.....	56
4.4.1. Suhu (°C).....	56
4.4.2. Derajat Keasaman (pH).....	58
4.4.3. Amonia (NH ₃).....	61
4.4.4. Nitrat (NO ₃).....	63
4.4.5. Fosfat (PO ₄).....	66
4.4.6. BOD ₅ (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	68
4.4.7. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	70
4.4.8. Logam Besi (Fe).....	73
4.4.9. Logam Mangan (Mn).....	75
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1. Kesimpulan.....	78
5.2. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Alat-alat Penelitian yang Dipergunakan Selama Penelitian	29
3.2. Parameter yang Dianalisis	38
3.3. Konsentrasi Nitrat mg/L	40
3.4. Konsentrasi Fosfat mg/L.....	41
4.1. Rata-rata Perkembangan Sel <i>Chlorella</i> sp.....	44
4.2. Hasil Uji Lanjut LSD Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp	51
4.3. Rata-rata Berat Biomassa <i>Chlorella</i> sp.....	54
4.4. Hasil Pengukuran Suhu (°C) Selama Penelitian	57
4.5. Hasil Pengukuran Rata-rata pH Selama Penelitian	59
4.6. Hasil Pengukuran Amonia (NH ₃) Selama Penelitian	61
4.7. Hasil Analisis Nitrat (NO ₃) Selama Penelitian.....	63
4.8. Hasil Analisis Fosfat (PO ₄) Selama Penelitian.....	66
4.9. Hasil Analisis BOD ₅ Selama Penelitian	69
4.10. Hasil Analisis COD Selama Penelitian.....	71
4.11. Hasil Analisis Besi (Fe) Selama Penelitian	73
4.12. Hasil Analisis Mangan (Mn) Selama Penelitian.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Bentuk Umum Morfologi <i>Chlorella</i> sp	6
2.2. Struktur Morfologi <i>Chlorella</i> sp.....	7
2.3. Fase Pertumbuhan.....	13
3.1. Model Saringan.....	28
3.2. Bibit <i>Chlorella</i> sp	32
3.3. Susunan Peralatan Penelitian.....	32
3.4. Haemocytometer Neubauer Improved.....	35
4.1. Grafik Kelimpahan Sel <i>Chlorella</i> sp	48
4.2. Grafik Laju Pertumbuhan Spesifik <i>Chlorella</i> sp	52
4.3. Grafik Biomassa <i>Chlorella</i> sp (g/L)	55
4.4. Grafik Pengukuran Suhu (°C) Selama Penelitian	57
4.5. Grafik Pengukuran pH Selama Penelitian	60
4.6. Grafik Pengukuran Amonia (NH ₃) Selama Penelitian	62
4.7. Grafik Pengukuran Nitrat (NO ₃) Selama Penelitian.....	64
4.8. Grafik Pengukuran Fosfat (PO ₄) Selama Penelitian.....	67
4.9. Grafik Pengukuran BOD ₅ Selama Penelitian	69
4.10. Grafik Pengukuran COD Selama Penelitian.....	72
4.11. Grafik Pengukuran Logam Besi (Fe) Selama Penelitian.....	74
4.12. Grafik Pengukuran Logam Mangan (Mn) Selama Penelitian	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. <i>Layout</i> Penelitian	89
2. Hasil Penghitungan Kelimpahan Sel <i>Chlorella</i> sp.....	90
3. Hasil Uji ANAVA Kelimpahan Sel <i>Chlorella</i> sp	92
4. Hasil Uji Least Significance Different (LSD)	92
5. Laju Pertumbuhan Spesifik <i>Chlorella</i> sp.....	93
6. Hasil Pengukuran Biomassa pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp	93
7. Hasil Pengukuran Suhu Selama Penelitian	94
8. Hasil Pengukuran pH Selama Penelitian	94
9. Hasil Pengukuran BOD Selama Penelitian.....	94
10. Hasil Pengukuran COD Selama Penelitian.....	94
11. Hasil Pengukuran Amonia Selama Penelitian	95
12. Hasil Pengukuran Nitrat Selama Penelitian.....	95
13. Hasil Pengukuran Fosfat Selama Penelitian	95
14. Hasil Pengukuran Logam Besi (Fe) Selama Penelitian	95
15. Hasil Pengukuran Logam Mangan (Mn) Selama Penelitian.....	96
16. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	96
17. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	97
18. Dokumentasi Penelitian	99
19. Surat Turun Penelitian	105
20. Surat Keputusan Dekan Fakultas Pertanian	106
21. Surat Keterangan Selesai Penelitian	107

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan peningkatan ekonomi di suatu daerah, dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah buangan sampah yang dilakukan oleh manusia. Sampah menjadi permasalahan yang serius untuk kota-kota besar yang harus diselesaikan secara berkesinambungan.

Salah satu kelemahan dari sistem pembuangan sampah adalah air lindi yang berasal dari tumpukan sampah tidak dikelola dan belum ditangani dengan baik dan cenderung dibiarkan begitu saja. Tumpukan sampah yang dibuang ke TPA mengalami proses dekomposisi yang nantinya terjadi perubahan secara fisik, kimia serta biologis dan menghasilkan lindi yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat berdampak negatif bagi lingkungan, sehingga diperlukan pengolahan atau pemanfaatan lebih lanjut.

Lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga lindi memiliki kandungan pencemar yang sangat tinggi seperti amonia, nitrat, nitrit, logam berat, nitrogen dan sebagainya. Tingginya konsentrasi polutan, maka lindi berpotensi menimbulkan pencemaran, baik pencemaran air tanah maupun air permukaan.

Akan tetapi, lindi mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman, yaitu organik Nitrogen (10-600 mg/L), Amonium Nitrogen (10-800 mg/L), Nitrat (5-40 mg/L), Fosfor total (1-70 mg/L), Total besi (50-600 mg/L) (Dimiati dan Hadi, 2017). Sehingga lindi memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair.

Pemanfaatan lindi yang ada di Tempat Pengelolaan Akhir (TPA) Sampah daerah Muara Fajar Rumbai sampai saat ini belum dilakukan secara maksimal dan lindi yang ada di kolam penampungan dibuang ke lingkungan sekitarnya. Untuk memanfaatkan lindi yang ada di Tempat Pengelolaan Akhir (TPA) Sampah, dapat diupayakan dengan memanfaatkan lindi sebagai pupuk organik cair untuk kultur mikroalga jenis *Chlorella* sp.

Menurut Merizawati (2008) *Chlorella* sp merupakan salah satu jenis mikroalga yang memiliki kandungan pigmen dan klorofil yang berfungsi untuk kegiatan fotosintesis. *Chlorella* sp dipilih sebagai sarana penanganan atau pemanfaatan lindi, karena alga ini dapat berkembangbiak dengan cepat dan memiliki kemampuan beradaptasi dengan lingkungan dan ekologi yang ekstrem, mudah dibudidayakan, menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis, mengandung protein yang tinggi dengan komponen utama asam amino.

Chlorella sp memiliki kandungan klorofil 2,8 %, protein 59,8 %, karbohidrat 16,7 %, lemak 11,6 %, serta mengandung vitamin A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, E dan K (Hafizhah *et al.*, 2012). Selain digunakan sebagai bahan baku pakan dan pakan alami, *Chlorella* sp juga dimanfaatkan sebagai makanan tambahan atau suplemen karena kandungan nutrisinya lengkap (Royan *et al.*, 2010).

Di negara maju penggunaan *Chlorella* sp sudah tidak asing lagi bagi masyarakat dan telah menjadi makanan yang *familiar*. *Chlorella* sp sudah dimanfaatkan sebagai *food additives*, *taste presparatives* dan obat-obatan. Hafizhah *et al.*, (2012) menyatakan bahwa di bidang industri, *Chlorella* sp menjadi salah satu alternatif sumber energi baru yang potensial dan sebagai pewarna alami makanan.

Islam juga memerintahkan kepada umatnya untuk memanfaatkan yang ada di alam dan memelihara lingkungan. Adapun ayat tentang perintah memelihara lingkungan dalam surah Al-baqarah ayat 11.

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ

Artinya: “Dan bila dikatakan kepada mereka: ”Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi”. Mereka menjawab: “Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan”. (QS. Al-Baqarah Ayat 11).

Ayat tersebut menjelaskan sangat mutlak perintah untuk memelihara lingkungan, salah satu usaha kecil yang bermanfaat dalam pemanfaatan lindi tersebut adalah dengan memanfaatkannya sebagai pupuk organik cair untuk kultur *Chlorella* sp. Hal ini dikarenakan *Chlorella* sp dapat memanfaatkan unsur hara yang terdapat pada lindi untuk pertumbuhan dan perkembangan sel.

Proses pembuatan pupuk lindi memiliki kekurangan, yaitu lamanya proses pengomposan lindi tersebut, maka pembuatan lindi dilakukan dengan penambahan bahan aktivator (mikroorganisme). Salah satu aktivator yang sering digunakan adalah *Effective Microorganism 4* (EM4). Bakteri yang terdapat dalam EM4 melakukan penguraian terhadap bahan organik lindi yang memberikan pengaruh yang baik terhadap kualitas pupuk lindi, sedangkan ketersediaan unsur hara dalam pupuk lindi sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu yang diperlukan bakteri untuk mendegradasi lindi.

Fermentasi terjadi karena adanya aktivitas bakteri EM4 pada substrat organik yang sesuai, proses ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan organik lindi. Pada proses fermentasi terjadi penguraian terhadap bentuk fisik padatan dan pembebasan sejumlah unsur penting dalam bentuk senyawa-senyawa kompleks maupun senyawa sederhana yang nantinya dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Wahyu (2022) telah melakukan penelitian tentang pengaruh pemberian lindi dengan dosis berbeda yang disaring terhadap kelimpahan *Chlorella* sp dengan perlakuan terbaik pada perlakuan P2 dengan pemberian dosis lindi 10% dengan puncak sebanyak 2.250.000 sel/mL pada dihari ke-10. Oleh karena itu, untuk melanjutkan dari penelitian tersebut perlu dilakukan penelitian pemanfaatan lindi yang difermentasi.

Berdasarkan hasil penelitian diatas penulis tertarik melakukan penelitian lanjutan dengan pengaruh pemberian lindi yang difermentasi menggunakan EM4 sebagai media kultur *Chlorella* sp dengan judul “pengaruh pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp”.

1.2. Perumusan Masalah

Alasan penelitian ini dilakukan yaitu untuk menjawab masalah:

1. Apakah ada pengaruh pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp ?
2. Berapa dosis optimal lindi yang difermentasi EM4 untuk kelimpahan *Chlorella* sp ?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu adanya pembatasan masalah agar dapat terarah dan tidak menyimpang dari maksud dan tujuan yang telah ditetapkan. Batasan masalah atau ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Hanya membahas pengaruh dosis yang optimum pada lindi yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.
2. Hanya sebagai pembanding antara lindi yang difermentasi EM4 dengan lindi yang tidak difermentasi.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.
2. Untuk mengetahui dosis optimal lindi yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan penulis dan para pengembang usaha perikanan lainnya tentang pakan alami.
2. Menjadi salah satu landasan bagi penelitian selanjutnya berkaitan dengan pengembangan mikroalga *Chlorella* sp.
3. Air lindi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair untuk kultur mikroalga.

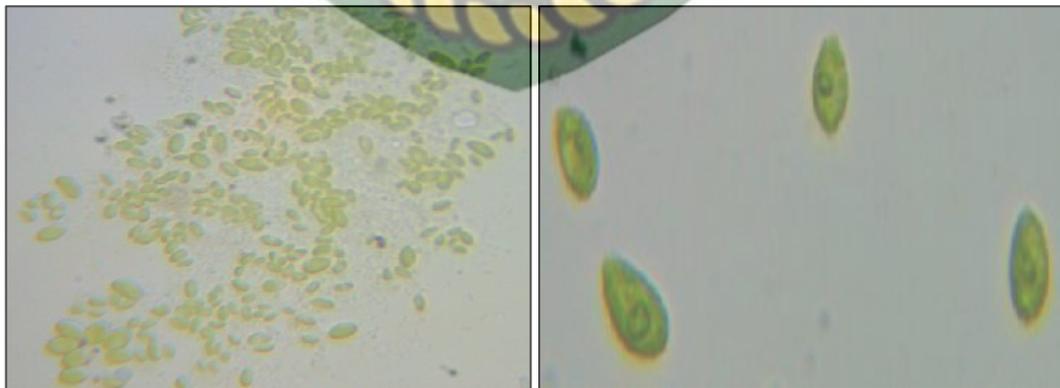


II. TINJAUAN PUSTAKA

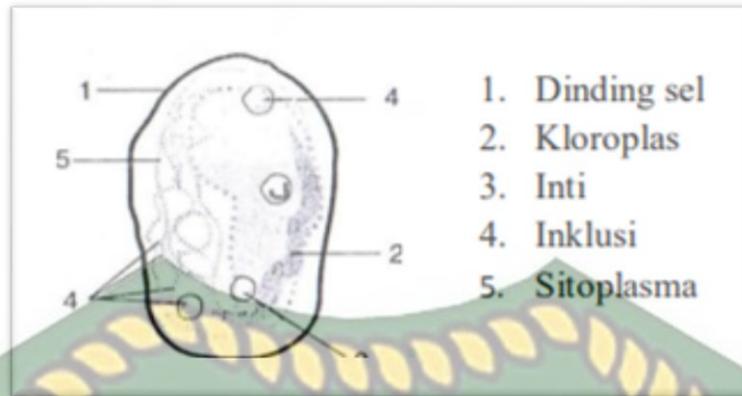
2.1. Klasifikasi dan Morfologi *Chlorella* sp

Chlorella sp merupakan salah satu jenis mikroalga yang memiliki kandungan pigmen dan klorofil yang berfungsi untuk kegiatan fotosintesis. *Chlorella* sp merupakan produsen rantai makanan makhluk hidup yang memiliki gizi tinggi (Merizawati, 2008). Mikroalga *Chlorella* sp mengandung zat hijau (*Chlorophyll*) yang sangat tinggi, bahkan melebihi jumlah dari beberapa tumbuhan tingkat tinggi. *Chlorella* sp memiliki jumlah genera sekitar 450 dan jumlah spesies lebih dari 7500 alga hijau. *Chlorella* sp termasuk salah satu kelompok *Chlorophyta* yang mengandung klorofil dan pigmen lainnya untuk melakukan fotosintesis (Djunaedi *et al.*, dalam Goa *et al.*, 2019). Klasifikasi *Chlorella* sp menurut Merizawati (2008) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta
Kelas : Chloropyeae
Ordo : Chlorococcales
Familia : Oocystaeae
Genus : *Chlorella*
Spesies : *Chlorella* sp



Gambar 2.1. Bentuk Umum Morfologi *Chlorella* sp (10×40 dan 10×100)
Sumber: Data Primer (2021)



Gambar 2.2. Struktur Morfologi *Chlorella* sp
Sumber: Alim dan Kurniastuty dalam Rachmawati (2019)

Bentuk sel *Chlorella* sp lonjong atau bulat telur dengan diameter berkisar antara 2-12 mikron. Dinding selnya yang keras terdiri dari selulosa dan pektin dan mempunyai protoplasma yang berbentuk seperti cawan. *Chlorella* sp dapat bergerak, akan tetapi sangat lambat sehingga pada saat pengamatan seakan-akan tidak bergerak (Merizawati, 2008).

Menurut Kumar *et al.*, (2010) *Chlorella* sp memiliki bentuk bulat lonjong dan tidak memiliki flagel sehingga mikroalga ini tidak dapat bergerak aktif, dinding selnya yang terdiri dari selulosa dan pektin. Tiap sel *Chlorella* sp terdapat inti sel dan satu kloroplas. *Chlorella* sp ini merupakan alga kosmopolit yang terdapat di air payau, air laut dan air tawar.

Menurut Merizawati (2008) sebutan *Chlorella* sp dari bahasa latin “*Chloros*” yaitu hijau dan “*ella*” yaitu kecil. Menurut Suriawiria (2005) *Chlorella* sp termasuk kelompok organisme fotosintetik yang memiliki kemampuan dalam fiksasi CO₂ yang baik. Selain itu, pada *Chlorella* sp mengandung klorofil yang tinggi jika dibandingkan dengan seluruh alga hijau dan bahkan tanaman tingkat tinggi.

Kawaroe (2010) menyatakan bahwa potensi yang dimiliki *Chlorella* sp dapat sebagai pakan alami, pakan ternak, penghasil komponen bioaktif, suplemen, bahan farmasi dan kedokteran. Hal tersebut dikarenakan pada *Chlorella* sp terkandung berbagai nutrisi seperti protein, karbohidrat, asam lemak tak jenuh, vitamin, klorofil, enzim dan serat yang tinggi. Menurut Rostini (2007) warna hijau pada alga dikarenakan pada sel alga terdapat kandungan klorofil a dan b yang relatif besar serta terdapat kandungan karoten dan xantofit.

2.2. Habitat dan Ekologi

Habitat *Chlorella* sp ada dua macam, yaitu *Chlorella* sp air tawar dan *Chlorella* sp air laut. Beberapa spesies *Chlorella* sp air laut dapat mentolerir kondisi lingkungan. *Chlorella* sp dapat tumbuh dan berkembang pada semua lingkungan (kosmopolit), terkecuali pada lingkungan yang sangat ekstrim untuk kehidupan makhluk hidup. Mikroalga *Chlorella* sp ini dapat bertahan hidup pada salinitas 0-35 ppt. Salinitas yang optimum untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp berkisar antara 10-20 ppt. rentang suhu optimum untuk pertumbuhan mikroalga adalah 25-30°C dan masih dapat hidup pada suhu 40°C (Merizawati, 2008).

Menurut Shah *et al.*, (2003) mikroalga *Chlorella* sp dapat tumbuh pada lingkungan yang kurang cahaya atau bahkan tidak terkena cahaya sekalipun dengan cara mengambil bahan organik secara langsung dari media tumbuhnya. Pada umumnya *Chlorella* sp merupakan organisme air tawar, akan tetapi beberapa jenis spesies dapat beradaptasi dengan salinitas dan suhu yang memiliki rentang waktu dan bisa dikultur menggunakan air laut yang sudah diberi pupuk.

2.3. Nutrien

Kandungan nutrien terdiri dari unsur hara mikro (*micronutrients*) dan unsur hara makro (*macronutrients*). Unsur hara mikro nutrien terdiri dari Zn (Seng), Fe (Besi), Mg (Magnesium), Cu (Tembaga), B (Boron), Co (Kobalt), Mo (Molybdate) dan lainnya. Kemudian untuk unsur makro nutrien terdiri dari N (Nitrat), K (Kalium), P (Posfat), Si (Silikat), C (Karbon), Ca (Kalsium) dan S (Sulfat) (Sylvester *et al.*, 2002).

Tercukupinya kebutuhan nutrisi menyebabkan proses metabolisme pada *Chlorella* sp berjalan lancar. Menurut Zulkifli (2001) *Chlorella* sp menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat, ini dikarenakan nitrat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh *Chlorella* sp dalam memenuhi kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan. Oleh sebab itu, amonia dan nitrit dapat diserap *Chlorella* sp setelah terlebih dahulu diubah melalui proses nitrifikasi menjadi senyawa nitrat.

Menurut Kawaroe (2010) *Chlorella* sp membutuhkan unsur hara untuk pertumbuhannya yang berupa nutrien. Nutrien umumnya dapat mempengaruhi proses penurunan kandungan lemak, kandungan karbohidrat, pigmen fotosintesis serta protein. Kebutuhan nutrien pada *Chlorella* sp harus selalu terpenuhi dengan penambahan pupuk pada media kultur.

Konsentrasi lindi yang rendah, maka jumlah nutrien yang dikandungnya juga rendah sehingga *Chlorella* sp kekurangan nutrien untuk berfotosintesis dan melakukan proses pertumbuhan. Sedangkan pada konsentrasi yang terlalu tinggi, efektivitas pemanfaatan nutrien semakin rendah serta adanya perbedaan biovolume pada masing-masing fitoplankton (Utami, 2014).

Di perairan laut, kandungan nutrisi tersebut secara alamiah sangat bervariasi tergantung letak geografis dan musim. Nitrat (NO_3) Ammonium (NH_4) dan Orthofosfat (PO_4) adalah bentuk nutrisi yang siap digunakan oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis. Di perairan laut yang terletak disekitar khatulistiwa kandungan nutrisi 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 nutrisi dari dasar laut akibat pengadukan tidak terjadi. Sebaliknya di perairan laut memiliki 4 musim, suplai nutrisi dari lapisan bawah akibat pengadukan terjadi pada musim gugur dan dingin, sedangkan pemakaian nutrisi melalui proses fotosintesis terjadi pada musim semi dan panas (Komarawidjaja, 2010).

