



**UJI EFEKTIFITAS PERTUMBUHAN *Spirulina* sp. PADA LIMBAH CAIR
TAHU YANG DIPERKAYA UREA DAN SUPER PHOSPHATE 36 (SP 36)**

SKRIPSI

Oleh

**Dawud Lutama Wimas
NIM 111510501065**

**PROGAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER
2015**



**UJI EFEKTIFITAS PERTUMBUHAN *Spirulina* sp. PADA LIMBAH CAIR
TAHU YANG DIPERKAYA UREA DAN SUPER PHOSPHATE 36 (SP 36)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh

**Dawud Lutama Wimas
NIM 111510501065**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, sebagai tuhanNya seluruh alam semesta beserta isinya yang maha pengasih, maha penyayang, maha mulia, dan maha perkasa dan telah memberikan rahmat-Nya kepada saya sehingga dapat menyelesaikan kuliah ini dengan baik, berprestasi, dan barokah;
2. Nabi Muhammad SAW, sebagai rasulullah dan suri tauladan yang telah menyampaikan ilmu al-quran dan al-hadist sehingga sangat bermanfaat sebagai bekal saya untuk sukses dalam dunia akhirat;
3. Ayah tercinta H. Khoirul mas'ud, yang telah membesarkan, membimbing, mendoakan, dan memberikan kasih sayangNya serta telah bekerja keras untuk membiayai kuliah saya hingga selesai di perguruan tinggi;
4. Ibu tercinta Wiwik Wigati, yang telah melahirkan, membesarkan, membimbing, mendoakan, dan memberikan kasih sayangNya serta tak hentinya bibir mengering untuk menasehati saya.
5. Adik-adikku tersayang Adam Anggara Mas'ud, Wimas Yusa' Habibi, Citra Mutiara Wimas, Wimas Wijaya Lubis, Sitta Fahma Aulia Wimas, atas dukungan, doa, dan kepercayaannya kepada saya untuk meraih kesuksesan;
6. Vita Karyasari, perempuan yang hadir dalam hidup saya dengan sejuta motivasi dan doa serta dukungan yang tak pernah henti untuk kesuksesan saya;
7. Bapak dan ibu dosen yang telah mengajarkan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada saya sehingga dapat menyelesaikan kuliah di perguruan tinggi;
8. Seluruh temanku agroteknologi 2011, atas kekompakan, kerja sama, dan perjuangan kita selama ini untuk sukses dalam menempuh perkuliahan di perguruan tinggi;
9. Seluruh teman, saudara lahir dan batin PPM SYAFIURAHMAN yang telah mendukung dan mendoakan untuk kesuksesan saya.
10. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember yang saya banggakan.

MOTTO

“ beli sapi dapat tali kendali, akan tetapi beli tali kendali tak dapat sapi ”

H. Nurhasan Al-Ubaidah Lubis

*“ ilmu adalah mataku
Sabar adalah pakaianku
Yakin adalah kekuatanku
Kejujuran adalah penolongku
Taat adalah kecintaanku
Sholat adalah kebahagiaanku ”*

Fauzy Ahmad Nur

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DAWUD LUTAMA WIMAS

NIM : 111510501065

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “UJI EFEKTIFITAS PERTUMBUHAN *Spirulina* sp. PADA LIMBAH CAIR TAHU YANG DIPERKAYA UREA DAN SUPER PHOSPHATE 36 (SP 36)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus saya junjung tinggi dalam lingkungan akademisi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia menerima sanksi akademik berdasarkan aturan yang berlaku jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2015

Yang menyatakan,

Dawud Lutama Wimas

NIM. 111510501065

SKRIPSI

**UJI EFEKTIFITAS PERTUMBUHAN *Spirulina* sp. PADA LIMBAH CAIR
TAHU YANG DIPERKAYA UREA DAN SUPER PHOSPHATE 36 (SP 36)**

Oleh

Dawud Lutama Wimas
NIM 111510501065

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Sugeng Winarso M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Tri Candra Setiawati M.si

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “UJI EFEKTIFITAS PERTUMBUHAN *Spirulina* sp. PADA LIMBAH CAIR TAHU YANG DIPERKAYA UREA DAN SUPER PHOSPHATE 36 (SP 36)” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Pertanian

Tim Penguji :

Ketua,

Dr. Ir. Tarsicius Sutikto, M.Sc.