2.4. Reproduksi

Reproduksi *Chlorella* sp dengan cara aseksual dengan pembentukan autospora yang merupakan bentuk miniatur dari sel induk. Sel *Chlorella* sp mempunyai tingkat reproduksi yang tinggi, setiap sel mampu berkembang mencapai 10.000 sel dalam waktu 24 jam. Perkembangbiakan sel diawali dengan pertumbuhan sel yang membesar yang selanjutnya terjadi peningkatan aktivitas sintesa sebagai persiapan pembentukan autospora yang merupakan tingkat pemasukan akhir yang akan disusul dengan pelepasan autospora. Tiap satu sel induk akan membelah menjadi 4,8,16 autospora yang kelak akan menjadi sel-sel anak dan melepaskan diri dari induknya (Kawaroe, 2010).

Menurut Priyambodo dan Tri (2001) proses reproduksi *Chlorella* sp dapat dibagi menjadi 4 tahap, 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 Mufidah *et al.*, (2017) *Chlorella* sp yang dikultur dapat tumbuh pada media yang kandungan unsur haranya cukup. Unsur hara yang dibutuhkan *Chlorella* sp yang jumlahnya besar adalah karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), sulfur (S), magnesium (Mg), natrium (Na) dan kalsium (Ca). sedangkan unsur hara yang relatif sedikit dibutuhkan adalah besi (Fe), tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (Zn), silikon (Si), molybdenum (Mo), boron (B), kobalt (Co) dan vanadium (V).

Dalam mengkultur *Chlorella* sp salah satu faktor yang penting adalah intensitas cahaya. Cahaya dibutuhkan *Chlorella* sp dalam proses fotosintesis sebagai sumber energi dikarenakan fotosintesis terdiri atas gelap dan terang dengan proses kimia dan fotokimia. Dalam fotoperiod yang terpenting bukanlah intensitas cahaya, melainkan lamanya ada cahaya (bukan hanya sinar matahari). Penambahan lama penyinaran ini bisa menggunakan lampu listrik yang cahayanya semirip mungkin dengan cahaya pada matahari. Spesifikasi lampu yang digunakan harus mendekati spesifikasi cahaya matahari seperti yang didapatkan tanaman di alam bebas (Utami *et al.*, 2012).

2.6. Fase Pertumbuhan

Pertumbuhan sel *Chlorella* sp ditandai dengan adanya perubahan warna kehijau-hijauan pada media yang menandakan bahwa sel *Chlorella* sp telah tumbuh. Hal ini sesuai menurut Regista *et al.*, (2017) bahwa selama masa inkubasi (8-10 hari) akan terjadi perubahan warna seluruh media perlakuan yang semula berwarna bening kekuningan akan berubah menjadi hijau zamrud. Perubahan warna tersebut diikuti dengan peningkatan kerapatan sel *Chlorella* sp. Peningkatan kerapatan sel *Chlorella* sp pada media perlakuan ini menandakan terjadinya pemanfaatan nutrisi yang terkandung dalam air lindi.

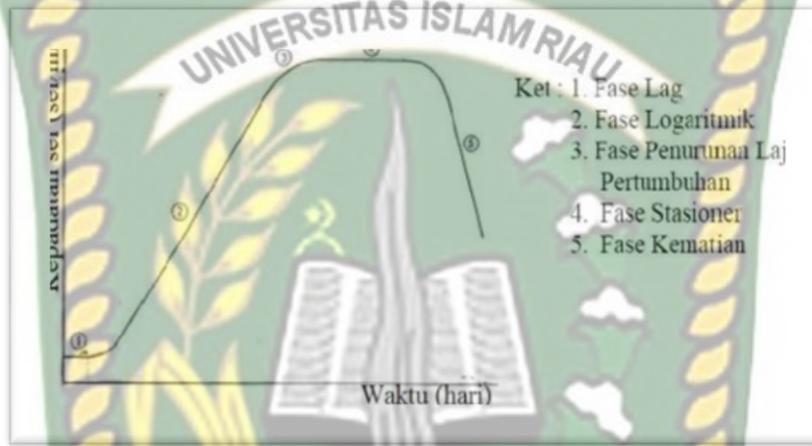
Sedangkan untuk warna kuning kecoklatan dikarenakan lindi itu sendiri yang berwarna coklat sehingga media tersebut berwarna kuning kecoklatan, tetapi *Chlorella* sp tetap tumbuh walaupun belum terjadi perubahan warna kehijau-hijauan karena dilihat dari jumlah selnya bertambah dan memiliki unsur P dan N yang mendukung untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp. Menurut Sen *et al.*, (2005) nutrisi atau unsur hara merupakan parameter yang penting untuk mendukung pertumbuhan sel *Chlorella* sp.

Menurut Nurfadillah *et al.*, (2012) bahwa laju pertumbuhan lambat disebabkan beberapa faktor, yaitu proses fotosintesis, ketersediaan unsur hara yang cukup dan kekeruhan. Karena, kekeruhan ini dapat menghalangi penetrasi cahaya yang dapat mengganggu fitoplankton dalam melakukan fotosintesis.

Pertumbuhan jasad hidup ditinjau dari dua segi yaitu pertumbuhan secara individu dan pertumbuhan secara kelompok dalam satu populasi. Pertumbuhan individu disebabkan adanya penambahan volume sel dan diartikan pula sebagai penambahan kuantitas dan kandungan di dalam selnya. Pertumbuhan populasi

merupakan akibat adanya pertumbuhan individu. Pada organisme, pertumbuhan dapat berubah langsung menjadi pertumbuhan populasi (Suriawiria, 2005).

Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) menyatakan bahwa hingga saat ini kerapatan sel *Chlorella* sp secara luas untuk mengetahui pertumbuhan fitoplankton dalam media kultur pakan alami. Ada lima fase pertumbuhan, yaitu fase lag, logaritmik, berkurangnya pertumbuhan relatif, stasioner dan kematian.



Gambar 2.3. Fase Pertumbuhan
Sumber: Kawaroe (2010)

1. Fase Lag (Adaptasi)

Pada fase ini pertumbuhan tidak nyata terlihat karena fase ini dinamakan fase adaptasi. Ukuran sel *Chlorella* sp pada fase ini umumnya meningkat. Secara biologis mikroalga *Chlorella* sp sangat aktif dan terjadi proses sintesis protein baru. Organisme mengalami metabolisme tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatan sel belum meningkat dikarenakan mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan barunya. Elystia *et al.*, (2019) menyatakan bahwa fase lag merupakan fase adaptasi mikroalga *Chlorella* sp pada medium baru. Pada fase ini mikroalga masih membutuhkan waktu untuk penyesuaian diri dikarenakan lingkungan media yang cenderung berbeda dari yang sebelumnya. Selama fase ini

sel mikroalga *Chlorella* sp lebih sensitif terhadap ketersediaan nutrisi, temperatur dan kondisi yang berbeda dengan kondisi aslinya.

Menurut Prihantini *et al.*, (2005) yang menentukan dalam fase adaptasi ini adalah sel-sel inokulasi yang cepat beradaptasi dengan media kultur sehingga sel *Chlorella* sp mampu tumbuh dan membelah dengan cepat. Boroh *et al.*, (2019) menambahkan bahwa awal laju pertumbuhan yang relatif tinggi menandakan cepatnya mikroalga *Chlorella* sp beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

2. Fase Logaritmik (Eksponensial)

Fase ini di bawah pembelahan sel dengan laju pertumbuhan tetap. Pada kondisi yang optimum laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai maksimal karena pada fase ini melakukan konsumsi nutrisi dan proses fisiologis. Menurut Elystia *et al.*, (2019) *Chlorella* sp dapat mencapai fase ini dalam waktu 3-9 hari baik pada medium yang dicampur limbah dan kontrol. Umainana *et al.*, (2019) menambahkan bahwa pertumbuhan sel *Chlorella* sp pada fase eksponensial ini ditandai adanya peningkatan jumlah sel yang dimulai dari hari pertama sampai hari puncak.

3. Fase berkurangnya pertumbuhan relatif

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

4. Fase Stasioner

Menurut Price dan Farag (2013) fase stasioner merupakan fase yang dimana jumlah sel pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp relatif konstan dan jumlah nutrisi pada medium akan berkurang. Oleh karena itu, penambahan dan pengurangan

jumlah mikroba relatif sama atau seimbang sehingga kepadatan mikroalga *Chlorella* sp tetap.

5. Fase kematian

Fase ini laju kematian lebih cepat dari laju reproduksi. Jumlah sel *Chlorella* sp menurun secara geometrik. Penurunan kelimpahan sel *Chlorella* sp dipengaruhi oleh suhu, cahaya, pH, ketersediaan, unsur hara dan beberapa kondisi lingkungan lainnya yang saling terkait satu sama lain.

Menurut Umainana *et al.*, (2019) bahwa fase kematian pada *Chlorella* sp ditandai dengan penurunan jumlah atau kepadatan sel *Chlorella* sp. Pelczar (2005) menambahkan bahwa selain kematian *Chlorella* sp dikarenakan kekurangan nutrisi, kemungkinan juga dapat disebabkan dari penumpukan sisa-sisa metabolisme beracun, hal ini juga didukung Munir *et al.*, (2017).

2.7. Lindi

Menurut Usman dan Santoso (2014) umumnya karakteristik lindi warnanya bervariasi dari coklat muda hingga hampir mendekati hitam. Selain itu, lindi pada umumnya berbau busuk, karena cairan lindi ini hasil dekomposisi dari cairan yang masuk ke landfill dari luar, seperti air permukaan, air tanah, air hujan dan sebagainya. Dengan masuknya cairan ini dapat menambah volume dari lindi dan kemudian disimpan dalam komponen sampah dan sewaktu-waktu dapat mengalir.

Saleh dan Purnomo (2014) menyatakan bahwa air lindi biasanya merembes melalui tanah secara perlahan yang memungkinkan akan dapat mencemari air tanah. Oleh karena itu air lindi ini dapat mencemari aliran air tersebut dengan kandungan zat yang berbahaya bagi lingkungan.

Menurut Damanhuri dan Tri (2010) lindi merupakan cairan rembesan air hujan melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut terutama hasil dari proses dekomposisi materi sampah. Susanto *et al.*, (2004) menambahkan bahwa dalam lindi terkandung senyawa kimia organik dan anorganik serta sejumlah patogen yang apabila meresap ke dalam tanah dapat menyebabkan pencemaran tanah.

Menurut Dimiati dan Hadi (2017) pemakaian air lindi pada dasarnya memiliki kelebihan yang lebih unggul yaitu selain kandungan unsur N, P, K, air lindi juga mengandung unsur hara lain yang melengkapi kebutuhan akan unsur. Unsur tersebut antara lain, organik Nitrogen (10-600 mg/l), Amonium Nitrogen (10-800 mg/l), Nitrat (5-40 mg/l), Fosfor Total (1-70 mg/l), Total besi (50-600 mg/l). Sehingga, air lindi memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Trio (2019) telah melakukan penelitian menggunakan lindi sebagai unsur hara untuk kelimpahan *Chlorella* sp dengan konsentrasi dosis yang digunakan 5-25%.

2.8. Peran Mikroalga dalam Mendegradasi Lindi

Biodegradasi merupakan proses oksidasi senyawa organik dan anorganik yang terdapat pada limbah oleh mikroorganismenya *Chlorella* sp baik di tanah maupun perairan ataupun pengolahan air limbah (Dwipayana *et al.*, 2009). Biodegradasi ini salah satu pengolahan limbah secara biologi yang sering dipilih karena efektif untuk pengolahan limbah organik terlarut dan membutuhkan biaya yang tidak banyak. Akan tetapi keberhasilan pengolahan secara biologi sangat tergantung kepada aktivitas dan kemampuan mikroorganismenya pendegradasi bahan organik dan karbondioksida di dalam limbah (Syamsudin dan Taufik, 2008).

Mikroalga *Chlorella* sp memiliki kemampuan menyerap logam yang terlarut dalam air yang digunakan untuk membantu metabolisme *Chlorella* sp logam tersebut diserap dan disimpan dalam pyrenoid ganggang. *Chlorella* sp dinilai efektif mereduksi emisi CO₂ karena kemampuannya menghambat CO₂ dalam proses fotosintesisnya (Chen dan Chen, 2006).

Chlorella sp menyerap CO₂ untuk proses fotosintesis, dimana CO₂ digunakan untuk reproduksi sel-selnya. Pada proses fotosintesis selain memfiksasi 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).

2.9. Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses dalam pemecahan senyawa organik menjadi senyawa sederhana. Tujuan dari fermentasi untuk menghasilkan pupuk yang mempunyai kandungan nutrisi, tekstur, biological availability yang lebih baik dengan melibatkan mikroorganisme. Selain itu, fermentasi ini juga dapat menurunkan zat anti nutrisinya (Nwachi, 2013).

Menurut Sundari *et al.*, (2012) proses fermentasi ini dapat dipercepat dengan cara penambahan bahan aktivator yang merupakan sumber mikroorganisme. Aktivitas dari mikroorganisme ini dipengaruhi oleh konsentrasi gula, karena pada gula terdapat sukrosa yang berfungsi sebagai substrat yang dapat dicerna dan dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Menurut Indramarwan (2012) proses fermentasi lindi dilakukan dengan pemberian EM4 pada proses fermentasi sebesar 20 ml dan gula merah 20 gr yang kemudian dilarutkan kedalam 1 liter air dan didiamkan selama 24 jam. Menurut Meriatna *et al.*, (2018) *Effective Microorganism* (EM4) dapat mempercepat proses fermentasi bahan organik sehingga unsur hara yang ada pada air lindi dapat mudah diserap oleh *Chlorella* sp karena, EM4 merupakan mikroorganisme yang menguntungkan.

Menurut Rahmah *et al.*, (2014) EM4 merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman yang dapat digunakan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman dan populasi mikroorganisme. Selanjutnya Sulistiono (2018) menyatakan bahwa dalam EM4 terkandung bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat yang berfungsi untuk fermentasi bahan organik menjadi asam laktat dan mempercepat perombakan.

Bakteri dan *Chlorella* sp yang mati akan didekomposisi kembali oleh *Chlorella* sp dan kemudian bakteri ini akan melakukan penguraian sejumlah sel-sel yang telah mati menjadi nutrisi yang dapat dimanfaatkan lagi oleh *Chlorella* sp (Nurlaili *et al.*, 2015).

Fermentasi adalah proses reaksi oksidasi reduksi pada limbah sehingga terjadi perombakan kimia terhadap suatu senyawa kompleks menjadi senyawa lebih sederhana oleh makhluk hidup. Selama proses fermentasi terjadi penurunan pH yang akan menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk sehingga daya simpan pakan buatan lebih lama. Selama proses fermentasi ini perombakan senyawa kompleks dapat menghasilkan senyawa volatil yang memiliki aroma yang khas (Elyana, 2011).

Menurut Kurniawan *et al.*, (2015) fermentasi terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai, proses ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan tersebut. Lama fermentasi dipengaruhi oleh faktor-faktor yang secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh dalam proses fermentasi. Pada proses fermentasi terjadi dekomposisi terhadap bentuk fisik padatan dan pembebasan sejumlah unsur penting dalam bentuk senyawa-senyawa kompleks maupun senyawa-senyawa sederhana ke dalam larutan fermentasi.

2.10. Parameter Kualitas Lindi

2.10.1. Suhu (°C)

Chlorella sp dapat tumbuh dengan baik pada suhu 20°C, namun akan tumbuh lambat pada suhu 32°C. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty dalam Mufidah *et al.*, (2017) kisaran optimum suhu agar *Chlorella* sp dapat tumbuh dengan baik, yaitu antara 25-30°C.

Suhu berpengaruh langsung terhadap mikroalga *Chlorella* sp karena suhu kimia enzimatik yang berperan dalam proses fotosintesis dikendalikan oleh suhu. Meningkatnya suhu sampai batas tertentu dapat menaikkan laju fotosintesis (Nontji, 2006). Naiknya suhu perairan akan mengakibatkan penurunan kelarutan gas O₂, CO₂, N₂, CH₄ dan sebagainya. Suhu air limbah yang relatif tinggi ditandai dengan munculnya ikan-ikan dan hewan air lainnya ke permukaan untuk mencari oksigen (Kristanto, 2002).

2.10.2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan parameter yang dapat menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga dengan adanya ketersediaan nutrisi yang

cukup akan dapat mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh sel (Becker, 2007). Pertumbuhan mikroalga tergantung pada faktor lingkungan, seperti derajat keasaman (pH), karena pH lingkungan akan mempengaruhi metabolisme sel mikroalga. Kisaran nilai pH yang sesuai untuk perkembangan *Chlorella* sp adalah 4,5-9,3 (Prihantini *et al.*, 2005).

Selanjutnya disampaikan bahwa peningkatan pH diakibatkan oleh peningkatan konsentrasi amonium di dalam media. Demikian juga untuk pH di atas 9, maka enzim yang berperan untuk membentuk amonium pada saat metabolisme sel biota terganggu sehingga makhluk hidup yang ada pada biota air akan mati. Kemudian menurut Gong *et al.*, (2014) *Chlorella* sp masih mampu untuk tumbuh dengan baik sampai dengan nilai pH 10,5.

Derajat keasaman merupakan jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman dan kebasaan. Menurut Suriawiria (2005) batas optimum nilai pH untuk pertumbuhan *Chlorella* sp merupakan gambaran dari 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.

Derajat keasaman merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis *Chlorella* sp dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH merupakan satu faktor yang dapat menentukan seberapa besar kemampuan biologis suatu mikroalga pada saat pemanfaatan unsur-unsur hara. Nilai pH yang tinggi dapat mempengaruhi proses penurunan aktivitas fotosintesis pada *Chlorella*

sp. Kisaran nilai pH yang optimum bagi pertumbuhan *Chlorella* sp berkisar pada 7,2-8,4 (Battah *et al.*, 2013).

2.10.3. Amonia (NH₃)

Menurut Pambayun *et al.*, (2014) amonia adalah sumber utama nitrogen selain nitrat yang mampu digunakan oleh mikroalga untuk proses metabolisme sedangkan penggunaan nitrit dibatasi oleh toksisitasnya. Apabila nitrat dan ammonia-N terdapat bersama, maka nitrat tidak akan diabsorpsi sampai semua ammonia-N habis terserap. Hampir semua mikroalga memiliki enzim urease sebagaimana halnya tumbuhan tingkat tinggi.

Kadar amonia tinggi dikarenakan nutrient yang digunakan untuk kultur alga. Sebagian pakan akan dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan sebagian lagi diekskresikan dalam bentuk kotoran padat dan amonia terlarut (NH₃) dalam air. Penurunan amonia berkaitan dengan kedalaman dan densitas alga. Amonia dasar perairan kemungkinan lebih banyak dibandingkan dengan perairan bagian permukaan, ini dikarenakan oksigen terlarut pada dasar perairan relatif kecil (Hastuti dan Subandiyono, 2011).

2.10.4. Nitrat (NO₃)

Nitrat (NO₃) merupakan bentuk utama dari nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003). Menurut Ali (2013) *Chlorella* sp dapat hidup dengan konsentrasi nitrat yang tinggi. Aktivitas dari enzim nitrate reductase memiliki peran untuk proses asimilasi nitrat pada sel mikroalga dipengaruhi oleh kadar nitrat pada lingkungan kultur mikroalga.

Peningkatan kadar nitrat dapat meningkatkan aktivitas enzim nitrate reductase yang akhirnya produksi dan akumulasi amonium (NH_4^+).

Menurut Metcalf dan Eddy dalam Fitria (2008) nitrogen organik berhubungan dengan suspended solid pada 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^+).

Herawati (2008) menyatakan bahwa akibat nitrogen yang berlebihan akan menghasilkan senyawa nitrat, dimana senyawa ini dalam jumlah besar di air akan menyebabkan methaemoglobinemia yakni suatu kondisi dimana haemoglobin di dalam darah kekurangan oksigen hal ini dapat mengakibatkan pengaruh fatal serta dapat menyebabkan kematian khususnya pada ikan. Subarijanti (2005) menambahkan bahwa nitrat adalah unsur hara yang diperlukan untuk proses fotosintesis.

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

2.10.5. Fosfat (PO_4)

Menurut Effendi (2003) semua bentuk limbah organik yang diuraikan oleh bakteri akan tetap mengandung nutrisi (N dan P) yang merupakan indikator

tingkat kesuburan perairan. Ketersediaan nutrien 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. Ekosistem perairan akan kurang menguntungkan jika pada permukaan perairan terdapat alga yang berlimpah, yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan yang nantinya dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari.

Fosfat merupakan unsur yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas primer ekosistem. Fosfat juga dapat mempengaruhi adanya blooming algae dan merupakan penyebab eutrofikasi. Menurut Aprilliyanti *et al.*, (2016) kandungan fosfat yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 0,27-5,51 mg/L. Avivi *et al.*, (2010) menyampaikan bahwa konsentrasi P total mengalami kenaikan atau penurunan, dapat dipengaruhi oleh aktivitas mikroba dalam larutan dan juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas dari tanaman itu sendiri.

2.10.6. BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*)

Menurut Effendi (2003) BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan gambaran dari kadar bahan organik air limbah, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroba aerob dalam mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Dalam air limbah kebutuhan oksigen dijelaskan melalui kadar BOD dan COD. Yustiani *et al.*, (2010) menambahkan bahwa gambaran dari BOD menunjukkan jumlah kadar oksigen yang digunakan dalam proses respirasi mikroba aerob dalam sampel BOD yang diinkubasi selama 5 hari dengan suhu sekitar 20°C tanpa cahaya.

Menurut Pambayun *et al.*, (2014) pengujian BOD dilakukan untuk menentukan kekuatan polusi dari limbah yang berkaitan dengan kebutuhan

mikroba terhadap oksigen. Oleh sebab itu, pengujian BOD secara tidak langsung dari bahan yang dikandung dalam limbah. Malla *et al.*, (2015) menyampaikan bahwa semakin tinggi jumlah kepadatan sel *Chlorella* sp atau densitasnya maka penurunan konsentrasi BOD semakin baik.

Menurut Santoso (2018) BOD ialah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk melakukan dekomposisi bahan organik dalam keadaan aerobik. Nilai BOD tidak memberikan jumlah organik sebenarnya, melainkan hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses dekomposisi bahan organik.

2.10.7. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan kadar pencemaran air oleh zat-zat organik melalui proses mikrobiologis yang secara alamiah dapat dioksidasi dan dapat mengakibatkan berkurangnya oksigen didalam air. Menurut Simatupang *et al.*, (2017) semakin tinggi dosis EM4 yang ditambah ke dalam limbah maka semakin rendah kadar COD, hal ini dikarenakan semakin banyak EM4 semakin tinggi aktivitas mikroorganisme yang mengurai bahan organik pada limbah. Penurunan nilai COD dapat disebabkan adanya simbiosis mutualisme antara mikroalga dengan EM4. Pada saat mikroalga berfotosintesis dan menghasilkan oksigen yang kemudian dapat digunakan mikroorganisme untuk bertahan hidup dan mendegradasi senyawa organik pada limbah dan menghasilkan karbondioksida. Karbondioksida ini lah yang digunakan mikroalga untuk melakukan fotosintesis.

Tingginya nilai COD dikarenakan adanya penurunan bahan organik maupun anorganik dari limbah industri yang dihasilkan (Supriyantini *et al.*, 2017). Menurut Mulyaningsih (2013) kandungan COD tinggi dalam air limbah dapat

mengakibatkan kekurangan oksigen pada limbah yang dapat menyebabkan biota air tidak dapat hidup pada air limbah tersebut. Nilai COD menurut Lumaela *et al.*, (2013) ialah jumlah kandungan oksigen yang diperlukan dalam mengoksidasi bahan organik yang terdapat dalam air secara kimiawi.

2.10.8. Logam Besi (Fe)

Menurut Yulita (2015) logam besi (Fe) dan mangan (Mn) merupakan unsur kimia penyusun sel *Chlorella* sp. Unsur nutrisi Fe dan Mn yang terdapat pada sel *Chlorella* sp dibutuhkan untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman, membantu pembelahan sel, pembentukan stomata, penyusunan dinding sel tanaman, aktivator enzim dan pembelahan sel. Unsur Mn merupakan penyusun ribosom yang berguna untuk mengaktifkan enzim polimerase yang berperan dalam sintesis protein dan juga merupakan aktivator enzim dalam siklus krebs dan proses fotosintesis.

Seterusnya Yulita (2015) menyatakan bahwa unsur besi (Fe) merupakan penyusun klorofil. Unsur besi (Fe) pada kloroplas sel *Chlorella* sp berguna sebagai penangkap dan penyimpan energi cahaya dan aktivator enzim dalam mekanisme energi serta dapat membantu meningkatkan kadar klorofil. Menurut Ika *et al.*, (2012) besi (Fe) merupakan logam berat esensial yang keberadaannya pada limbah dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, akan tetapi dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun.

Kadar besi (Fe) pada perairan alami berkisar antara 0,05-0,2 mg/L. Kadar besi di perairan dapat mencapai 10-100 mg/L, jika pada air tanah dalam dengan kadar oksigen yang rendah, pada air hujan mengandung besi sekitar 0,05 mg/L dan pada air laut kadar besi sekitar 0,01 mg/L (Effendi, 2003). Menurut Pratama

et al., (2012) logam besi (Fe) adalah mineral yang dibutuhkan tubuh dalam pembentukan hemoglobin dan juga terdapat pada buah, sayuran, serta suplemen makanan. Tahril *et al.*, (2011) menambahkan bahwa pada tanaman besi merupakan bagian enzim tertentu dan protein yang berfungsi sebagai pembawa elektron pada fase terang fotosintesis dan respirasi.

Dalam air besi suspensi yang terbentuk akan segera menggumpal kemudian mengendap di dasar badan air dan berwarna kecoklatan (Suciastuti dan Sutrisno, 2002). Besi (Fe) termasuk golongan logam transisi. Sifat dari logam ini, ialah kebanyakan logam ini cenderung untuk memperlihatkan beberapa keadaan oksidasi (Ika *et al.*, 2012).

2.10.9. Logam Mangan (Mn)

Menurut Yulita (2015) unsur kandungan mangan (Mn) dibutuhkan oleh *Chlorella* sp untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif, membantu pembelahan sel, aktivator enzim, pembentukan stomata dan penyusun dinding sel tanaman.

Mangan (Mn) berperan dalam proses terjadinya fotosintesis N. Sehingga jika media kultur yang digunakan mengalami proses defisiensi mangan, maka dapat berpengaruh terhadap biosintesis dan metabolisme akhir dari molekul penyusun sel (Sriharti dan Carolina dalam Hadi *et al.*, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian pengembangbiakan *Chlorella* sp ini dilakukan di Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau Pekanbaru, sedangkan untuk pengecekan kualitas airnya bertempat di Laboratorium *Central Plantation Services* Jl. HR. Soebrantas No. 134 Panam Pekanbaru, Laboratorium Kimia Laut dan Laboratorium Pengolahan Limbah Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Penelitian dimulai dari bulan April sampai dengan Agustus 2021.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

1. Lindi

Lindi yang digunakan dalam penelitian ini adalah lindi yang diperoleh dari Tempat Pengelolaan Akhir (TPA) Sampah daerah Muara Fajar Rumbai yang dikelola oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru.

2. Mikroalga *Chlorella* sp

Mikroalga *Chlorella* sp berasal dari hasil kultur di Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Adapun bibit mikroalga *Chlorella* sp yang diperlukan sebanyak 30 ml/L air dengan jumlah kepadatan *Chlorella* sp sebanyak 306.000 sel/mL.

3. *Effective Microorganisms 4* (EM4)

EM4 yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebanyak 15 ml/L dengan merek *Effective Microorganisms 4* (EM4) untuk Tanaman yang diproduksi oleh PT. Songgolangit Persada Jakarta, dengan isi 1 liter.

4. Gula Merah

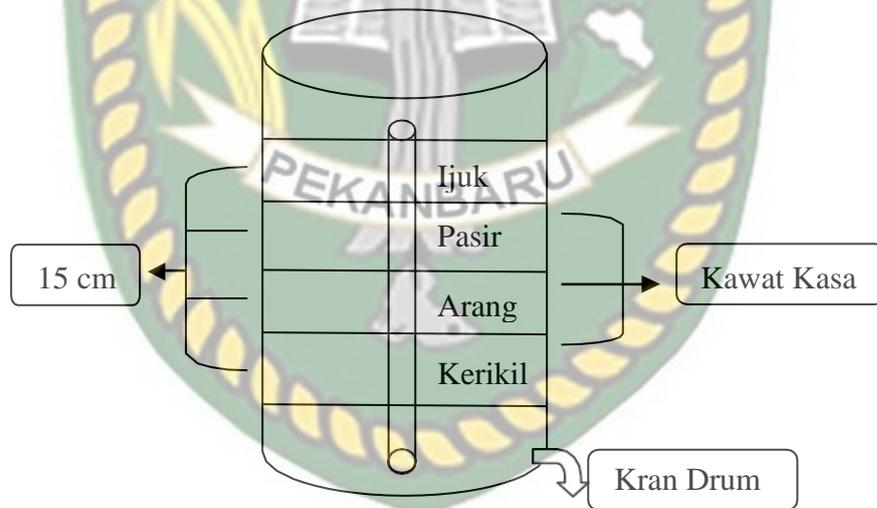
Gula merah yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebanyak 20 gr/L yang kemudian dilarutkan kedalam 1 liter air.

5. Air

Media yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu air yang berasal dari sumur bor Balai Benih Ikan (BBI) Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Air yang digunakan disaring terlebih dahulu sebelum dimasukkan kedalam 15 galon.

6. Bahan Penyaringan

Bahan penyaringan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan konsep saringan (*Dahril Filter*). Saringan Dahril seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Model Saringan

Saringan Dahril terbuat dari drum plastik yang didalamnya terdapat beberapa bahan penyaring yang berupa ijuk, pasir, arang dan kerikil. Susunan bahan penyaringan berupa ijuk, pasir, arang dan kerikil dengan ketebalan masing-masing lapisan sekitar 15 cm. Untuk bagian bawah drum diberi ruang kosong dan dipasang kran air untuk saluran keluar limbah lindi yang sudah tersaring. Untuk

setiap lapisan bahan penyaringan diberi kawat kasa yang tujuannya untuk mencegah agar bahan penyaring tidak bercampur. Tujuan dari penyaringan ini adalah untuk menghilangkan zat-zat padat tersuspensi atau proses pemisahan antara padatan/koloid dengan cairan dan menghilangkan bau pada limbah lindi.

3.2.2. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Alat-alat Penelitian yang Dipergunakan Selama Penelitian.

No	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
1	Galon 20 L	15 buah	Wadah penelitian
2	Selang aerasi	30 buah	Penghubung antara blower dan aerasi
3	Batu aerasi	30 buah	Pengaturan kekuatan gelembung air
4	Camera	1 buah	Untuk dokumentasi penelitian
5	Lampu neon TL 40	2 buah	Pencahayaan media kultur
6	Blower	1 unit	Sumber oksigen
7	Thermometer	1 buah	Mengukur suhu air
8	Haemocytometer	2 buah	Alat menghitung kepadatan <i>Chlorella sp</i>
9	Micro pipet	2 buah	Mengambil sampel air
10	Breaker glass	1 buah	Wadah air sampel
11	Cawan petri dish	2 buah	Wadah air sampel
12	pH tester	1 unit	Mengukur keasaman air
13	Gelas ukur	2 buah	Mengukur takaran air
14	Mikroskop elektrik	1 buah	Mengamati plankton
15	Komputer	1 unit	Menghitung <i>Chlorella sp</i>
16	Centrifuge	1 unit	Memisahkan cairan yang diinginkan
17	Oven	1 unit	Mengeringkan media (Biomass)
18	Alat tulis	1 buah	Mencatat hasil
19	Botol sampel	15 buah	Untuk pengambilan sampel
20	Ammonia MR	1 unit	Untuk mengukur ammonia
21	DO meter	1 unit	Untuk mengukur kadar oksigen terlarut

3.3. Prosedur Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa tahap yang dilakukan, yaitu: persiapan pupuk lindi, persiapan media, pembuatan fermentasi, pengkulturan, pengamatan, penghitungan dan pengumpulan data.

3.3.1. Persiapan Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan, alat, bahan dan media harus dipersiapkan terlebih dahulu untuk memudahkan kegiatan penelitian dengan optimal. Persiapan penelitian *Chlorella* sp ini terdiri dari penyiapan media penyaringan, pembuatan fermentasi, sterilisasi alat dan media budidaya, penyiapan pupuk lindi, penyiapan bibit *Chlorella* sp serta penyusunan peralatan budidaya. Berikut dijelaskan tahapan-tahapan persiapan penelitian.

1. Proses Penyaringan Lindi

Penyaringan lindi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan konsep (*Dahril Filter*), yaitu saringan yang terbuat dari drum plastik yang berisi ijuk, pasir, arang dan kerikil. Fungsi dari penyaringan ini adalah untuk memisahkan padatan tersuspensi dan bau yang terdapat pada lindi.

2. Proses Fermentasi Lindi

Pembuatan fermentasi dilakukan setelah proses penyaringan lindi. Kemudian fermentasi lindi dilakukan dengan cara melarutkan gula merah (20 gr) dan EM4 (15 ml) kedalam 1 liter air kemudian tunggu hingga 24 jam. Proses fermentasi lindi ini dilakukan berdasarkan penelitian Indramarwan (2012), yaitu dengan pemberian EM4 pada proses fermentasi sebesar 20 ml dan gula merah 20 gr yang dilarutkan ke dalam 1 liter air.

3. Sterilisasi Alat dan Media Kultur *Chlorella* sp

Sterilisasi alat dalam penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan keberadaan mikroorganisme atau zat yang dapat mengganggu proses penelitian terkhususnya pada perkembangan sel *Chlorella* sp. Alat yang akan digunakan selama penelitian terlebih dahulu disterilkan dengan cara dicuci dengan

menggunakan sabun dan kemudian bilas dengan air bersih, setelah itu dibilas kembali dengan air dingin hasil rebusan dan disemprotkan dengan alkohol 96% untuk membunuh bakteri, kemudian dicuci dengan aquades hingga bau yang melekat pada alat hilang. Selanjutnya pengeringan peralatan dengan cara peniriskannya di atas rak yang telah disemprot alkohol sebelumnya. Wadah media kultur setelah kering ditutup rapat dengan aluminium foil.

4. Penyiapan Lindi

Lindi yang digunakan diambil langsung dari Tempat Pengelolaan Akhir (TPA) sampah di Muara Fajar Rumbai yang dikelola Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru. Sebelum digunakan lindi dibiarkan terlebih dahulu selama lima hari sebelum dilakukan penyaringan. Tujuannya 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 lindi dimasukkan kedalam media penyaringan.

5. Penyiapan Bibit *Chlorella* sp

Inokulan *Chlorella* sp yang digunakan dalam penelitian berasal dari Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan Fakultas Pertanian Program Studi Budidaya Perairan Universitas Islam Riau. Bibit *Chlorella* sp diuji coba dengan media kultur lindi yang difermentasi dengan dosis berbeda untuk melihat apakah *Chlorella* sp yang akan digunakan mampu bertahan hidup bila pada media tumbuhnya berasal dari lindi yang difermentasi. Bibit *Chlorella* sp dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Bibit *Chlorella* sp
Sumber: Data Primer (2021)

6. Penyusunan Peralatan Penelitian

Susunan peralatan penelitian ini merupakan susunan peralatan ruangan tertutup. Ruang tersebut dikondisikan agar pertukaran udara dan cahaya dari luar kedalam ruangan kultur tersebut terjamin minimal. Rangkaian susunan peralatan kultur tersebut menggunakan meja yang terbuat dari kayu dengan ukuran 3×1 (m) sebagai tempat diletakkannya galon kultur kapasitas 20 liter sebanyak 15 buah, yang kemudian masing-masing galon dipasang 2 pasang aerasi dan lampu neon TL 40 watt sebanyak 2 buah sebagai sumber cahaya di ruangan kultur. Untuk lebih jelasnya susunan peralatan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Susunan Peralatan Penelitian
Sumber: Data Primer (2021)

3.3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah perhitungan penambahan kepadatan sel *Chlorella* sp dan pengukuran kualitas media budidaya yang meliputi, suhu, keasaman air, oksigen terlarut, nitrat, fosfat dan logam berat.

3.4. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL).

3.4.1. Rancangan Percobaan

Penggunaan dosis pada penelitian ini merujuk kepada penelitian Trio (2019) yaitu menggunakan lindi sebagai unsur hara untuk kelimpahan *Chlorella* sp dengan konsentrasi dosis yang digunakan 5-25%. Untuk dosis lindi yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

P1 = Pemberian Lindi dengan Dosis 5%

P2 = Pemberian Lindi dengan Dosis 10%

P3 = Pemberian Lindi dengan Dosis 15%

P4 = Pemberian Lindi dengan Dosis 20%

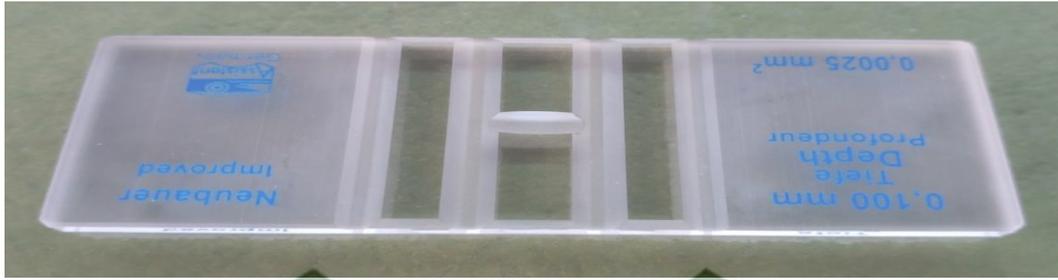
P5 = Pemberian Lindi dengan Dosis 25%

Perhitungan perkembangan *Chlorella* sp pada tiap perlakuan dilakukan setiap hari selama 20 hari kultur. Pengkulturan *Chlorella* sp ini dilakukan dengan menetapkan 5 perlakuan dan 3 ulangan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Volume total kultur *Chlorella* sp pada masing-masing galon kultur adalah 16 liter.

Fokus pengamatan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kelimpahan dan biomassa *Chlorella* sp, serta pengamatan parameter suhu, pH, amonia, penurunan kandungan N, P, BOD, COD, besi (Fe) dan mangan (Mn) selama proses pengkulturan. Pengukuran N dan P dilakukan setiap 5 hari sekali selama 20 hari dan sampel diambil sebanyak 60 ml/sampel setiap perlakuan, yang kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Laut FAPERIKA UNRI. Pengukuran nilai COD dilakukan sebanyak 3 kali dalam 20 hari dan sampel diambil sebanyak 150 ml setiap perlakuan, yang kemudian dianalisis di Laboratorium Pengolahan Limbah FAPERIKA UNRI. Pengukuran nilai BOD dilakukan sebanyak 3 kali dalam 20 hari dan sampel diambil sebanyak 300 ml setiap perlakuan, yang kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Laut FAPERIKA UNRI. Pengukuran kandungan logam besi (Fe) dan mangan (Mn) dilakukan 3 kali dalam 20 hari dan sampel diambil sebanyak 300 ml setiap perlakuan, yang kemudian dianalisis di Laboratorium *Central Plantation Services*. Pengukuran ammonia dilakukan 5 hari sekali dalam 20 hari dan sampel diambil sebanyak 10 ml setiap perlakuan, yang dianalisis di Laboratorium Nutrisi dan Pakan Ikan FAPERTA UIR. Pengukuran suhu dan pH dilakukan setiap 2 hari sekali.

3.4.2. Perhitungan Kelimpahan Sel *Chlorella* sp

Untuk menghitung kelimpahan sel *Chlorella* sp pada setiap tahap penelitian dilakukan dengan menggunakan alat *Haemocytometer Neubauer Improved* (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Pola pengamatan kelimpahan *Chlorella* sp dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Haemocytometer Neubauer Improved

Penghitungan kelimpahan *Chlorella* sp pada penelitian ini dilakukan 3 kali pengulangan pada setiap sampel, yang kemudian dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Kepadatan Rendah

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

Keterangan:

- A = Jumlah sel dalam *chamber*
- 5 = Jumlah pengambilan data
- 25 = Jumlah *chamber* besar
- 10.000 = Volume kepadatan *chamber*

2. Kepadatan Tinggi

$$\text{Jumlah Sel} = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) / 80 \times 400 \times 10.000$$

Keterangan:

- A = Jumlah sel dalam *chamber*
- 80 = 16 *chamber* kecil \times 5 data
- 400 = 16 *chamber* kecil \times 25 *chamber* besar
- 10.000 = Volume kepadatan *chamber*

3.4.3. Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik mikroalga *Chlorella* sp (k) pada penelitian ini dihitung menggunakan rumus Hirata *et al.*, dalam Kawaroe *et al.*, (2015) sebagai berikut:

$$k = \frac{\log \frac{N_t}{N_0} \times 3,22}{T_t - T_0}$$

Keterangan:

- NB_{tB} = Kepadatan mikroalga pada waktu t
- NB_{oB} = Kepadatan mikroalga pada waktu o
- 3,22 = Konstanta
- T_o = Waktu awal
- T_t = Waktu pengamatan

3.4.4. Perhitungan Biomassa *Chlorella* sp

Untuk menghitung biomassa *Chlorella* sp, langkah awal mengambil air media kultur dan *Chlorella* sp sebanyak 200 ml, kemudian dimasukkan ke dalam Centrifuge dengan kekuatan putaran 2.000 selama 30 menit hingga *Chlorella* sp disentrifuge, maka pada bagian dasar labu akan terdapat bagian yang mengendap. Kemudian bagian yang mengendap berupa *Chlorella* sp dimasukkan dalam oven untuk dipanaskan.