NIP. 19550805 198212 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Ir. Sugeng Winarso M.Si.

NIP. 19640326 198103 1 003

Dr. Ir. Tri Candra Setiawati M.si

NIP. 19650523 19930 2 2001

Mengesahkan

Dekan ,

Dr. Ir. Jani Januar, MT.

NIP. 19590102 198803 1 002

RINGKASAN

Uji Efektifitas Pertumbuhan *Spirulina* sp. pada Limbah Cair Tahu yang Diperkaya Pupuk Urea dan SUPER PHOSPHATE 36 (SP 36); Dawud Lutama Wimas, 111510501065; 2015: 33 halaman; Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Produksi biomassa *Spirulina* sp. dapat ditingkatkan melalui optimasi media kultur *Spirulina* sp. Jenis media kultur yang banyak dipilih masyarakat dalam kultur *Spirulina* sp. adalah jenis Pro Analisis (PA) yang sudah distandarkan seperti media Zarouk. Mahalnya media kultur jenis PA menjadi dasar pencarian media alternatif untuk kultur *Spirulina* sp. Oleh sebab itu penggunaan media alternatif sangat dibutuhkan dalam pengembangan *Spirulina* sp. Limbah cair tahu memiliki kandungan unsur hara makro dan mikro yang cukup potensial sebagai media kultur *Spirulina* sp. Dalam penelitian ini, limbah cair tahu diperkaya dengan pupuk urea dan SP 36 untuk meningkatkan kandungan fosfor dan nitrogen dalam media kultivasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. pada limbah cair tahu yang diperkaya pupuk urea dan SP 36 berdasarkan produksi biomassa *Spirulina* sp.

Penelitian ini dimulai tanggal 13 januari 2015 sampai dengan 11 april 2015. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah dan Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium Fikologi, Laboratorium Mikrobiologi, dan Laboratorium Biologi Dasar Fakultas MIPA Universitas Jember. Sampel *Spirulina* sp. diperoleh dari Laboratorium Plankton, Puslit Limnologi, LIPI, Cibinong. Perlakuan penelitian terdiri atas L₁P₁ : Limbah cair tahu 20% , urea 300 mg/l, dan SP 36 200 mg/l; L₂P₁ : Limbah cair tahu 30% , urea 300 mg/l, dan SP 36 200 mg/l; L₃P₁ : Limbah cair tahu 40% , urea 300 mg/l, dan SP 36 200 mg/l; L₁P₀ : Limbah cair tahu 20%; L₂P₀ : Limbah cair tahu 30%; L₃P₀ : Limbah Cair tahu 40%; Z : Media Zarouk sebagai kontrol. Inokulum awal pada masing-masing media perlakuan yaitu 20368 sel/ml atau 0,0003 gr/L. Kultivasi *Spirulina* sp. dilakukan di 21 erlenmayer 500 ml, intensitas cahaya 2500 lux selama 16 jam, dan temperatur 22 °C. Pertumbuhan *Spirulina* sp. diamati sampai dengan hari ke-10 dengan mengukur nilai adsorban dari kerapatan atau

Optical density (OD) pada panjang gelombang 680nm. Kemudian hasil pengukuran OD dikonversi menjadi biomasa (gr/L) dan jumlah sel (sel/mL) serta dihitung kecepatan tumbuhnya.