Kegiatan selanjutnya *Chlorella* sp yang telah dipanaskan, dilanjutkan dengan penimbangan berat biomassa dari *Chlorella* sp. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik. Untuk tahap perhitungan jumlah biomasanya (produksi berat basah dan berat kering) *Chlorella* sp yang dipelihara dalam media kultur. Untuk perhitungan biomassa *Chlorella* sp yang dilakukan 1 kali setiap tahapan penelitian. Rumus yang digunakan untuk menghitung biomassa *Chlorella* sp (Panggabean *et al.*, 2010) sebagai berikut:

$$G = Bx - Bo$$

Keterangan:

G = Produktivitas biomassa (gr/L)

Bx = Berat akhir (gr/L)

Bo = Berat awal (gr/L)

3.4.5. Hipotesa dan Asumsi

Dalam penelitian ini hipotesa yang diajukan adalah:

- H0 : Tidak ada pengaruh pemberian lindi yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.
- H1 : Ada pengaruh pemberian lindi yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.

Hipotesa di atas diajukan dengan asumsi yaitu:

1. Kemampuan *Chlorella* sp mendapatkan makanan dianggap sama.
2. Kemampuan *Chlorella* sp berkembangbiak dianggap sama.
3. Sumber *Chlorella* sp dianggap sama.
4. Pupuk *Chlorella* sp dari sumber yang sama.
5. Ketelitian pengecekan *Chlorella* sp dianggap sama.

3.5. Analisis Lindi

Parameter yang dianalisis serta metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Parameter yang Dianalisis

No	Parameter	Alat Ukur	Metode	Frekuensi
1	Suhu (°C)	Termometer	SNI 06-6989.23-2005	Setiap 2 hari
2	pH	pH Meter	SNI 06-6989.11-2004	Setiap 5 hari
3	NH ₃ (mg/L)	Ammonia MR	Nessler	
4	Nitrat (mg/L)	Spektrofotometer	Reduksi kolom (cd-cu)	
5	Fosfat (mg/L)	Spektrofotometer	Stannous chloride	Awal, Tengan dan Akhir Penelitian
6	BOD (mg/L)	Titration	Iodometri	
7	COD (mg/L)	Titration	Brucine sulfate	
8	Fe (mg/L)	Spektrofotometer	AAS	
9	Mn (mg/L)	Spektrofotometer	AAS	

3.5.1. Suhu (°C)

Pengukuran suhu merujuk pada SNI 06-6989.23-2005, yaitu 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.

3.5.2. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH pada penelitian ini merujuk pada SNI 06-6989.11-2004. Dengan cara memasukkan elektroda ke dalam media kultur sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap, setelah itu catat hasil pengukuran.

3.5.3. Amonia (NH₃)

Prosedur pengukuran amonia pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nyalakan meteran dengan menekan tombol. semua segmen akan ditampilkan. ketika layar menunjukkan "tambah", "C.1" dengan "tekan" berkedip, meteran sudah siap.
2. Isi kuvet dengan 10 ml sampel yang tidak bereaksi dan buka tutupnya. tempatkan kuvet ke dalam meteran dan tutup penutup meteran.
3. Tekan tombolnya. ketika layar menunjukkan "tambah", "C.2" dengan "tekan" berkedip meteran dinolkan.
4. Lepaskan kuvet dari meteran dan buka tutupnya. tambahkan 4 tetes reagen HI715A-0 A. pasang kembali tutupnya dan aduk.
5. Buka tutupnya dan tambahkan 4 tetes reagen HI715B-0 B. pasang kembali tutupnya dan putar larutan. masukkan kembali kuvet ke dalam meteran.
6. Tekan dan tahan tombol sampai timer ditampilkan pada LCD (layar akan menampilkan hitungan mundur sebelum pengukuran) atau, sebagai alternatif, tunggu selama 3 menit 30 detik dan tekan tombol.
7. Instrumen menampilkan hasil dalam mg/L (ppm) amonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$). untuk mengubah pembacaan menjadi ppm amonia (NH_3), kalikan pembacaan dengan faktor 1,214. meteran mati secara otomatis setelah 10 menit.

3.5.4. Nitrat (NO_3)

Analisis nitrat dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Prosedur pengukuran nitrat dilakukan dengan mengambil 10 ml sampel yang sudah disaring, kemudian tambahkan 4 tetes larutan EDTA 0.01M, alirkan larutan melalui kolam reduktor Cd-Cu, tambahkan 10 tetes larutan sulfanilamide dan biarkan 1-2 menit, selanjutnya

tambahkan 10 tetes larutan N-Naptyl, lalu kocok dan biarkan 5-8 menit, ukur absorbansi dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 543 nm.

Tabel 3.3. Konsentrasi Nitrat mg/L

Larutan Standar (mg/L)	Absorban
0	0
0.1	0.058
0.5	0.245
1	0.485

- a. Untuk Konversi Absorban ke Konsentrasi (mg/L)
- Lihat rumus persamaan regresi di kurva kalibrasi ($y = 0.480x + 0.004$)
 - Dimana y = absorbansi yang terbaca oleh alat
 - x = konsentrasi (mg/L) yang dicari

b. Contoh Perhitungan

- Diketahui absorbansi sampel $A = 0.110 (= y)$
- Jadi untuk nilai x (konsentrasi (mg/L))

$$Y = 0.480x + 0.004$$

$$0.110 = 0.480x + 0.004$$

$$X = (0.110 - 0.004) / 0.480$$

$$X = 0.2208 \text{ mg/L}$$

3.5.5. Fosfat (PO_4)

Analisis fosfat dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Prosedur pengukuran nitrat dilakukan dengan mengambil 12,5 ml sampel yang sudah disaring, kemudian tambahkan 10 tetes larutan ammonium molibdat, tambahkan 5 tetes larutan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, lalu kocok hingga homogen dan tunggu sekitar lebih kurang 2 menit, selanjutnya ukur absorbansi dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm.

Tabel 3.4. Konsentrasi Fosfat mg/L

Larutan Standar (mg/L)	Absorban
0	0
0.025	0.018
0.1	0.056
0.75	0.34
1	0.46

3.5.6. BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*)

Analisis BOD dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Prosedur pengujian BOD mengacu pada SNI 6989.14:2004 yaitu dengan cara mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) pada sampel setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang sudah diinkubasi selama 7 hari pada kondisi yang gelap dan suhu tetap yang disebut DO₇. Selisih dari DO_i dan DO₇ merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam milligram oksigen per liter (mg/L).

3.5.7. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Analisis COD dilakukan di Laboratorium Pengolahan Limbah Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Prosedur pengujian COD mengacu pada SNI 6989.2:2004 dimana pada prinsipnya pengukuran COD ini dengan cara penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat (K₂Cr₂O₇) sebagai oksidator dari sampel yang sudah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, yang kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Kalium bikromat yang sudah terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung. Nilai COD dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{COD} = \frac{a - b \times N \times 800}{\text{ml sampel}} \text{ mg/L}$$

Keterangan:

a : blanko

b : ml FAS/ jumlah larutan FAS 0,1 N yang terpakai (mL)

N : normalitas larutan FAS (0,1 N)

3.5.8. Logam Besi (Fe)

Analisis besi (Fe) dilakukan di Laboratorium *Central Plantation Services*. Prosedur pengukuran besi (Fe) mengacu pada Lubis (2018) yaitu dengan cara disiapkan larutan seri standar Fe dengan konsentrasi 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 ppm, kemudian diukur absorbansi larutan standar dan larutan pada panjang gelombang 248,3nm, selanjutnya dibuat kurva kalibrasi dan hitung konsentrasi pada larutan sampel.

Larutan Seri Standar Fe 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 mg/L

- Dipipet 2,5; 5,0; 10; 20 mL larutan induk Fe 10 mg/L
- Dimasukkan kedalam labu takar 50 mL
- Ditambahkan akuades sampai garis batas
- Dihomogenkan

3.5.9. Logam Mangan (Mn)

analisa mangan (Mn) mengacu pada Lubis (2018) yaitu dengan cara disiapkan larutan seri standar Mn dengan konsentrasi 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 ppm, kemudian ukur absorbansi larutan standar dan larutan pada panjang gelombang 213 nm selanjutnya buat kurva kalibrasi dan hitung konsentrasi pada larutan sampel.

Larutan Seri Standar Mn 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 mg/L

- Dipipet 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 mL larutan induk Fe 10 mg/L.
- Dimasukkan kedalam labu takar 50 mL
- Ditambahkan akuades sampai garis batas
- Dihomogenkan

3.6. Analisis Data

Penelitian ini mengamati hari puncak dan pertambahan populasi *Chlorella* sp. Kemudian dilakukan juga pengamatan kualitas air yang diperkirakan berpengaruh terhadap kelimpahan *Chlorella* sp, antara lain suhu, keasaman air, kandungan oksigen terlarut, N, P, K, kandungan logam besi (Fe) dan mangan (Mn). Data disajikan dalam bentuk tabel dan histogram untuk memudahkan pengolahan, analisa serta pembahasan dalam menarik kesimpulan. Data diolah secara statistik menggunakan metode analisis variansi (ANAVA) dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada taraf signifikan 5% untuk mengetahui beda tidak nyata. Apabila F hitung lebih besar dari F tabel maka dilanjutkan dengan uji Least Significance Different (LSD). Dalam menganalisis perlakuan limbah lindi yang difermentasi terhadap kelimpahan *Chlorella* sp maka dilakukan pengujian hipotesis dengan dasar penentuan keputusan sebagai berikut:

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

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perkembangan Sel *Chlorella* sp

Penelitian pengembangbiakan *Chlorella* sp ini dilakukan di ruangan tertutup. Air lindi mengandung bahan organik yang tinggi dan secara menyeluruh belum dapat dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp, karena belum terurai secara sempurna. Oleh sebab itu, air lindi yang berasal dari Tempat Pengelolaan Akhir (TPA) ini difermentasi dengan EM4. Perkembangan sel *Chlorella* sp berdasarkan perlakuan dosis lindi dengan pemberian fermentasi EM4 yang dilakukan selama 20 hari dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rata-rata Perkembangan Sel *Chlorella* sp

Hari ke	Perkembangan <i>Chlorella</i> sp (sel/mL)				
	P1 (5%)	P2 (10%)	P3 (15%)	P4 (20%)	P5 (25%)
0	306.000	306.000	306.000	306.000	306.000
2	1.122.222	1.122.222	1.102.778	1.341.667	1.358.333
4	1.727.778	1.783.333	1.822.222	1.819.444	2.130.556
6	*2.563.889	2.500.000	2.641.667	2.461.111	3.075.000
8	2.444.444	*2.725.000	3.425.000	3.050.000	3.961.111
10	2.161.111	2.566.667	*4.288.889	3.677.778	5.038.889
12	1.911.111	2.230.556	3.700.000	4.475.000	5.972.222
14	1.466.667	1.850.000	3.097.222	5.255.556	6.811.111
16	1.211.111	1.083.333	2.611.111	*5.412.500	*7.311.111
18	1.366.667	941.667	1.477.778	4.961.111	6.861.111
20	1.558.333	1.175.000	1.627.778	4.277.778	5.613.889

Keterangan: *) Puncak Populasi *Chlorella* sp

Dari Tabel 4.1. dilihat bahwa puncak populasi *Chlorella* sp berbeda. Pemberian lindi dengan dosis 5% merupakan kelimpahan sel *Chlorella* sp terendah, yaitu sebanyak 2.563.889 sel/mL, dengan puncak tercepat pada hari ke-6, dan kelimpahan sel tertinggi pemberian dosis 25% dengan jumlah sel *Chlorella* sp sebanyak 7.311.111 sel/mL, dengan puncak populasi pada hari ke-16. Ini terjadi karena dengan dosis tertinggi 25% maksimal untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Lamanya hari puncak pada dosis 25% ini diduga karena dosis lindi yang tinggi

maka proses penguraian bahan organik pada lindi akan menjadi lambat dan unsur hara tidak bisa langsung dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp, akan tetapi apabila bahan organik pada lindi terurai, maka *Chlorella* sp akan mengalami puncak. Hal ini sesuai menurut Meriatna *et al.*, (2018) bahwa *Effective Microorganism* (EM4) dapat mempercepat proses fermentasi bahan organik sehingga unsur hara yang ada pada air lindi dapat mudah diserap oleh *Chlorella* sp karena, EM4 merupakan mikroorganisme yang menguntungkan.

Perbedaan dosis lindi ini memberikan pengaruh terhadap kelimpahan sel *Chlorella* sp. Semakin tinggi dosis lindi yang digunakan, maka proses dekomposisi yang dilakukan oleh bakteri akan semakin tinggi pula, sehingga *Chlorella* sp akan mudah menyerapnya untuk pertumbuhan. Menurut Sulistiono (2018) dalam EM4 terkandung bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat yang berfungsi untuk fermentasi bahan organik menjadi asam laktat dan mempercepat perombakan.

Tingginya puncak pada perlakuan P5 (25%) diduga karena jumlah unsur hara dan unsur N dan P pada perlakuan ini optimal untuk perkembangan sel *Chlorella* sp. Hal ini dikarenakan nitrat tersebut dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk sintesa protein dan pembentukan klorofil sedangkan fosfor dimanfaatkan *Chlorella* sp untuk pembelahan sel dan pengembangan jaringan selnya, sehingga unsur hara yang tersedia tersebut dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhan sel, sehingga kepadatan selnya lebih banyak dan cepat meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Komarawidjaja (2010) secara umum telah diketahui bahwa pertumbuhan sel *Chlorella* sp di perairan sangat dipengaruhi nitrogen dan fosfor.

Sedangkan pada perlakuan P1 (5%) dan P2 (10%) merupakan kelimpahan terendah dengan puncak tercepat pada hari ke-6. Hal ini diduga karena dosis lindi yang rendah bahan organik pada lindi mudah larut dan dapat diurai oleh bakteri dengan cepat sehingga *Chlorella* sp dapat memanfaatkannya untuk pertumbuhan. Utami (2014) menyatakan bahwa dosis lindi yang rendah, maka jumlah nutrisi yang dikandungnya juga rendah sehingga *Chlorella* sp kekurangan nutrisi untuk berfotosintesis dan melakukan proses pertumbuhan. Sedangkan pada konsentrasi yang terlalu tinggi, efektivitas pemanfaatan nutrisi semakin rendah serta adanya perbedaan biovolume pada masing-masing fitoplankton.

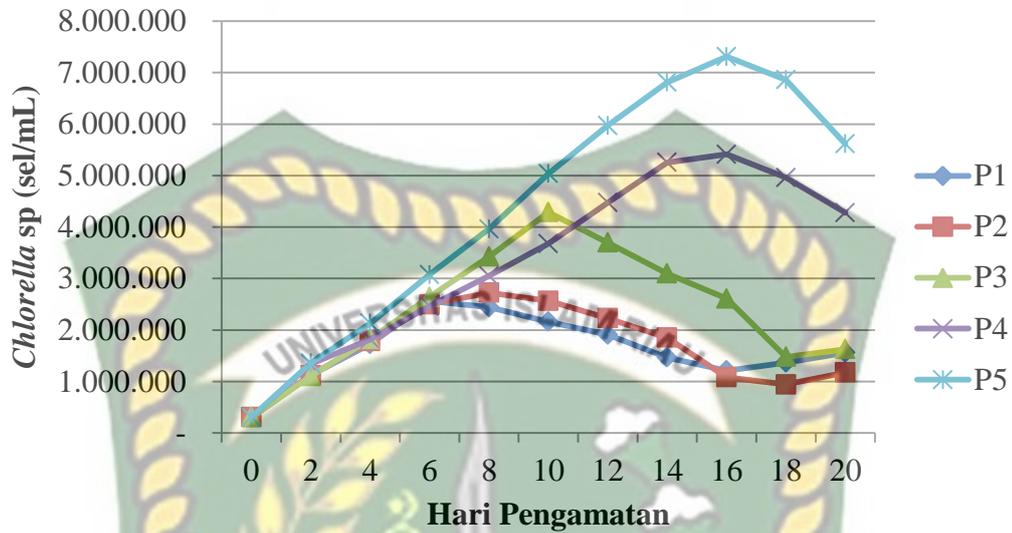
Menurut Umainana *et al.*, (2019) kandungan N, P, F dan Mg berpengaruh dalam pembentukan klorofil dan metabolisme (fotosintesis) hal ini digunakan plankton untuk pertumbuhan sehingga dosis lindi yang difermentasi tiap perlakuan juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan sel *Chlorella* sp.

Pada perlakuan P1 puncak populasi terdapat pada hari ke-6, perlakuan P2 pada hari ke-8, perlakuan P3 pada hari ke-10 dan kemudian disusul perlakuan P4 dan P5 pada hari ke-16. Perbedaan puncak populasi diduga diakibatkan karena perbedaan dosis lindi yang difermentasi EM4 yang diberikan tiap perlakuan tidak sama, yaitu pada perlakuan P1 (5%), P2 (10%), P3 (15%), P4 (20%) dan P5 (25%). Hal ini menandakan bahwa dengan penggunaan lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4, maka periode puncak perkembangan sel *Chlorella* sp akan berbeda pula, karena perbedaan dosis lindi dan nutrisi pada bahan yang diberikan juga mengandung bahan yang berbeda yang diberikan sebagai unsur hara *Chlorella* sp.

Selain unsur hara, cahaya pada media kultur juga mempengaruhi pertumbuhan sel *Chlorella* sp. Hal ini diduga proses fotosintesis *Chlorella* sp terganggu dan pertumbuhan *Chlorella* sp akan terhambat, sesuai dengan pendapat Sudhakar *et al.*, (2011) bahwa cahaya dibutuhkan oleh *Chlorella* sp dalam proses fotosintesis dan memiliki batas atau kisaran tertentu. Umumnya intensitas cahaya yang besar lebih efektif untuk melakukan proses fotosintesis, akan tetapi tingkat cahaya yang sangat tinggi dapat mengurangi laju proses fotosintesis tersebut. Biolita dan Harmadi (2017) menambahkan apabila cahaya yang diserap oleh *Chlorella* sp berkurang menyebabkan fotosintesis berjalan lambat, sehingga mengakibatkan pertumbuhan sel menurun.

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan setiap perlakuan penambahan dosis lindi yang difermentasi EM4 memberikan pengaruh terhadap perkembangan sel *Chlorella* sp, yaitu puncak tertinggi pada perlakuan P5 (25%) sebanyak 7.311.111 sel/mL pada hari ke-16. Sementara hasil penelitian Arfi (2021) dengan penggunaan pupuk lindi yang sama menyatakan hari puncak populasi tertinggi pada perlakuan P2 (10%) sebanyak 5.117.000 sel/mL pada hari ke-12. Penelitian Meritasari *et al.*, (2012) menggunakan limbah cair ikan lemuru dengan puncak populasi tertinggi sebanyak 3.500.000 sel/mL pada hari ke-7. Sedangkan penelitian Sidabutar (2016) menggunakan limbah cair tahu dengan puncak populasi tertinggi sebanyak 11.000.000 sel/mL pada hari ke-13. Dalam hal ini dapat dijelaskan bahwa dengan penggunaan pupuk organik cair yang berbeda, maka periode puncak *Chlorella* sp akan berbeda pula, ini diduga karena perbedaan pupuk, dosis pupuk dan jumlah unsur hara yang terdapat pada media kultur *Chlorella* sp.

Grafik kelimpahan sel *Chlorella* sp pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Kelimpahan Sel *Chlorella* sp

Dari Gambar 4.1. menunjukkan kelimpahan sel *Chlorella* sp optimal terdapat pada perlakuan P5 (25%), yaitu mencapai 7.311.111 sel/mL, sedangkan untuk jumlah sel yang paling rendah terdapat pada perlakuan P1 (5%) dengan kelimpahan sel hanya mencapai 2.563.889 sel/mL.

Fase adaptasi masing-masing perlakuan setelah pemasukan inokulan pada media tidak terlihat jelas pada Gambar 4.1. Hal ini diduga fase adaptasi *Chlorella* sp terhadap lingkungan yang baru sangat singkat, yaitu selama 24 jam. Prihantini *et al.*, (2005) menyatakan bahwa yang menentukan dalam fase adaptasi ini adalah sel-sel inokulasi yang cepat beradaptasi dengan media kultur sehingga sel *Chlorella* sp mampu tumbuh dan membelah dengan cepat. Boroh *et al.*, (2019) menambahkan bahwa awal laju pertumbuhan yang relatif tinggi menandakan cepatnya mikroalga *Chlorella* sp beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Hal

ini menyatakan bahwa *Chlorella* sp mengalami daya adaptasi yang singkat dan dapat tumbuh dengan cepat.

Setelah fase adaptasi, diperkirakan pada hari ke-1 sampai dengan ke-16 memasuki fase eksponensial (periode puncak). Peningkatan pertumbuhan sel *Chlorella* sp dikarenakan adanya interaksi positif antara *Chlorella* sp dengan limbah lindi yang difermentasi sebagai unsur hara dapat dimanfaatkan dengan baik oleh *Chlorella* sp sehingga kelimpahan sel *Chlorella* sp mengalami puncak dengan jumlah sel yang tinggi. Menurut Umainana *et al.*, (2019) pertumbuhan sel *Chlorella* sp pada fase eksponensial ini ditandai adanya peningkatan jumlah sel yang dimulai dari hari pertama sampai hari puncak.