Hasil penelitian menunjukkan kenaikan biomasa *Spirulina* sp. terhadap kontrol adalah L₁P₁ 237,87%, L₂P₁ 252,10%, L₃P₁ 51,15%, L₁P₀ 354,84%, L₂P₀ 412,90%, dan L₃P₀ 245,16 %. Biomasa perlakuan L₁P₁ 0,0190 gr/L, L₂P₁ 0,198 gr/L, dan L₃P₁ 0,0085 gr/L terjadi pada puncak pertumbuhan hari ke-2. Perlakuan L₁P₀ 0,0256 gr/L, L₂P₀ 0,0288 gr/L terjadi pada puncak pertumbuhan dari ke-7. Sedangkan perlakuan L₃P₀ 0,0187 dan Z 0,0056 terjadi pada puncak pertumbuhan hari ke-9. Kecepatan tumbuh spesifik pada hari ke-2 perlakuan L₁P₁ 4,22 sel/mL/hari, L₂P₁ 4,21 sel/mL/hari, L₃P₁ 3,29 sel/mL/hari, L₁P₀ 4,18 sel/mL/hari, L₂P₀ 3,78 sel/mL/hari, L₃P₀ 3,52 sel/mL/hari, Z 0,54 sel/mL/hari.

Berdasarkan produksi biomasa *Spirulina* sp. perlakuan limbah cair tahu dengan penambahan urea 300 mg/L dan sp 36 200 mg/L menunjukkan hasil kurang efektif, sedangkan perlakuan limbah cair tahu dengan konsentrasi 30% tanpa penambahan urea 300 mg/L dan sp 36 200 mg/L menunjukkan hasil yang lebih efektif dengan biomasa sebesar 0,0288 gr/L.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Uji Efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. pada Limbah Cair Tahu yang Diperkaya Urea dan SP (*Super Phosphate*) 36. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Jani Januar, MT. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember,
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si, Ph.D. selaku ketua Program Studi Fakultas Pertanian Universitas Jember
3. Ir. Joko Sudibya, M.Si. selaku ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember
4. Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si, selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.si, selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
6. Kedua orang tuaku tercinta H. Khoirul Mas'ud dan Wiwik Wigati, atas kasih sayang, doa, dukungan, dan kerja kerasnya demi membantu, mendukung, dan memberikan motivasi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik, aman, selamat, lancar, dan barokah.
7. Kelima adikku tercinta Adam Anggara Mas'ud, Wimas Yusa' Habibi, Citra Mutiara Wimas, Wimas Wijaya Lubis, Sitta Fahma Aulia Wimas, atas dukungan moral, doa, motivasinya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik, aman, selamat, lancar, dan barokah.
8. Vita Karyasari atas dukungan moral, doa, motivasinya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik, aman, selamat, lancar, dan barokah.
9. Ir. Martinus H. Pandutama, MSc.Ph.D selaku dosen yang telah mengajarkan penulis ilmu metodologi penelitian dan biometrika yang sangat bermanfaat bagi penyusunan skripsi ini.
10. Bapak dan ibu dosen yang telah mengajarkan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama kuliah di Fakultas Pertanian Univeristas Jember.
11. Seluruh staf dan karyawan di Fakultas Pertanian Univeristas Jember.

12. Drs. Moh Imron Rosyidi, M.,Sc. selaku dosen Ekologi Jurusan Bilogi Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu mikroalga sehingga bermanfaat bagi penyusunan skripsi ini.
13. Ir. Endang Susetyaningsih selaku teknisi Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Bilogi Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah membantu kelancaran peralatan dan bahan penelitian.
14. Purnama Okviandari, S.P, M.P., selaku teknisi Laboratorium Biologi Dasar Jurusan Bilogi Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah membantu kelancaran peralatan dan bahan penelitian.
15. Seluruh teman-temanku Agroteknologi angkatan 2011.
16. Seluruh teman-temanku di HIMAHITA dari angkatan awal hingga akhir.
17. Heru Sulisty, Mohammad Firdaus, Novantara Sunu, Bagus Rozaqi, Mohammad Fami Maulana, Dwi Santosa, yang telah membantu selama kegiatan di laboratorium.
18. Bapak H. Budiono, bapak Dian Agung Pangaribowo, bapak H. Taufiq beserta seluruh teman-temanku yang menghuni PPM SYAFIURAHMAN dari angkatan awal dan akhir.
19. Kepada semua pihak yang telah berjasa banyak dan tidak mungkin disebutkan satu per satu, penulis mengucapkan terima kasih
Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat diterima dan bermanfaat.