Pada dosis 5% dan 10% pada hari ke-6 dan ke-8 kelimpahannya mulai menurun. Hal ini diduga karena dengan dosis lindi yang rendah kebutuhan unsur hara dalam media kultur tidak terpenuhi lagi untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Sehingga kelimpahan *Chlorella* sp mengalami penurunan dan memasuki fase kematian.

Selanjutnya dosis 20% dan 25% pada hari ke-16 sampai hari ke-20 merupakan fase stasioner. Hal ini dikarenakan pertumbuhan sel *Chlorella* sp mengalami penurunan dan jumlah sel mulai mati. Penurunan jumlah populasi ini dikarenakan terbatasnya unsur hara pada media penelitian, maka terjadi fase penurunan jumlah sel yang berkembang lebih banyak dengan kematian kelimpahan atau fase kematian hingga hari ke-20. Hal ini sesuai menurut Umainana *et al.*, (2019) bahwa fase kematian pada *Chlorella* sp ditandai dengan penurunan jumlah atau kepadatan sel *Chlorella* sp. Pelczar (2005) menambahkan bahwa selain kematian *Chlorella* sp dikarenakan kekurangan nutrisi,

kemungkinan juga dapat disebabkan dari penumpukan sisa-sisa metabolisme beracun, hal ini juga didukung Munir *et al.*, (2017).

Pada dosis 5%, 10% dan 15% di hari ke-18 dan ke-20, kelimpahan sel *Chlorella* sp mulai naik kembali, hal ini diduga *Chlorella* sp dan bakteri yang sudah mati mengalami proses penguraian dan kemudian dimanfaatkan lagi oleh *Chlorella* sp sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Hal ini sesuai menurut Nurlaili *et al.*, (2015) bahwa bakteri dan *Chlorella* sp yang mati akan didekomposisi kembali oleh *Chlorella* sp dan kemudian bakteri ini akan melakukan penguraian sejumlah sel-sel yang telah mati menjadi nutrisi yang dapat dimanfaatkan lagi oleh *Chlorella* sp.

Perbedaan laju pertumbuhan *Chlorella* sp masing-masing perlakuan diduga dari pemberian jumlah dosis lindi yang berbeda. Selain ketersediaan nutrisi yang cukup, faktor lingkungan juga diduga mempengaruhi pertumbuhan sel *Chlorella* sp berupa suhu, pH dan ketersediaan oksigen, dimana suhu pada perlakuan P5 (25%) selama penelitian berkisar antara 28-29°C. Menurut Amalo *et al.*, (2019) suhu tersebut merupakan suhu optimal untuk kultur *Chlorella* sp. Nilai pH pada media kultur perlakuan P5 selama penelitian berkisar antara 7,23-7,74, menurut Effendi (2003) nilai pH tersebut merupakan pH optimal untuk pertumbuhan *Chlorella* sp sehingga dapat meningkatkan kepadatan sel karena proses penyerapan nutrisi pada lindi yang difermentasi berjalan dengan baik.

Penghitungan kelimpahan sel *Chlorella* sp diperoleh hasil uji ANAVA untuk mengetahui pengaruh pemberian lindi dengan dosis berbeda, yaitu 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% yang difermentasi untuk kelimpahan *Chlorella* sp. Hasil uji ANAVA kelimpahan *Chlorella* sp pada penelitian ini diperoleh nilai F_{hitung}

(66,81) > dari $F_{\text{tabel } 0,01} (5,99)$ pada tingkat ketelitian 95%, maka pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi menunjukkan bahwa berpengaruh sangat nyata dari pemberian lindi yang difermentasi terhadap kelimpahan sel *Chlorella* sp sehingga H_0 dalam penelitian ini ditolak dan H_1 diterima, kemudian dilakukan uji lanjut Least Significance Different (LSD). Hasil uji lanjut LSD kelimpahan *Chlorella* sp dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Uji Lanjut LSD Kelimpahan *Chlorella* sp

Perlakuan	Rata-rata puncak populasi <i>Chlorella</i> sp (sel/mL)
P1 (5%)	2.563.889 ^(a)
P2 (10%)	2.725.000 ^(a)
P3 (15%)	4.288.889 ^(b)
P4 (20%)	5.412.500 ^(c)
P5 (25%)	7.311.111 ^(d)

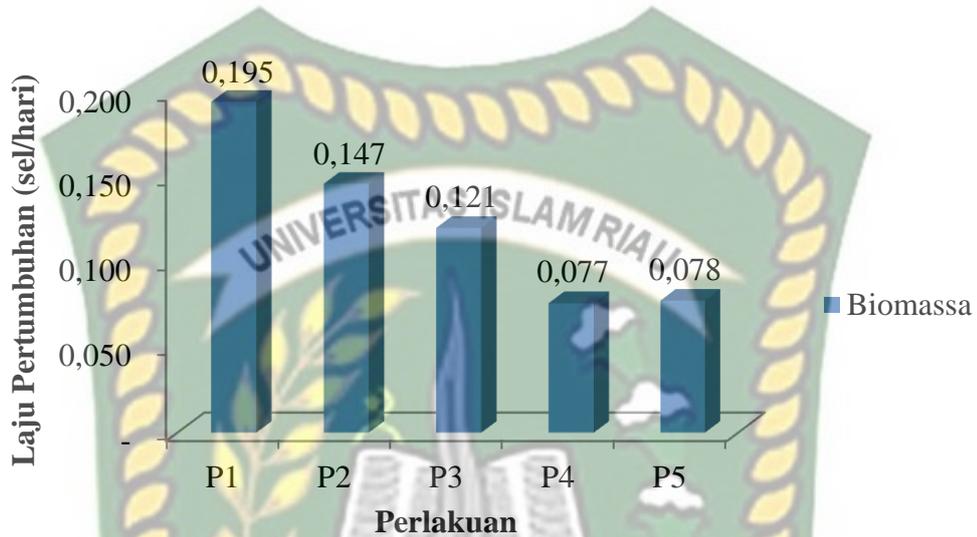
Dari Tabel 4.2. dilihat perlakuan P1 dan P2 pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 tidak berbeda atau berpengaruh nyata terhadap kelimpahan *Chlorella* sp. Akan tetapi, berbeda dengan perlakuan P1 sama P3, P1 sama P4, P1 sama P5, P2 sama P3, P2 sama P4 dan P2 sama P5 pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 terlihat berbeda atau berpengaruh nyata terhadap kelimpahan sel *Chlorella* sp. Hal ini dikarenakan pemberian dosis berbeda maka kandungan unsur hara dalam lindi yang difermentasi EM4 berbeda, sehingga nutrisi menjadi faktor pembatas untuk kelimpahan *Chlorella* sp.

4.2. Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik dapat digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui daya dukung media terhadap pertumbuhan dan perkembangan sel *Chlorella* sp. Menurut Aulia *et al.*, (2017) perbedaan laju pertumbuhan spesifik

pada setiap perlakuan disebabkan karena kemampuan sel *Chlorella* sp dalam menyerap unsur hara yang terdapat dalam media kultur.

Perbedaan laju pertumbuhan spesifik *Chlorella* sp dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Laju Pertumbuhan Spesifik *Chlorella* sp

Dari Gambar 4.2. dilihat bahwa laju pertumbuhan tertinggi terdapat pada perlakuan P1 (5%), yaitu sebanyak 0,195 sel/hari dengan puncak populasi pada hari ke-6 sebanyak 2.563.889 sel/mL. sedangkan untuk perlakuan P5 (25%), yaitu sebanyak 0,078 sel/hari dengan puncak populasi pada hari ke-16 sebanyak 7.311.111 sel/mL. hal ini diduga karena perbedaan lingkungan, yaitu tingkat kekeruhan pada media kultur. Semakin tinggi dosis lindi yang diberikan maka tingkat kekeruhan pada media kultur juga semakin tinggi, sehingga fosfat semakin tidak dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp. Hal ini sesuai pendapat Nurfadillah *et al.*, (2012) bahwa laju pertumbuhan lambat disebabkan beberapa faktor, yaitu proses fotosintesis, ketersediaan unsur hara yang cukup dan kekeruhan. Karena, kekeruhan ini dapat menghalangi penetrasi cahaya yang dapat mengganggu fitoplankton dalam melakukan fotosintesis.

Pada perlakuan P5 penggunaan dosis lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain, yaitu 25%, akan tetapi laju pertumbuhannya jauh lebih rendah dibandingkan perlakuan P1 dengan dosis 5%. Hal ini disebabkan dari warna media kultur yang terlalu hitam, sehingga cahaya tidak mudah masuk dan proses pemanfaatan unsur hara terganggu dan menyebabkan pertumbuhan sel *Chlorella* sp menjadi terhambat. Menurut Edward (2010) cahaya merupakan kebutuhan utama dari mikroalga *Chlorella* sp sebagai organisme autotrof yang menggunakan cahaya untuk sumber energi.

Semakin tinggi dosis lindi yang diberikan maka laju pertumbuhan spesifik *Chlorella* sp semakin lambat, dimana semakin rendah dosis yang digunakan maka hari puncak populasi semakin cepat. Hal ini dikarenakan dengan dosis yang rendah bahan organik pada lindi dapat diurai dengan cepat oleh bakteri EM4 dan dapat dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhan dan perkembangan sel, akan tetapi jumlah nutrisi pada lindi cepat habis dan dapat menyebabkan terjadinya penurunan pertumbuhan. Hal inilah yang menyebabkan laju pertumbuhan perlakuan P1 (5%) tinggi dan puncak populasi pada hari ke-6, hal ini diduga karena unsur nutrisi pada lindi telah habis dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp sehingga pada hari ke-9 mengalami penurunan populasi.

4.3. Biomassa *Chlorella* sp

Pengukuran biomassa *Chlorella* sp pada penelitian ini dilakukan sebanyak 1 kali setelah hari puncak di setiap perlakuan. Hasil pengukuran biomassa *Chlorella* sp pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Rata-rata Berat Biomassa *Chlorella* sp

Perlakuan	Berat Basah (g/L)	Berat Kering (g/L)	Biomassa (g/L)
P1 (5%)	0,68	0,51	0,17
P2 (10%)	0,88	0,68	0,20
P3 (15%)	0,95	0,70	0,25
P4 (20%)	1,08	0,70	0,38
P5 (25%)	1,32	0,88	0,44

Sumber: Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan FAPERTA UIR (2021)

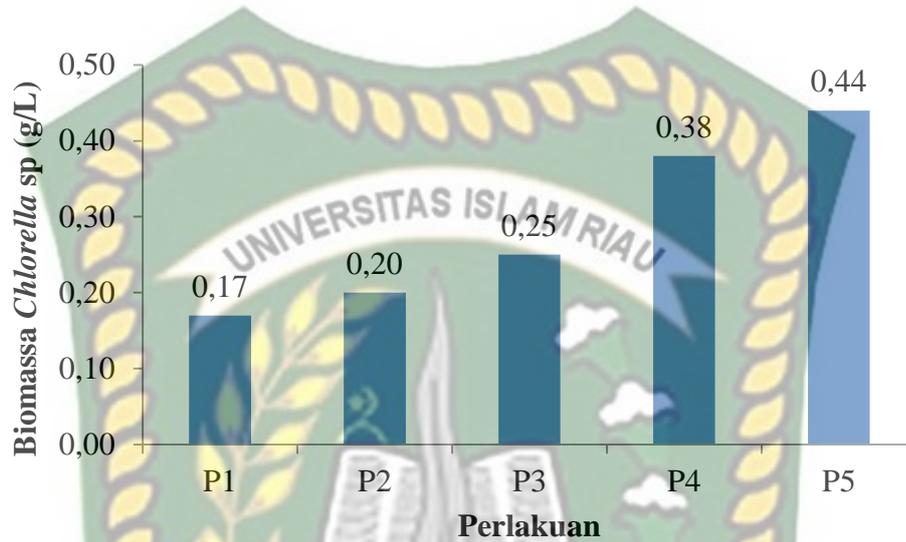
Dari Tabel 4.3. dilihat biomassa *Chlorella* sp dikultur selama 20 hari yang tertinggi terdapat pada perlakuan P5 sebanyak 0,44 g/L dan yang terendah pada perlakuan P1 sebanyak 0,17 g/L. Besarnya biomassa pada perlakuan P5 sebanding dengan kelimpahan sel *Chlorella* sp.

Perbedaan berat biomassa pada penelitian ini diduga karena adanya perbedaan dosis lindi yang diberikan, sehingga kandungan unsur hara pada lindi yang difermentasi EM4 menjadi faktor pembatas untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp, hal ini sesuai menurut Nurtiyani (2000) faktor yang menjadi penyebab tingginya pertumbuhan biomassa juga dipengaruhi oleh jumlah penambahan dosis lindi yang difermentasi. Hal ini didukung karena adanya nutrisi nitrat dan fosfat yang cukup untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp.

Hasil penelitian Utami *et al.*, (2020) memperoleh biomassa tertinggi pada dosis limbah cair kelapa sawit 25% dengan berat 0,77 g/L, hal ini menunjukkan perbedaan yang signifikan antara biomassa yang dihasilkan dari dua jenis limbah cair yang berbeda. Komarawidjaja (2010) menyatakan bahwa pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi terutama nitrat dan fosfat, hal ini dibuktikan dari ketersediaan nitrat dan fosfat pada perlakuan P5 (25%) masih dikategorikan baik untuk dimanfaatkan *Chlorella* sp namun, pengaruh nutrisi terhadap fitoplankton kenyataannya tidak diikuti oleh

peningkatan kelimpahan sel *Chlorella* sp itu sendiri, hal ini dapat disebabkan oleh komposisi unsur hara yang sesuai untuk kebutuhan *Chlorella* sp.

Perbedaan biomassa *Chlorella* sp pada tiap perlakuan yang dilakukan selama 20 hari dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Biomassa *Chlorella* sp (g/L)

Dari Gambar 4.3. dilihat biomassa tertinggi terdapat pada perlakuan P5 (25%), yaitu sebanyak 0,44 g/L pada hari ke-16, sedangkan biomassa yang paling rendah terdapat pada perlakuan P1 (5%), yaitu hanya mencapai 0,17 g/L pada hari ke-6. Tingginya biomassa pada perlakuan P5 (25%) ini diduga karena ketercukupan nutrisi yang dibutuhkan *Chlorella* sp untuk pertumbuhan. Menurut Amalo *et al.*, (2019) kandungan unsur hara pada pupuk lindi dalam jumlah yang cukup dapat dimanfaatkan dengan baik oleh sel *Chlorella* sp sehingga menyebabkan pertumbuhan sel yang tinggi.

Tercukupinya nutrisi menyebabkan metabolisme dalam sel *Chlorella* sp berjalan dengan baik. Selain ketersediaan nutrisi, pengaruh dari lingkungan berupa suhu, pH dan ketersediaan oksigen yang cukup juga dapat mempengaruhi kepadatan sel *Chlorella* sp, dimana suhu pada perlakuan P5 selama penelitian ini

berkisar antara 28-29°C. Suhu tersebut masih tergolong sesuai untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp. Nilai pH pada perlakuan P5 selama penelitian berkisar antara 4,63-7,74. pH tersebut merupakan pH optimum untuk pertumbuhan sel *Chlorella* sp sehingga dapat meningkatkan kepadatan sel. Hal ini diduga karena penyerapan nutrien pada lindi oleh *Chlorella* sp berjalan dengan baik. Selain itu menurut Amalo *et al.*, (2019) suplai oksigen pada media dapat meningkatkan pertukaran gas antara medium dan udara, ini juga bertujuan untuk menghindari sedimentasi pada media dan guna memastikan bahwa semua sel *Chlorella* sp mendapatkan cahaya dan nutrisi secara merata.

Berat biomassa di setiap perlakuan ini berkaitan dengan jumlah sel *Chlorella* sp dan jika *Chlorella* sp tidak mampu beradaptasi dengan media kultur yang kekurangan nutrien maka *Chlorella* sp akan mengalami stress. Stress pada *Chlorella* sp ini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan sel. Selain media kultur stress pada *Chlorella* sp juga dapat disebabkan dari pengadukan yang berlebihan pada saat pengambilan sampel. Hal ini sesuai dengan pendapat Dimas *et al.*, (2017) bahwa semburan udara yang berlebihan dapat menyebabkan masalah dalam fotobioreaktor dan semburan udara dapat merusak sel pada *Chlorella* sp.

4.4. Kualitas Air

4.4.1. Suhu (°C)

Dalam penelitian ini pengukuran suhu dilakukan setiap 2 hari sekali selama 20 hari. Pengukuran suhu menggunakan thermometer. Suhu secara langsung berpengaruh terhadap *Chlorella* sp karena suhu kimia enzimatis yang berperan dalam proses fotosintesis dikendalikan oleh suhu. Menurut Nontji (2006)

meningkatnya suhu sampai batas tertentu dapat menaikkan laju fotosintesis. Hasil pengukuran suhu tiap perlakuan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Selama Penelitian

Hari	P1 ($^{\circ}\text{C}$)	P2 ($^{\circ}\text{C}$)	P3 ($^{\circ}\text{C}$)	P4 ($^{\circ}\text{C}$)	P5 ($^{\circ}\text{C}$)
0	29	29	29	29	29
2	28	28	28	28	28
4	28	28	28	28	28
6	28	28	28	28	28
8	29	29	29	29	29
10	28	28	28	28	28
12	29	29	29	29	29
14	28	28	28	28	28
16	28	28	28	28	28
18	28	28	28	28	28
20	28	28	28	28	28

Sumber: Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan FAPERTA UIR (2021)

Dari Tabel 4.4. dilihat bahwa hasil pengukuran suhu media kultur di setiap perlakuan sangat mendukung untuk pertumbuhan *Chlorella* sp, hal ini dilihat dari kisaran suhu tiap perlakuan berkisar antara 28-29 $^{\circ}\text{C}$. Kisaran suhu tersebut adalah suhu optimal untuk perkembangbiakan sel *Chlorella* sp, sesuai menurut Amalo *et al.*, (2019) bahwa suhu optimal untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp berkisar antara 23-30 $^{\circ}\text{C}$. Perubahan suhu tiap perlakuan selama penelitian berlangsung tidak berbeda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Selama Penelitian

Dari Gambar 4.4. dilihat rata-rata suhu tiap-tiap perlakuan tidak berbeda, yaitu antara 28-29°C. suhu ini dapat mempengaruhi stadium daur hidup organisme yang merupakan sebagai faktor pembatas penyebaran suatu spesies, dalam keberlangsungan hidup dan reproduksi secara ekologis perubahan suhu ini dapat menyebabkan perbedaan komposisi dan kelimpahan sel *Chlorella* sp. Menurut Boroh *et al.*, (2019) pertumbuhan *Chlorella* sp berjalan secara normal pada kisaran 25°-32°C.

Suhu tertinggi dalam penelitian ini yaitu 29°C, hal ini diperkirakan cuaca yang cukup panas sehingga dalam penelitian ini suhu 29°C dikategorikan bersuhu tinggi. Akan tetapi *Chlorella* sp masih dapat hidup dan berkembang dengan baik. Hal ini sesuai menurut Taw *dalam* Trio (2019) bahwa hampir semua jenis fitoplankton yang toleran terhadap suhu antara 16-32°C. Pertumbuhan akan menurun apabila suhu media di bawah 16°C, sedangkan untuk suhu di atas 36°C menyebabkan kematian jenis tertentu.

Tingginya suhu memudahkan fitoplankton dalam penyerapan nutrien, pada perairan yang kandungan fosfat sedang dapat menyebabkan laju fotosintesis meningkat pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Vitriani (2016) bahwa suhu yang tinggi dapat menaikkan laju maksimum fotosintesis. Pada dasarnya laju fotosintesis akan meningkat seiring meningkatnya suhu di perairan, namun akan menurun secara drastis setelah mencapai pada titik suhu tertentu.