Jember, mei 2015.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biologi <i>Spirulina</i> sp.	4
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi	4
2.1.2 Habitat dan Ekologi	5
2.1.3 Reproduksi	5
2.2 Kultur <i>Spirulina</i> sp.	5
2.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. dalam Kultur	6
2.2.2 Fase Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.	6
2.3 Limbah Cair Tahu	8
2.3.1 Pengertian Limbah Cair Tahu	8
2.3.2 Komposisi Limbah Cair Tahu	10

2.4 Pupuk	11
2.4.1 Urea	11
2.4.2 SUPER PHOSPHATE 36 (SP 36).....	12
2.5 Hipotesis	13
BAB 3. METODOLOGI	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	14
3.2.1 Bahan Penelitian	14
3.2.2 Alat Penelitian	14
3.3 Metode Penelitian	14
3.3.1 Persiapan Bahan, Media, dan Tempat Media Kultur....	14
3.3.2 Optimasi pH dan Salinitas	16
3.3.3 Penentuan Perlakuan Konsentrasi Limbah Cair Tahu ..	18
3.4 Perlakuan Penelitian	19
3.5 Prosedur Percobaan	19
3.5.1 Inokulasi Sel <i>Spirulina</i> sp.	19
3.5.2 Pengukuran Pertumbuhan dan Kecepatan Tumbuh	
<i>Spirulina</i> sp.	20
3.5.3 Pengukuran BOD.....	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pengujian Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. pada Limbah cair	
Tahu	22
4.2 Penghitungan Kecepatan Tumbuh Spesifik <i>Spirulina</i> sp.	
Pada Hari ke-2	26
4.3 Karakteristik Limbah Cair Tahu setelah Kultivasi	28
4.4 Perbandingan Media Zarouk dan Media Limbah Cair	
Tahu sebagai Media Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.	29
BAB 5. PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Perubahan pH Media Limbah Cair Tahu Setelah Penambahan NaOH 2N	17
3.2 Perubahan Salinitas Media Limbah Cair Tahu Setelah Penambahan NaCl 5%	18
3.3 Variasi Media Limbah Cair Tahu dan Kontrol	18
3.4 Pengamatan <i>Spirulina</i> sp. pada Berbagai Konsentrasi Limbah Cair Tahu pada Hari ke-7	18
3.5 Perlakuan Penelitian	19
4.1 Presentase Kenaikan <i>Spirulina</i> sp. terhadap Kontrol.....	23
4.2 Komposisi dan Parameter Limbah Cair Tahu	29