4.4.2. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH selama penelitian dilakukan 5 hari sekali selama 20 hari. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan pH meter. Menurut Becker (2007)

derajat keasaman merupakan parameter yang dapat menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga dengan adanya ketersediaan nutrisi yang cukup akan dapat mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh sel *Chlorella* sp. Hasil pengukuran pH tiap-tiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

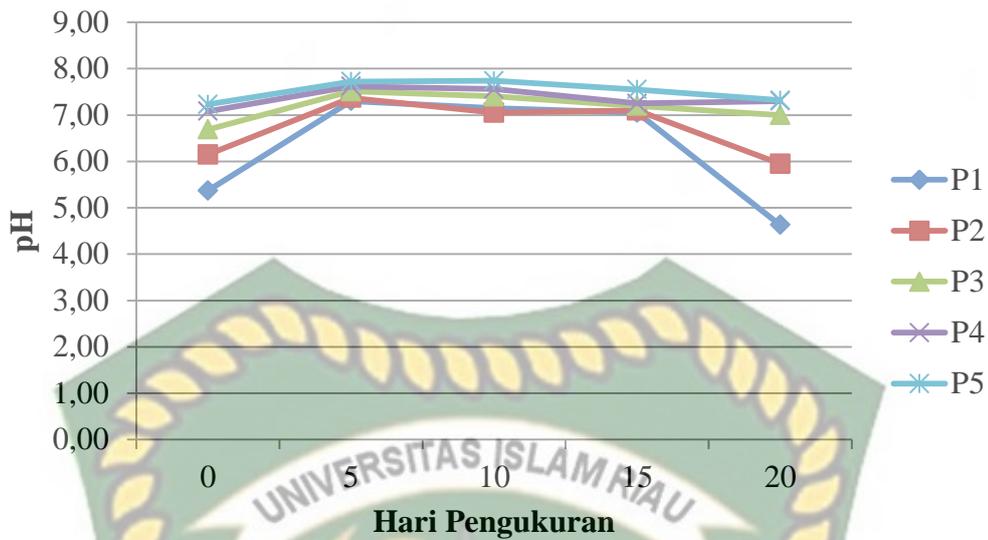
Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Rata-rata pH Selama Penelitian

Perlakuan	Hari Pengukuran pH				
	0	5	10	15	20
P1 (5%)	5,37	7,30	7,15	7,05	4,63
P2 (10%)	6,15	7,37	7,05	7,10	5,95
P3 (15%)	6,69	7,51	7,40	7,20	7,00
P4 (20%)	7,08	7,62	7,56	7,25	7,30
P5 (25%)	7,23	7,72	7,74	7,55	7,32

Sumber: Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan FAPERTA UIR (2021)

Dari Tabel 4.5. dilihat kisaran pH selama penelitian, yaitu antara 4,63-7,74, hal ini sangat mendukung untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Umumnya semakin tinggi dosis lindi yang diberikan maka nilai pH pada media juga akan meningkat. Effendi (2003) menyatakan bahwa kisaran pH yang bagus untuk pertumbuhan *Chlorella* sp berkisar antara 4,5-9,3. Mufidah *et al.*, (2017) menambahkan bahwa pH ini salah satu faktor yang penting untuk kehidupan organisme air termasuk *Chlorella* sp, hal ini dikarenakan pH berkaitan erat dengan ketersediaan unsur hara untuk pertumbuhan *Chlorella* sp.

Rata-rata hasil pengecekan pH selama penelitian ini tidak jauh berbeda, akan tetapi setelah beberapa hari pengkulturan pH media mengalami perubahan yang cukup tinggi. Hasil pengecekan pH selama penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik Pengukuran pH Selama Penelitian

Berdasarkan Gambar 4.5. dilihat rata-rata hasil pengecekan pH tiap perlakuan selama penelitian tidak jauh berbeda, yaitu antara 4,63-7,74. pH naik pada hari ke-5 karena pada fase tersebut pertumbuhan sel *Chlorella* sp mengalami peningkatan jumlah populasi dengan cepat, serta terjadinya proses fotosintesis dan meningkatkan kandungan pH dalam media kultur.

Umumnya senyawa nitrogen yang digunakan untuk proses metabolisme sel *Chlorella* sp adalah amonium. Amonium ini biasanya dihasilkan oleh proses disosiasi amonium hidroksida, yang mana ini merupakan amonia yang terlarut dalam air. Hal ini sesuai dengan pendapat Prihantini *et al.*, (2005) bahwa peningkatan pH dapat diakibatkan dari peningkatan konsentrasi amonium pada media, begitupun untuk pH diatas 9. Pambayun *et al.*, (2014) menyatakan bahwa pada pH yang mencapai 7,9, secara berwarna kuning dan akan terjadi fase deselatif atau fase penurunan. Hal ini didukung oleh Graham dalam Prihantini *et al.*, (2005) apabila pH media kultur >9 maka enzim yang berperan pada

pembentukan amonium pada saat metabolisme sel *Chlorella* sp terganggu dan menyebabkan kematian.

4.4.3. Amonia (NH₃)

Dalam penelitian ini pengukuran amonia dilakukan 5 kali dalam 20 hari. Amonia merupakan sumber utama nitrogen selain dari nitrat yang bisa dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp pada proses metabolismenya, sedangkan dalam penggunaan nitrit dibatasi oleh toksisitasnya. Apabila unsur nitrat dan amonia N terdapat bersamaan dalam media kultur, maka nitrat tersebut tidak akan diabsorpsi sampai semua amonia N benar-benar terserap habis oleh *Chlorella* sp. Untuk lebih jelasnya hasil pengukuran amonia dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Amonia (NH₃) Selama Penelitian

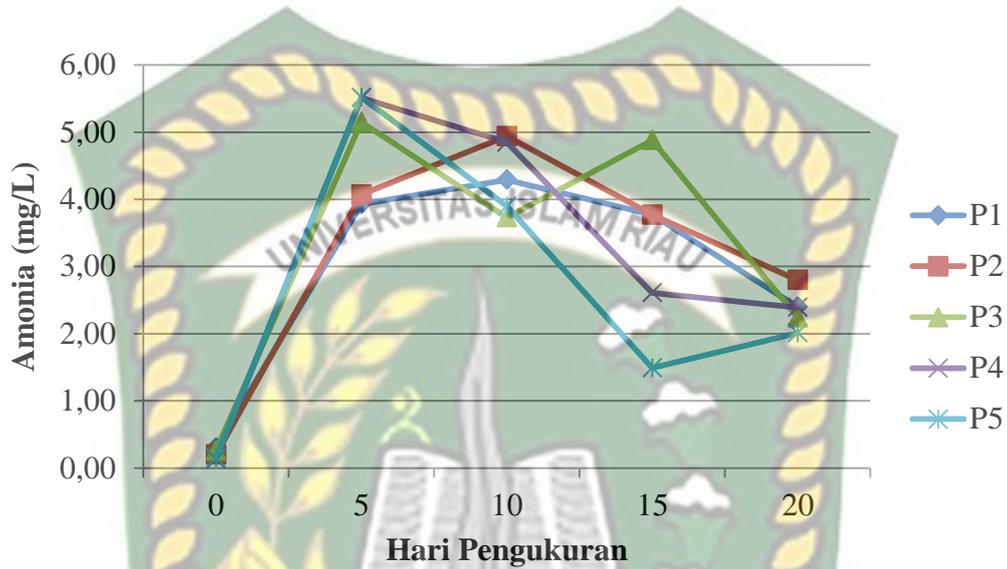
Perlakuan	Hari Pengukuran Amonia (mg/L)				
	0	5	10	15	20
P1 (5%)	0,30	3,93	4,29	3,77	2,40
P2 (10%)	0,20	4,07	4,94	3,77	2,80
P3 (15%)	0,26	5,15	3,73	4,88	2,24
P4 (20%)	0,13	5,51	4,85	2,61	2,39
P5 (25%)	0,15	5,52	3,90	1,49	2,01

Sumber: Laboratorium Mikroalga Nutrisi dan Pakan Ikan FAPERTA UIR (2021)

Dari Tabel 4.6. dilihat bahwa kisaran amonia selama penelitian berkisar antara 0,13-5,52 mg/L. Pada hari ke-5 kandungan amonia pada media kultur meningkat dari 3,93-5,52 mg/L. Dari konsentrasi lindi yang berbeda menyebabkan kandungan amonia di setiap perlakuan akan berbeda pula. Perbedaan kandungan amonia sebagai nutrien memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelimpahan sel *Chlorella* sp, sehingga semakin besar kandungan nutrien yang diberikan, maka kelimpahan sel *Chlorella* sp akan meningkat. Hal ini

didukung oleh Widianingsih *et al.*, (2008) bahwa ketersediaan nutrisi yang cukup akan menghasilkan kelimpahan sel yang tinggi.

Hasil pengukuran kandungan amonia pada media kultur tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Pengukuran Amonia (NH₃) Selama Penelitian

Dari Gambar 4.6. dilihat bahwa kandungan amonia mengalami kenaikan seiring menurunnya nilai pH. Kenaikan ini diduga karena kandungan amonia tiap perlakuan belum dapat dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp, selain itu senyawa organik pada media kultur tidak mampu diubah oleh *Chlorella* sp dalam bentuk bikarbonat menjadi energi agar menghasilkan fotosintesa. Hasil dari fotosintesa ini akan diubah menjadi oksigen dan akan mengikat kadar amonia yang menyebabkan turunnya kadar amonia pada media kultur. Hal ini sesuai dengan pendapat Richmond (2004) bahwa peningkatan proses fotosintesis dapat menghasilkan oksigen yang lebih banyak sehingga kadar amonia tiap perlakuan dapat berkaitan dengan oksigen dan lepas ke udara.

Perlakuan P5 (25%) mengalami penurunan kadar amonia yang signifikan di hari ke-5 sampai hari ke-15. Hal ini diduga adanya pemanfaatan oleh *Chlorella* sp

sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya, yaitu membantu dalam sintesa proteinnya. *Chlorella* sp harus mengkonversi nitrat dalam bentuk nitrogen dalam media menjadi amonium sebelum dapat memanfaatkannya. Ketika ammonia dalam media dapat digunakan *Chlorella* sp tidak harus menghabiskan energi untuk mengubah apapun, jadi akan lebih banyak nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan. *Chlorella* sp dapat menurunkan kadar ammonia pada media sebesar 83-98%.

4.4.4. Nitrat (NO₃)

Pengukuran nitrat dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Laut UNRI sebanyak 5 kali dalam 20 hari, yaitu pada hari ke-0, 5, 10, 15 dan 20. Hasil analisis kandungan nitrat dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Analisis Nitrat (NO₃) Selama Penelitian

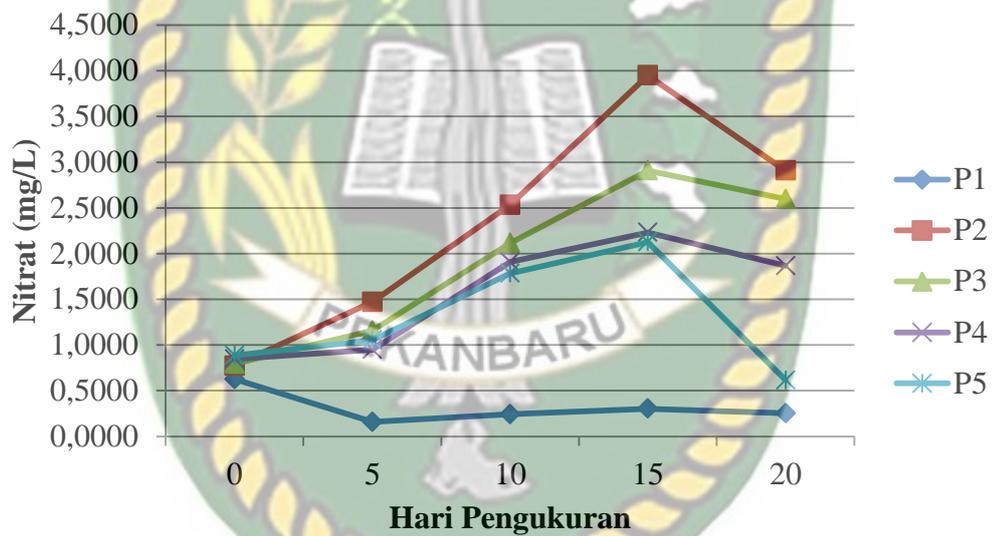
Perlakuan	Hari Pengukuran Nitrat (mg/L)				
	0	5	10	15	20
P1 (5%)	0,6271	0,1583	0,2417	0,3042	0,2521
P2 (10%)	0,7729	1,4708	2,5333	3,9500	2,9083
P3 (15%)	0,7938	1,1583	2,1167	2,9083	2,5958
P4 (20%)	0,8458	0,9500	1,9083	2,2313	1,8667
P5 (25%)	0,8875	1,0542	1,7833	2,1271	0,6167

Sumber: Laboratorium Kimia Laut FAPERIKA UNRI (2021)

Dari Tabel 4.7. dilihat hasil pengukuran nitrat selama penelitian mengalami perubahan. Kisaran nitrat selama penelitian berkisar antara 0,1583-3,9500 mg/L. Kandungan nitrat tertinggi pada awal penelitian terdapat pada perlakuan P5 (25%) sebesar 0,8875 mg/L, sedangkan nitrat terendah terdapat pada perlakuan P1 (5%) sebesar 0,6271 mg/L, sesuai dengan pendapat Sugianti (2016) bahwa apabila dosis lindi semakin tinggi, maka jumlah kandungan unsur hara pada lindi juga semakin besar.

Kandungan nitrat selama penelitian bersifat fluktuatif, dimana peningkatan dosis lindi tidak berpengaruh dalam peningkatan nitrat secara linier. Hal tersebut terjadi karena dalam media kultur terjadi proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Hal tersebut didukung oleh Schryver dan Verstraete (2009) bahwa adanya bakteri fermentasi dapat menyebabkan terjadinya proses nitrifikasi, yaitu perubahan amonia ke nitrit dan nitrat. Akan tetapi, reaksi denitrifikasi dalam media kultur terjadi perubahan senyawa nitrat menjadi nitrogen.

Untuk lebih jelasnya hasil pengukuran kadar nitrat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Pengukuran Nitrat (NO₃) Selama Penelitian

Dari Gambar 4.7. dilihat bahwa pemanfaatan nitrat tertinggi terdapat pada perlakuan P5 (25%) yang hari ke-0 unsur nitratnya lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P1 (5%), P2 (10%), P3 (15%) dan P4 (20%). Kandungan nitrat pada perlakuan P1 (5%) mengalami penurunan hingga akhir penelitian, hal ini diduga *Chlorella* sp dapat memanfaatkan nitrat untuk pertumbuhannya. Sedangkan pada perlakuan P2 (10%) kandungan nitrat mengalami kenaikan

tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain sampai pada hari ke-15, hal tersebut diduga karena terjadinya proses fermentasi yang dilakukan oleh bakteri pengurai terhadap bahan organik yang terkandung dalam air lindi.

Pada hari ke-15 sampai ke-20, baru dapat dilihat pemanfaatan nitrat di setiap perlakuan yang ditandai dengan penurunan kadar nitrat. Penurunan kadar nitrat tersebut diduga dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp untuk pertumbuhan sel. Hal tersebut sesuai menurut Acivedo *et al.*, (2017) bahwa salah satu manfaat dari *Chlorella* sp ini dapat memanfaatkan bahan organik maupun anorganik dalam air lindi untuk pertumbuhannya.

Nybakken *dalam* Vitriani (2016) menambahkan bahwa semakin tinggi kelimpahan sel *Chlorella* sp, maka unsur hara pada lindi akan semakin banyak dimanfaatkan. Apabila media kultur mengalami kekurangan nitrogen, proses fotosintesis mikroalga akan terhambat. Ketika proses fotosintesis terhambat, energi yang dibutuhkan *Chlorella* sp akan sedikit sehingga menyebabkan pertumbuhan *Chlorella* sp tidak optimal.

Chlorella sp merupakan jenis mikroalga yang memiliki klorofil dan membutuhkan unsur hara makronutrien yang berupa nitrogen dan fosfor. Menurut Riffani *dalam* Permadi (2019) *Chlorella* sp mampu hidup dengan baik pada lingkungan yang mengandung unsur hara yang tinggi dan dapat memanfaatkannya untuk proses fotosintesis, berkembangbiak dan sebagainya.

Hasil pengukuran kadar nitrat pada perlakuan P5 (25%) berkisar antara 0,6167-2,1271 mg/L. Hal ini masih dalam kondisi optimum untuk perkembangan sel *Chlorella* sp, karena menurut Mackentum *dalam* Aprilliyanti *et al.*, (2016) *Chlorella* sp membutuhkan kandungan nitrat untuk perkembangan selnya pada

kisaran 0,9-3,5 mg/L. Komarawidjaja (2010) menambahkan bahwa pengaruh nutrisi terhadap pertumbuhan fitoplankton pada hakikatnya tidak selalu mengalami peningkatan kelimpahan, hal ini diduga karena komposisi unsur hara yang kurang sesuai dengan kebutuhan *Chlorella* sp. Akan tetapi, secara umum sudah diketahui pertumbuhan *Chlorella* sp di perairan sangat dipengaruhi unsur nitrogen dan fosfor.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Arfi (2021) mendapatkan kandungan nitrat awal yang relatif lebih tinggi, yaitu berkisar antara 1,52-2,03 mg/L. Perbedaan ini diduga dipengaruhi dari proses fermentasi terhadap lindi sehingga kandungan nitrat menjadi rendah.

4.4.5. Fosfat (PO₄)

Pengukuran fosfat dalam penelitian ini dilakukan 5 kali dalam 20 hari, yaitu pada hari ke-0, 5, 10, 15 dan 20. Hasil analisis kandungan fosfat dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Analisis Fosfat (PO₄) Selama Penelitian

Perlakuan	Hari Pengukuran Fosfat (mg/L)				
	0	5	10	15	20
P1 (5%)	0,0420	2,8650	5,5863	5,2987	4,5243
P2 (10%)	0,0686	2,9978	5,6305	5,2102	4,6903
P3 (15%)	0,0774	3,0310	5,6969	5,3872	4,8562
P4 (20%)	0,0863	3,0420	5,8296	5,4978	4,9668
P5 (25%)	0,1040	3,0863	5,8518	5,4535	4,6350

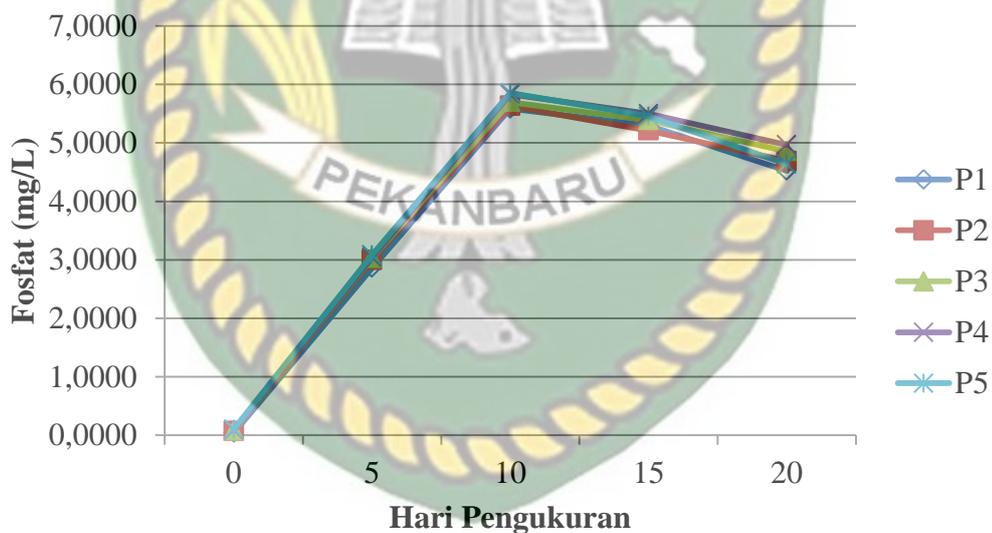
Sumber: Laboratorium Kimia Laut FAPERIKA UNRI (2021)

Dari Tabel 4.8. dilihat bahwa kisaran fosfat pada penelitian ini berkisar antara 0,0420-5,8518 mg/L, hal ini masih dalam kisaran optimum karena menurut Aprilliyanti *et al.*, (2016) kisaran kandungan fosfat yang optimal untuk pertumbuhan *Chlorella* sp adalah 0,27-5,51 mg/L dan jika kandungan fosfat

kurang dari 0,02 mg/L maka dapat menjadi faktor pembatas untuk pertumbuhan *Chlorella* sp.

Ketersediaan Fosfat yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *Chlorella* sp tidak mampu untuk memproduksi asam nukleat yang akhirnya berakibat pada penurunan pembentukan protein, yang dapat mengganggu pembentukan sel atau pembelahan sel serta menurunnya pemanfaatan sinar matahari dan karbon dioksida (CO₂). Menurut Komarawidjaja (2011) fosfat merupakan unsur esensial bagi organisme yang membutuhkan energi untuk mentransformasi energi, membentuk membran, menyimpan dan mereplikasi informasi genetika.

Hasil pengukuran kandungan fosfat pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Grafik Pengukuran Fosfat (PO₄) Selama Penelitian

Dari Gambar 4.8. dilihat bahwa terjadinya peningkatan kadar fosfat pada tiap perlakuan hingga hari ke-10. Meningkatnya kadar fosfat pada media kultur ini diduga pengaruh dari pemberian EM4, sehingga proses dekomposisi bahan organik dalam air lindi lebih mudah dengan proses fermentasi.

Setelah itu, kadar fosfat pada media kultur mengalami penurunan di hari ke-15 sampai ke-20 pada tiap perlakuan. Penurunan kadar fosfat pada lindi yang difermentasi ini terjadi karena proses dekomposisi oleh bakteri. Bakteri ini memanfaatkan fosfat sebagai sumber energi. Karena menurut Khusnuryani (2008) fosfat ini berfungsi sebagai penghasil energi metabolisme untuk pertumbuhan dan reproduksi bakteri.

Jumlah pertumbuhan sel *Chlorella* sp di setiap perlakuan yang rendah menyebabkan penyerapan fosfat pada lindi yang difermentasi tidak maksimal sehingga terjadi peningkatan. Penurunan fosfat terjadi pada hari ke-15 sampai hari ke-20. Hal ini diduga karena jumlah *Chlorella* sp pada hari tersebut meningkat, sehingga kadar fosfat mengalami penurunan karena diserap *Chlorella* sp untuk pertumbuhannya. Menurut Sumarlinah (2000) fosfat ini merupakan unsur yang penting untuk *Chlorella* sp dalam proses transformasi energi yang berguna untuk proses fotosintesis dan pembentukan klorofil dari *Chlorella* sp.

4.4.6. BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*)

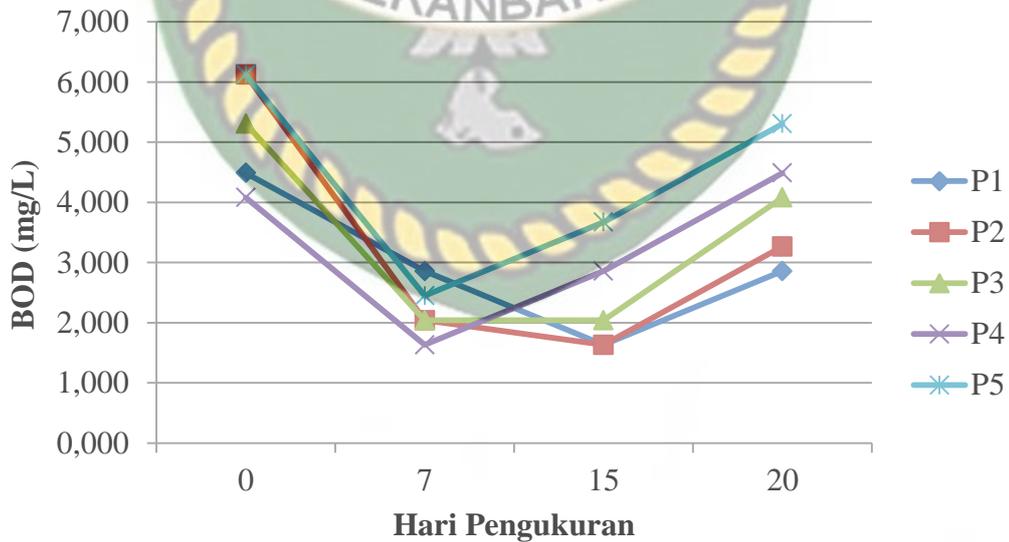
Pengukuran BOD dalam penelitian ini dilakukan 4 kali dalam 20 hari, yaitu pada hari ke-0, 7, 15 dan 20. Pengukuran BOD ini bertujuan untuk mengetahui jumlah oksigen (O₂) pada air lindi yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam lindi. Pengukuran BOD₅ dibutuhkan untuk menentukan beban pencemaran terhadap lindi, karena kandungan BOD yang tinggi pada lindi dapat menurunkan oksigen pada media. Hasil analisis kandungan BOD selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Analisis BOD₅ Selama Penelitian

Perlakuan	Hari Pengukuran BOD (mg/L)			
	0	7	15	20
P1	4,488	2,856	1,632	2,856
P2	6,120	2,040	1,632	3,264
P3	5,304	2,040	2,040	4,080
P4	4,080	1,632	2,856	4,488
P5	6,120	2,448	3,672	5,304

Sumber: Laboratorium Kimia Laut FAPERIKA UNRI (2021)

Dari Tabel 4.9. dilihat bahwa nilai BOD pada tiap perlakuan berbeda, nilai BOD pada perlakuan P5 mengalami penurunan dihari ke-7. Penurunan ini diduga karena adanya proses fotosintesis dari *Chlorella* sp. Hal ini dapat dilihat dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arfi (2021) penggunaan lindi tanpa difermentasi nilai BOD juga mengalami penurunan di hari ke-7. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat Hartini *et al.*, (2017) bahwa tanpa pemberian fermentasi pendegradasi nilai BOD dari lindi berkurang. Untuk lebih jelasnya penurunan nilai BOD pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Grafik Pengukuran BOD₅ Selama Penelitian

Dari Gambar 4.9. dilihat bahwa nilai BOD pada tiap perlakuan mengalami penurunan pada hari ke-7 dan hari ke-15. Penurunan nilai BOD ini dikarenakan

proses fotosintesis dari *Chlorella* sp itu sendiri. Menurut hasil penelitian Nurtiyani (2000) yang menyatakan bahwa semakin tingginya kelimpahan sel *Chlorella* sp maka nilai BOD pada media kultur akan mengalami penurunan dengan baik.

Tingginya penurunan nilai BOD pada perlakuan P5 diduga lebih banyaknya terdapat interaksi antara mikroalga *Chlorella* sp dengan lindi yang difermentasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Ginting (2007) bahwa oksidasi dari zat-zat organik dengan oksigen dalam air lindi dimana proses tersebut dapat berjalan dikarenakan peran dari *Chlorella* sp itu sendiri.

Chlorella sp menyerap senyawa organik yang terdapat dalam limbah lindi yang merupakan nutrisi yang dimanfaatkan *Chlorella* sp untuk pertumbuhan dan menyebabkan terjadinya penurunan nilai BOD pada lindi. Penyerapan senyawa yang dilakukan *Chlorella* sp pada limbah lindi ini membutuhkan oksigen, sebagaimana menurut Kawaroe (2010) bahwa *Chlorella* sp ini membutuhkan oksigen dari udara yang terlarut dan hasil dari proses fotosintesis yang dilakukan *Chlorella* sp.

4.4.7. COD (Chemical Oxygen Demand)

Pengukuran COD dalam penelitian ini dilakukan 4 kali dalam 20 hari, yaitu pada hari ke-0, 7, 15 dan 20. COD merupakan jumlah kandungan oksigen yang dibutuhkan dalam proses penguraian seluruh bahan organik yang terdapat dalam air. Pengujian COD merupakan gabungan dari hasil pengujian kimia dan biologi sehingga nilai COD lindi akan lebih tinggi dibandingkan dari hasil pengujian BOD. Untuk lebih jelasnya hasil analisis kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil Analisis COD Selama Penelitian

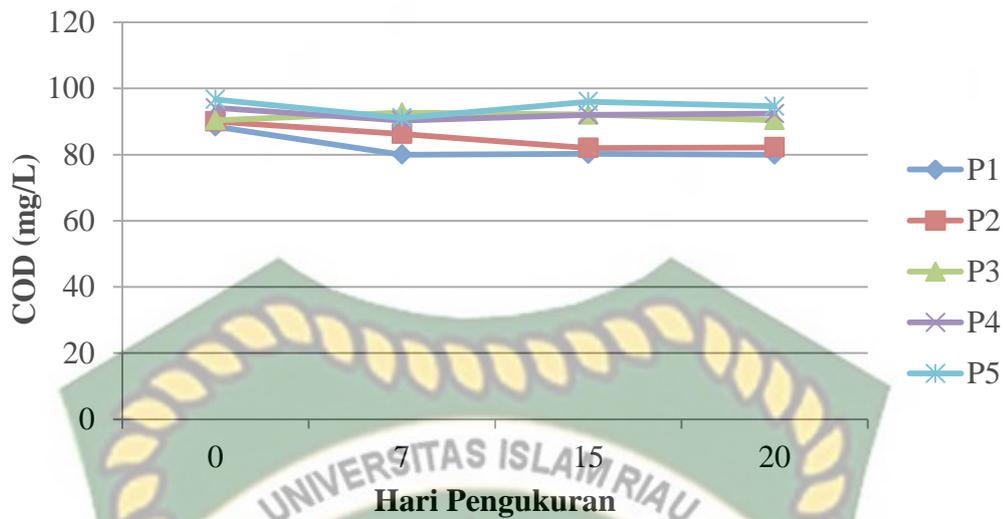
Perlakuan	Hari Pengukuran COD (mg/L)			
	0	7	15	20
P1	88,46	80,00	80,24	80,00
P2	90,04	86,24	82,00	82,20
P3	90,42	92,66	92,10	90,40
P4	94,12	90,32	92,00	92,40
P5	96,68	91,08	96,00	94,60

Sumber: Laboratorium Pengolahan Limbah FAPERIKA UNRI (2021)

Dari Tabel 4.10. menunjukkan bahwa nilai COD setiap perlakuan berbeda. Kisaran nilai COD pada penelitian ini berkisar antara 80,00-96,68 mg/L. Rendahnya nilai COD pada penelitian ini diduga banyaknya jumlah EM4 yang diberikan kepada lindi, hal ini dikarenakan semakin banyaknya EM4 maka aktivitas mikroorganisme yang mengurai bahan organik yang terdapat dalam lindi semakin tinggi, sesuai dengan pendapat Moertinah (2010) jika unsur-unsur kandungan lindi dapat diurai mikroorganisme maka dengan atau tanpa aklimatisasi lindi dapat diproses secara biologis.

Dari tiap perlakuan nilai COD tertinggi terdapat pada perlakuan P5 (25%), hal ini diduga nilai COD semakin meningkat setiap perlakuan seiring dengan dosis lindi yang difermentasi yang semakin meningkat. Menurut Hartini *et al.*, (2017) nilai COD pada media kultur dapat dipengaruhi karena adanya pengaruh dari penambahan *Chlorella* sp pada tiap perlakuan limbah cair sagu dan diinokulasi selama tujuh hari.

Nilai COD pada tiap perlakuan mengalami penurunan dari awal hingga akhir penelitian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Grafik Pengukuran COD Selama Penelitian

Dari Gambar 4.10. dilihat bahwa nilai COD di tiap perlakuan mengalami penurunan. Hal ini diduga karena adanya simbiosis mutualisme antara *Chlorella* sp dengan EM4. Saat *Chlorella* sp melakukan proses fotosintesis dan menghasilkan oksigen (O_2) yang kemudian digunakan mikroorganisme untuk bertahan hidup dan mendegradasi senyawa organik pada lindi. Karbondioksida (CO_2) akan dihasilkan saat mikroorganisme mendegradasi senyawa organik pada lindi dan karbondioksida ini dibutuhkan *Chlorella* sp untuk proses fotosintesis.

Adanya simbiosis antara *Chlorella* sp dengan EM4 dilihat dari nilai COD pada penelitian yang sebelumnya dilakukan Arfi (2021), yaitu tanpa pemberian EM4 mengalami penurunan nilai COD lebih sedikit dibandingkan dengan pemberian EM4 pada lindi. Akan tetapi dengan bersimbiosis dengan mikroorganisme EM4, dapat menurunkan kadar polutan air lindi sesuai dengan mutu yang ditetapkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hartini *et al.*, (2017) bahwa kandungan nilai COD limbah sagu menurun pada hari ke-7 dan masih jauh dari mutu yang ditetapkan.

Penurunan nilai COD pada lindi sebelum bibit *Chlorella* sp dimasukkan diduga adanya pengaruh dari proses fermentasi tersebut. Bakteri aerob membutuhkan oksigen untuk menurunkan nilai COD lindi, dimana pada penelitian ini menggunakan aerasi sebagai penambahan oksigen terlarut dalam media kultur. Hal ini sesuai dengan pendapat Jasmianti *et al.*, (2010) bahwa bakteri fermentasi yang mendegradasi air lindi membutuhkan oksigen bebas dan dengan penambahan aerasi dapat mengoptimalkan proses pengolahan lindi pada media kultur.

Selain itu, menurunnya nilai COD di tiap perlakuan diduga *Chlorella* sp dapat memanfaatkan senyawa organik yang terkandung dalam lindi untuk pertumbuhannya. *Chlorella* sp membutuhkan oksigen untuk memanfaatkan kandungan senyawa organik pada lindi, sesuai dengan pendapat Kawaroe (2010) bahwa media limbah lindi diolah secara biologis oleh *Chlorella* sp dan memberi masukan nutrisi untuk pertumbuhan.

4.4.8. Logam Besi (Fe)

Pengukuran logam besi (Fe) pada penelitian ini dilakukan 4 kali dalam 20 hari, yaitu pada hari ke-0, 7, 15 dan 20. Hasil pengukuran kandungan besi (Fe) pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.11.

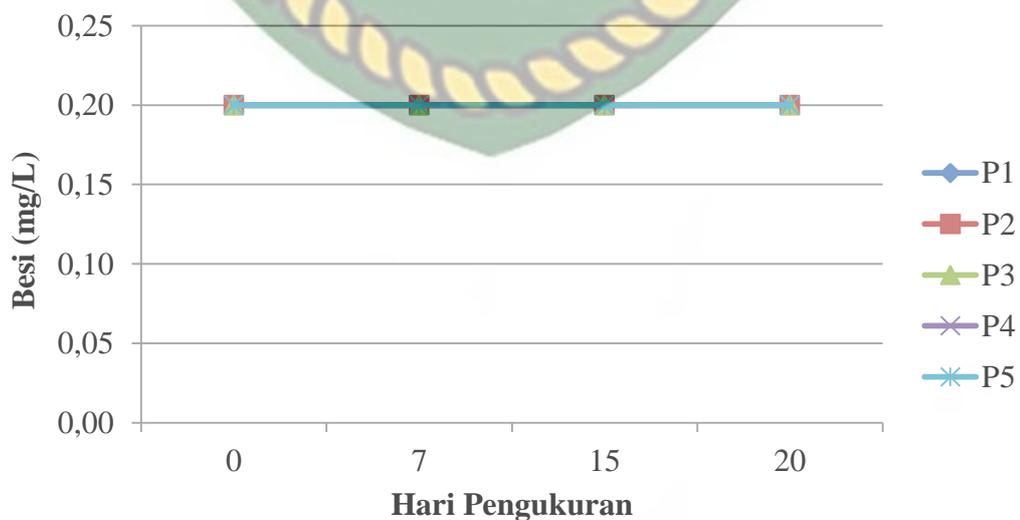
Tabel 4.11. Hasil Analisis Besi (Fe) Selama Penelitian

Perlakuan	Hari Pengukuran Besi (mg/L)				Baku Mutu
	0	7	15	20	PERMEN LH 2014
P1	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	5 (mg/L)
P2	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	
P3	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	
P4	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	
P5	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	

Sumber: Laboratorium Central Plantation Services (2021)

Dari Tabel 4.11. dilihat bahwa rata-rata hasil analisa kandungan logam besi (Fe) pada penelitian ini tergolong rendah, yaitu $< 0,20$ mg/L. Rendahnya kandungan besi ini dikarenakan lindi yang difermentasi mengalami pengurangan bahan organik penguraian sehingga unsur logam beratnya menurun. Hal tersebut sesuai menurut Yuwono (2006) bahwa fermentasi pada pupuk organik cair dapat menurunkan senyawa organik beracun dan patogen terhadap lingkungan.

Berdasarkan Tabel 4.11. tidak bisa kita ketahui pemanfaatan yang dilakukan oleh *Chlorella* sp dari awal, tengah, hingga akhir penelitian tidak ada perubahan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 5/PERMEN/LH/2014 tentang baku mutu kandungan besi air limbah adalah 5 mg/L. Sedangkan hasil penelitian Rizky *et al.*, (2013) menyatakan bahwa *Chlorella* sp memiliki konsentrasi maksimum kandungan besi (Fe) yang masih ditoleransi sebesar 0,5 mg/L. jika kandungan besi pada media kultur melebihi batas 0,5 mg/L, maka dapat menyebabkan toksik terhadap perkembangan *Chlorella* sp. Untuk lebih jelasnya hasil pengukuran kadar besi (Fe) pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Grafik Pengukuran Logam Besi (Fe) Selama Penelitian

Dari Gambar 4.11. dilihat bahwa hasil pengukuran kandungan besi dari awal hingga akhir penelitian tetap sama, yaitu $< 0,20$ mg/L. Kandungan besi ini sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp, hal ini dikarenakan besi (Fe) bekerjasama dengan senyawa nitrat reduktase untuk mereduksi nitrat menjadi nitrit yang kemudian nitrit ini menjadi amonium. Amonium ini merupakan sumber nitrogen yang dapat diserap oleh *Chlorella* sp. Menurut Wijaya dan Hariyati (2012) nitrogen merupakan nutrient yang paling dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga, yaitu sebagai unsur penting dalam pembentukan klorofil dan protein.

Menurut Elystia *et al.*, (2020) *Chlorella* sp memiliki peran yang penting dalam memainkan logam besi (Fe) untuk regulasi metabolisme sel sebagai unsur esensial, tambahan nutrisi dan dapat membantu dalam proses fotosintesis.

4.4.9. Logam Mangan (Mn)

Pengukuran logam mangan (Mn) selama penelitian dilakukan 4 kali dalam 20 hari, yaitu pada hari ke 0, 7, 15 dan 20. Hasil pengukuran kandungan mangan (Mn) tiap masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil Analisis Mangan (Mn) Selama Penelitian

Perlakuan	Hari Pengukuran Mangan (mg/L)				Baku Mutu PERMEN LH 2014
	0	7	15	20	
P1	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	2 (mg/L)
P2	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	
P3	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	
P4	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	
P5	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	$< 0,20$	

Sumber: Laboratorium *Central Plantation Services* (2021)

Dari Tabel 4.12. dilihat bahwa rata-rata kandungan mangan (Mn) pada penelitian ini kecil dari 0,20 mg/L. Rendahnya kandungan mangan ini

dikarenakan lindi yang difermentasi mengalami pengurangan bahan organik penguraian sehingga unsur logam beratnya menurun. Hal tersebut sesuai menurut Yuwono (2006) bahwa fermentasi pada pupuk organik cair dapat menurunkan senyawa organik beracun dan patogen terhadap lingkungan.

Berdasarkan Tabel 4.12. tidak bisa kita ketahui pemanfaatan yang dilakukan oleh *Chlorella* sp dari awal, tengah, hingga akhir penelitian tidak ada perubahan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 5/PERMEN/LH/2014 tentang baku mutu mangan pada air limbah adalah 2 mg/L. Kandungan mangan (Mn) pada lindi berperan penting untuk perkembangan *Chlorella* sp karena mangan (Mn) ini berfungsi sebagai penyusun ribosom yang dapat mengaktifkan enzim polimerase yang berperan dalam sintesis protein dan juga sebagai aktivator enzim dalam siklus krebs dan proses fotosintesis pada *Chlorella* sp.

Untuk lebih jelasnya hasil pengukuran kandungan mangan (Mn) selama penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Grafik Pengukuran Logam Mangan (Mn) Selama Penelitian

Dari Gambar 4.12. dilihat bahwa kisaran kandungan mangan (Mn) selama penelitian sama, yaitu kecil dari 0,20 mg/L. Menurut Hadi *et al.*, (2015) mangan (Mn) berperan dalam proses terjadinya fotosintesis N. Sehingga jika media kultur yang digunakan mengalami proses defisiensi mangan, maka dapat berpengaruh terhadap biosintesis dan metabolisme akhir dari molekul penyusun sel.

Menurut Yulita (2015) unsur kandungan mangan (Mn) dibutuhkan oleh *Chlorella sp* untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif, membantu pembelahan sel, aktivator enzim, pembentukan stomata dan penyusun dinding sel tanaman.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kelimpahan *Chlorella* sp dengan puncak tertinggi sebanyak 7.311.111 sel/mL pada hari ke-16 dengan laju pertumbuhan spesifik 0,078 sel/hari, jumlah biomassa 0,44 g/L, yang terendah dengan puncak tercepat sebanyak 2.563.889 sel/mL pada hari ke-6 dengan laju pertumbuhan spesifik 0,195 sel/hari, jumlah biomassa 0,17 g/L.
2. Penggunaan lindi dengan dosis berbeda yang difermentasi EM4 memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap kelimpahan *Chlorella* sp, dengan respon terbaik pada perlakuan dosis (25%) dan terendah pada perlakuan dosis (5%). Kandungan nitrat berkisar antara 0,1583-3,9500 mg/L, kandungan fosfat berkisar antara 0,0420-5,8518 mg/L, logam beratnya tidak dapat diketahui karena awal, tengah dan akhir penelitian sama, yaitu $< 0,20$.

5.2. Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan saran sebagai berikut:

1. Lindi dapat digunakan untuk kultur mikroalga.
2. Melakukan penelitian mengenai lindi tanpa saring yang difermentasi EM4 terhadap kelimpahan *Chlorella* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- Acivedo, S., N. J. Pino and G. A. Panuela. 2017. Biomass Production of *Scenedesmus* sp and Removal of Nitrogen and Phosphorus in Domestic Wasterwater Remocion de Nitrogeno, Fosforo y Produccion de Biomass de *Scenedesmus* sp En Agua Residual Domestica. *Environmental Engineering*. Vol 193 (1): 185-193.
- Ali, M. 2013. Degradasi Nitrat Limbah Domistik Dengan Alga Hijau *Chlorella* sp. Penerbit: UPN Veteran Jatim.
- Amalo, D., M. L. Gaol dan H. D. Beribe. 2019. Pengaruh Konsentrasi Air Kelapa Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*. *Jurnal Biotropikal Sains*. Vol 16 (1): 28-39.
- Anderson, R. A. 2005. *Algal Culturing Techniques*. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press. 95 hal.
- Aprilliyanti, S., T. R. Soeprbowati dan B. Yulianto. 2016. Hubungan Kemelimpahan *Chlorella* sp dengan Kualitas Lingkungan Perairan pada Skala Semi Masal di BBBPBAP Jepara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol 14 (2): 77-81.
- Arfi, M. 2021. Pengaruh Pemberian Lindi dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Unuversitas Islam Riau. 116 hal.
- Aulia, M., T. Istirokhotun dan Sudarno. 2017. Penyisihan Kadar COD dan Nitrat Melalui Kultivasi *Chlorella* sp dengan Variasi Konsentrasi Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 6 (2): 1-9.
- Avivi, S., I. S. Suyani dan S. Winarso. 2010. Efek Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan *Aspergillus flavus* pada Perkecambahan Kacang Tanah. *Jurnal HPT Tropika*. Vol 10 (1): 64-72.
- Battah, M., Y. El-Ayoty., A. E. Abomohra., S. A. El-Ghany and A. Esmael. 2013. Optimization of Growth and Lipid Production of the Chlorophyte Microalga *Chlorella vulgaris* as a Feedstock for Biodiesel Production. *Journal of World Applied Scine*. Vol 28 (11): 1536-1546.
- Becker, E. W. 2007. Microalgae As Source of Protein. *Biotechnology Advances*. Vol 25 (2): 207-210.
- Biolita, N. O dan Harmadi. 2017. Perancangan Fotobioreaktor Mikroalga *Chlorella vulgaris* untuk Mengoptimalkan Kosentrasi Oksigen (O₂). *Jurnal Fisika Unand*. Vol 6 (3): 296-305.

- Boroh, R., M. Litaay., M. R. Umar dan Ambeng. 2019. Pertumbuhan *Chlorella* sp pada Beberapa Kombinasi Media Kultur. Jurnal Biologi Makassar. Vol. 4 (2): 129-137.
- Chen, G. Q and F. Chen. 2006. Gerowing Phototrophij Cells Without Light. Biotechnology Letters. Vol 28 (9) : 683-690.
- Damanhuri, E dan P. Tri. 2010. Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Dimas, A. P., T. Istirokhatun dan S. Praharyawan. 2017. Pemanfaatan Air Lindi TPA Jatibarang Sebagai Media Alternatif Kultivasi Mikroalga Untuk Perolehan Lipid. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 6 (1): 1-15.
- Dimiati, D. D dan W. Hadi. 2017. Uji Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Lindi dengan Penambahan Bakteri Starter terhadap Pertumbuhan Tanaman Hortikultura (*Solanum melongena* dan *Capsicum frutescens*). JURNAL TEKNIK ITS. Vol 6 (2): 349-354.
- Dwipayana., H. D. Ariesyady dan Sukandar. 2009. Identifikasi Keberagaman Bakteri pada Lumpur Hasil Pengolahan Limbah Cat dengan Teknik Konvensional. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 15 (1): 7-17.
- Edward. 2010. Freshwater Algae Indentification and Use As Biaoindicators. India: wiley-blackwell. 69 pp.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 249 hal.
- Elyana, P. 2011. Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa Hasil Fermentasi *Aspergillus Oryzae* dalam Pakan Komersil Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oriochromis niloticus*). Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Penegathuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 77 hal.
- Elystia, S., D. Larasati dan S. R. Muria. 2020. Produksi Lipid dari Mikroalga *Scenedesmus* sp pada Media Limbah Cair Tahu dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Photoperiod. Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 5 (2): 54-61.
- Elystia, S., S. R. Muria dan S. I. P. Pertiwi. 2019. Pemanfaatan Mikroalga *Chlorella* sp untuk Produksi Lipid dalam Media Limbah Cair Hotel dengan Variasi Rasio C:N dan Panjang Gelombang Cahaya. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. Vol 11 (1): 25-43.
- Fitria, Y. 2008. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industry Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM4 (*Effective Microorganisme* 4). Skripsi. Institute Pertanian Bogor. 72 hal.
- Ginting, P. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. Yrama widya. Bandung.

- Goa, S., W. Iba dan Indrayani. 2019. Pengaruh Dosis Pupuk Organik Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Chlorella vulgaris*. Media Akuatik. Vol 4 (2): 68-76.
- Gong, Q., Y. Feng., L. Kang., M. Lou and J. Yang. 2014. Effect of Light and pH on Cell Density of *Chlorella vulgaris*. Energi Procedia. Vol 61 (2014): 2012-2015.
- Hadi, R. P., T. R. Setyawati dan Mukarlina. 2015. Kandungan Protein dan Kepadatan Sel *Nannochloropsis oculata* pada Media Kultur Limbah Cair Karet. Jurnal Protobiont. Vol 4 (1): 120-127.
- Hafizhah, R., R. Hariyati dan Murningsih. 2012. Pengaruh Pemberian Kompos Sampah Rumah Tangga Terhadap Pertumbuhan *Chlorella vulgaris* pada Skala Laboratorium. BIOMA. Vol 14 (2): 73-77.
- Hartini, F., F. Restuhadi dan T. Dahril. 2017. Pemanfaatan Mikroalga *Chlorella* sp Dalam Menurunkan Baku Mutu Polutan Limbah Cair Industri Sagu. Jom FAPERTA. Vol 4 (1): 1-13.
- Hastuti, S dan Subandiyono. 2011. Performa Hematologis Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) dan Kualitas Air Media pada Sistem Budidaya Dengan Penerapan Kolam Biofiltrasi. Jurnal Saintek Perikanan. Vol 6 (2): 1-5.
- Herawati, H. 2008. Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Tengah. 66 hal.
- Ika., Tahril dan I. Said. 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut Di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. Vol 1 (4): 181-186.
- Indramarwan. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk *Azolla pinnata* Terhadap Populasi *Chaetoceros* sp. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton : Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut, Kanisius: Yogyakarta. 85 hal.
- Jasmiati., A. Sofia dan Thamrin. 2010. Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme (EM4). Ilmu Lingkungan. Journal of Environmental Science. Program Studi Lingkungan PPS Universitas Riau. Vol 2 (4): 148-158.
- Kawaroe, M. 2010. Mikroalga, Potensi dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar. Bogor: IPB Press. 75 hal.
- Kawaroe, M., T. Prartono dan G. Saefurahman. 2015. Kepadatan dan Laju Pertumbuhan Spesifik *Nannochloropsis* sp pada Kultivasi Heterotropik Menggunakan Media Hidrolisat Singkung. Omni Akuatika. Vol 11 (2): 15-19.

- Khusnuryani, A. 2008. Mikrobial Sebagai Agen Penurunan Fosfat pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. Program Studi Biologi dan Pendidikan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Komarawidjaja, W. 2010. Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Substitusi Media Kultur Mikroalga Dalam Upaya Mereduksi CO₂ Laporan Akhir. BPPT No.14.
- _____. 2011. Kajian Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pengolahan Rumput Laut Sebagai Media Kultur Mikroalga *Chlorella* sp. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol 12 (3): 241-250.
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Adi Offset. Yogyakarta. 352 hal.
- Kumar, A., S. Lingadurai., A. Jain and N. R. Barman. 2010. *Erythrina variegata* Linn: A Review on Morphology, Phytochemistry and Pharmacological Aspects. Pharmacognosy Review. Vol 4 (8): 147-152.
- Kurniawan, A., Y. Meilawati dan A. S. Putra. 2015. Reduksi Limbah Ikan Menjadi Pupuk Cair Organik dengan Variasi Lama Fermentasi dan Konsentrasi Biokatalisator EM4. Lingkungan Tropis. Vol 9 (1): 1-10.
- Lubis, N. A. 2018. Analisa Kadar Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Mata Air Subulussalam dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. Tugas Akhir. Program Studi D-3 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan. 42 hal.
- Lumaela, A. K., B. W. Otok dan Sutikno. 2013. Pemodelan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol 2 (1): 100-105.
- Malla, F. A., S. A. Khan., Rashmi., G. K. Sharma., N. Gupta and G. Abraham. 2015. Phycoremediation Potential of *Chlorella minutissima* on Primary and Tertiary Treated Wastewater for Nutrient Removal and Biodiesel Production. Ecological Engineering. Vol 75 (2015): 343-349.
- Meriatna., Suryati dan A. Fahri. 2018. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Activator EM4 (*Effective Microorganism*) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-buahan. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. Vol 7 (1): 13-29.
- Meritasari, D., S. Mubarak., L. Sulmartiwi dan E. D. Masithah. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Limbah Ikan Lemuru (*Sardinella* sp) dengan Dosis yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Vol 4 (1): 27-32.
- Merizawati. 2008. Analisis Sinar Merah, Hijau dan Biru Untuk Mengukur Kelimpahan Fitoplankton *Chlorella vulgaris*. Institut Pertanian Bogor. 87 hal.

- Moertinah, S. 2010. Kajian Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi. Jurnal Riset Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang. Vol 1 (2): 104-114.
- Mufidah, A., Agustono., Sudarno dan D. D. Nindarwi. 2017. Teknik Kultur *Chlorella* sp Skala Laboratorium dan Intermediet di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbundo Jawa Timur. Journal Of Aquaculture and Fish Health. Vol 7 (2): 50-56.
- Mulyaningsih, D. 2013. Pengaruh *Effective Microorganisms-4* (EM4) Terhadap Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu. Skripsi. Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta. 59 hal.
- Munir, F., R. Hariyanti dan E. Wiryani. 2017. Pengaruh Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Populasi *Chlorella pyreidosa* Dalam Skala Laboratorium. Jurnal Biologi. Vol 6 (2): 84-92.
- Nontji, A. 2006. Tiada Kehidupan di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton. LIPI Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta. 60 hal.
- Nurfadillah., A. Damar dan E. M. Adiwilaga. 2012. Komunitas Fitoplankton di Perairan Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah. Provinsi Aceh. Jurnal Depik. Vol 1 (2): 93-98.
- Nurlaili, F. R., Y. Hendrawan dan W. A. Nugroho. 2015. Pengaruh Dosis Penambahan Bakteri (*Azospirillum* sp) Terhadap Kelimpahan Populasi Mikroalga (*Chlorella* sp) pada Media Kultur Limbah Cair Biogas (Setelah Proses Anaerob). Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol 3 (2): 121-126.
- Nurtiyani, E. 2000. Sistem Skala Kecil Terpadu Pengolahan Limbah Cair Tahu Berbasis Mikroalga *Chlorella* sp Tahap I. Jakarta: Universitas Indonesia. 112 hal.
- Nwachi, O. F. 2013. An Overview of The Importance of Probiotics in Aquaculture. J. Fish. Aquat Scie. Vol 8 (1): 30-32.
- Pambayun, R., C. Nurhayati dan B. Hamzah. 2014. Pengaruh pH, Konsentrasi Isolate *Chlorella vulgaris* dan Waktu Pengematan Terhadap Tingkat Cemar Limbah Cair Crumb Rubber. Jurnal Dinamika Penelitian Industri. Vol 25 (2): 97-106.
- Panggabean, L. M. G., R. Hartono., V. S. Saveya dan S. Sitorus. 2010. Pengaruh Injeksi Karbondioksida Terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp dan *Nannochloropsis oculata*. Prosiding Seminar Nasional Limnology V. 704 hal.
- Pelczar, M. J. 2005. Dasar-dasar Mikrobiologi. UI Press. Jakarta.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. 2014. Baku Mutu Air Limbah. NO. 1815
- Permadi, R. 2019. Pemberian Pupuk POC dengan Dosis Berbeda yang Difermentasi Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau Pekanbaru. 94 hal.
- Pratama, A. G., R. Pribadi dan L. Maslukah. 2012. Kandungan Logam Berat Pb dan Fe pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Jurnal of Marine Research*. Vol 1 (1): 133-137.
- Price, K and I. H. Farag. 2013. Resources Conservation in Microalgae Biodiesel Production. *International Journal of Engineering and Technical Research*. Vol 1 (8): 49-56.
- Prihantini, N. B., B. Putri dan R. Yuniati. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* spp dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. *Makara Sains*. Vol 9 (1): 1-6.
- Priyambodo, K dan Tri. 2001. Budidaya Pakan Alami untuk Ikan. Jakarta. Penebar Swadaya. 28 hal.
- Rachmawati, A. 2019. Pemanfaatan *Chlorella* sp Sebagai Akumulator Logam Cadmium (Cd). Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 102 hal.
- Rahmah, N. L., S. Anggarini., M. H. Pulungan., N. Hidayat dan Wignyanto. 2014. Pembuatan Kompos Limbah Log Jamur Tiram : Kajian Konsentrasi Kotoran Kambing dan EM4 Serta Waktu Pembalikan. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol 15 (1): 59-66.
- Regista., Ambeng., M. Litaay dan R. M. Umar. 2017. Pengaruh Pemberian Vermikompos Cair *Lumbricus Rubellus Hoffmeister* pada Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*. Vol 2 (1): 1-8.
- Richmond, A. 2004. Biological Principles of Mass Cultivation. In: Richmond A, editor. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Publishing Ltd. London. pp. 125-177.
- Risky, Y. A., S. Jaya., D. Ayusti dan Ilham. 2013. Pengaruh Penambahan Logam Fe Terhadap Laju Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris* dan *Porphyridium creuntum*. *Jurnal Kimia*. Vol 1 (1): 1-7.
- Rostini, I. 2007. Kultur Fitoplankton (*Chlorella* sp dan *Tetraselmis chuii*) pada Skala Laboratorium, Universitas Padjajaran Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Jatinangor. 10 hal.
- Royan, M. R., Khomaruddin., M. D. Arifi dan Minto. 2010. Chlo-Juice (Jus *Chlorella*) Sebagai Minuman Multivitamin Berkhasiat, Berkalsium, dan

- Berprotein Tinggi Serta Sebagai Peluang Usaha Multiprofit. PKMK. Universitas Airlangga. Surabaya. 16 hal.
- Saleh, C dan H. Purnomo. 2014. Analisis Efektifitas Instalasi Pengolahan Limbah Lindi di TPA Supit Urang Kota Malang. Jurnal Teknik Pengairan. Vol 5 (1): 103-109.
- Santoso, A. D. 2018. Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu Bara Studi Kasus pada Danau Sangatta North Pt. Kpc di Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol 19 (1): 89-96.
- Schryver, P. D and W. Verstraete. 2009. Nitrogen Removal from Aquaculture pond Water by Heterotrophic Nitrogen Assimilation in lab-scale Sequencing Batch Reactor. Bioresorce Technology. Vol 100 (3): 1162-1167.
- Sen, B., M. T. Alp and M. A. T. Kocer. 2005. Studies on Growth Of Marine Microalgae In Batch Culture: II. *Isochrysis galbana* (haptophyta). Asian Journal of Plant Sciences. Vol 4 (6): 639-641.
- Shah, M. M. R., M. J. Alam and M. Y. Mia. 2003. *Chlorella* sp: Isolation, Pure Culture and Small Scale Culture in Brackish-water. Bangladesh. Khulna, Bangladesh. Vol 38 (3-4): 165-166.
- Sidabutar, H. 2016. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 65 hal.
- Simatupang, D., F. Restuhadi dan T. Dahril. 2017. Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella* sp dan EM4 Untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. Jom FAPERTA. Vol 4 (1): 1-13.
- Subarijanti, H. U. 2005. Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Plankton Universitas Brawijaya Malang. 65 hal
- Suciastuti, E dan C. T. Sutrisno. 2002. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Sudhakar, K., S. Suresh and M. Premalatha. 2011. An Overview of CO₂ Mitigation using Algae Cultivation Technology. International Journal of Chemical Research. Vol 3 (3): 110-117.
- Sugianti, Y. 2016. Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 67 hal.
- Sulistiono, E. 2018. Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Effective Microorganism Organik (EM4 Organik). Jurnal Abdimas Berdaya: Jurnal Pembelajaran, Pemberdayaan dan Pengabdian Masyarakat. Vol 1 (1): 22-28.

- Sumarlinah. 2000. Hubungan Komunitas Fitoplankton dan Unsur Hara N dan P di Danau Sunter Selatan Jakarta Utara. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 62 hal.
- Sundari, E., E. Sari dan R. Rinaldo. 2012. Pembuatan Pupuk Organik Cair Menggunakan Bioaktivator Biosca dan EM4. Prosiding SNTK Topi: Pekanbaru. Vol 2 (1): 93-97.
- Supriyantini, E., R. A. T. Nuraini dan A. P. Fadmawati. 2017. Studi Kandungan Bahan Organik pada Beberapa Muara Sungai di Kawasan Ekosistem Mangrove, di Wilayah Pesisir Pantai Utara Kota Semarang, Jawa Tengah. Buletin Oseanografi Marina. Vol 6 (1): 29-38.
- Suriawiria, U. 2005. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Alumni. Bandung. 84 hal.
- Susanto, J. P., S. P. Ganefati., S. Muryani dan S. H. Istiqomah. 2004. Pengolahan Lindi (*Leachate*) dari TPA dengan Sistem Koagulasi – *Biofilter Anaerobic*. Jurnal Tek.Ling-P3TL-BPPT. Vol 5(3): 167-173.
- Syamsudin, S. P dan A. R. Taufik. 2008. Efektifitas Aplikasi Enzim Dalam Sistem Lumpur Aktif pada Pengolahan Air Limbah Pulp dan Kertas. Berita Selulosa. Vol 43 (2): 83-92.
- Sylvester, B., D. Nelvy dan Sudjiharno. 2002. Persyaratan Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton. (10): 24-36.
- Tahril., P. Taba., L. N. Nafie dan A. Noor. 2011. Analisis Besi dalam Ekosistem Lamun dan Hubungannya dengan Sifat Fisikokimia Perairan Pantai Kabupaten Donggala. Jurnal Natur Indonesia. Vol 13 (2): 105-111.
- Trio, S. Z. 2019. Pemanfaatan Limbah Lindi terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau Pekanbaru. 100 hal.
- Umainana, M. R., A. S. Mubarak dan E. D. Masithah. 2019. The Effect of Agati (*Sesbania grandiflora*) Leaf Fertilizer on the Population of *Chlorella* sp. Journal of Aquaculture and Fish Health. Vol 8 (1): 1-7.
- Usman, S dan I. Santosa. 2014. Pengolahan Air Limbah Sampah (Lindi) dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Menggunakan Metoda *Constructed Wetland*. Jurnal Kesehatan. Vol 5 (2): 98-108.
- Utami, D. A., T. Dahril dan Windarti. 2020. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Limbah Cair Kelapa Sawit terhadap Pertumbuhan dan Komposisi Kimia *Chlorella* sp. Berkala Perikanan Terubuk. Vol 48 (2): 1-11.

- Utami, N. P., Y. MS dan K. Haetami. 2012. Pertumbuhan *Chlorella* sp Yang Dikultur Pada Perioditas Cahaya Yang Berbeda. Jurnal Perikanan dan Kelautan. Vol 3 (3): 237-244.
- Utami, R. A. 2014. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Pupuk Daun Turi Putih (*Sesbania grandiflora*) Terhadap Kandungan Klorofil dan Karotenoid pada *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya. 74 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.
- Wahyu, R. F. 2022. Pengaruh Pemberian Lindi Hasil Penyaringan dengan Dosis Berbeda Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. 119 hal.
- Widianingsih, W., A. Ridho., R. Hartati dan H. Harmoko. 2008. Kandungan Nutrisi *Spirulina platensis* yang Dikultur pada Media yang Berbeda. Ilmu Kelautan. Vol 13 (3): 167-170.
- Wijaya, T. S dan R. Hariyati. 2012. Struktur Komunitas Fitoplankton sebagai Bio Indikator Kualitas Perairan Danau Rawapening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. Buletin Anatomi dan Fisiologi dh Sellula. Vol 19 (1): 55-61.
- Yulita, E. 2015. Substitusi *Chlorella vulgaris* Hasil Isolasi dari Limbah Cair Industri Karet Sebagai Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Dinamika Penelitian Industri. Vol 26 (2): 131-138.
- Yustiani, Y. M. E., Afiatun dan S. Habibi. 2010. Analisis Kualiatas Air dan Sedimen di Waduk Cirata Akibat Kegiatan Keramba Jaring Apung (KJA). Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 12 (4): 243-252.
- Yuwono, T. 2006. Kecepatan Dekomposisi dan Kualitas Kompos Sampah Organik. Jurnal Inovasi Pertanian. Vol 4 (2): 116-123.
- Zulkifli. 2001. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu dengan Rotating Biological Contactor (RBC) pada Skala Laboratorium. Limnotek. Vol 8 (1): 21-34.