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Gambar <i>Spirulina</i> sp.....	4
2.2 Gambar Siklus Hidup <i>Spirulina</i> sp.....	5
2.3 Gambar Kurva Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.....	7
2.4 Gambar Skema Pembuatan Tahu.....	9
3.1 Gambar Kolam Lele yang Ditumbuhi <i>Spirulina</i> sp. dan Morfologi <i>Spirulina</i> sp. Air Tawar	15
4.1 Gambar Proses <i>Scaling up</i> Kultur.....	15
4.1 Gambar Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.....	22
4.2 Gambar Perlakuan Limbah Cair Tahu yang Diperkaya Pupuk Nampak Lebih Keruh Dibanding dengan Perlakuan yang Lain.....	26
4.3 Gambar Grafik Kecepatan Tumbuh <i>Spirulina</i> sp.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Diagram Alir Penelitian.....	35
B. Komposisi Media Zarouk untuk Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.	36
C. Kandungan Unsur Hara dalam Limbah Cair Tahu.....	37
D. Perhitungan Salinitas Media.....	38
E. Data Hasil Pengamatan Optical Density (OD) kultur <i>Spirulina</i> sp.....	39
F. Data Hasil Perhitungan Biomassa <i>Spirulina</i> sp. (gr/L)	43
G. Data Hasil Perhitungan Jumlah Sel <i>Spirulina</i> sp. (sel/mL).....	44
H. Data Kecepatan Tumbuh Spesifik <i>Spirulina</i> sp. (sel/mL/hari)	45
I. Dokumentasi Penelitian.....	46

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, mikroalga mulai banyak dikembangkan untuk kepentingan riset dan teknologi. Pertumbuhan mikroalga yang lebih cepat serta kandungan lemak yang tinggi merupakan keuntungan dalam pengembangan mikroalga. Terdapat tiga komponen zat utama yang terkandung dalam mikroalga yaitu karbohidrat, protein, dan triasigliserol sebagai LST (Lemak Sel Tunggal). Karbohidrat dapat difermentasikan menjadi alkohol, protein dapat diolah menjadi produk makanan dan kecantikan, dan LST dapat diubah menjadi asam lemak. Kombinasi dari pemanfaatan tiga komponen diatas dapat menghasilkan makanan ternak (Sheehan, 1998). Salah satu mikroalga yang memiliki kandungan lemak dan protein yang cukup tinggi yaitu *Spirulina* sp.

Spirulina sp. merupakan merupakan alga hijau biru (*cyanobacteria*), multiseluler dan berbentuk heliks yang tersebar luas di perairan Indonesia. *Spirulina* sp. memiliki dinding sel yang tipis dan berbentuk silindris. Berdiamter 1-12 μ m. Bergerak secara menggelinding. *Spirulina* sp. terdapat pada terestial, air tawar (*fresh water*), air payau dan air laut (*marine water*) (Richmond, 2004).

Produksi biomasa *Spirulina* sp. harus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan industri. Upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan produksi biomasa diantaranya yaitu optimasi teknik kultur dan optimasi media kultivasi. Produksi biomasa *Spirulina* sp. dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu nutrien, suhu, cahaya, dan pH. Dalam pertumbuhannya *Spirulina* sp. membutuhkan nutrien makro (N,P,S,K,Na, Mg, Ca), nutrien mikro (Bo, Mo, Cu, Zn, Co) serta nutrien tambahan (C,H,O) (Borowitzka dan Borowitzka, 1988).

Pemenuhan kebutuhan nutrien untuk *Spirulina* sp. sangat bergantung pada ketersediaanya dalam medium kultur. Komposisi nutrien yang lengkap dan konsentrasi nutrien yang tepat menentukan produksi biomasa dan kandungan gizi mikroalga. Jenis pupuk yang banyak dipilih masyarakat dalam kultur *Spirulina* sp. adalah jenis Pro Analisis (PA) yang sudah distandarkan seperti media Zarouk.

Mahalnya harga media kultur jenis PA menjadi dasar pencarian media alternatif yang mampu meningkatkan produksi biomassa *Spirulina* sp. (Amanatin, 2013).

Pemanfaatan limbah organik yang kaya akan bahan organik sebagai sumber nutrisi *Spirulina* sp. dapat dikembangkan menjadi media alternatif kultur *Spirulina* sp. Salah satu limbah organik yang ketersediannya melimpah dan mudah didapat yaitu limbah cair pabrik tahu. Limbah cair tahu memiliki kandungan unsur hara makro dan mikro yang sesuai dengan kebutuhan *Spirulina* sp. (Lampiran 5). Penelitian yang dilakukan Dianursanti (2014), penggunaan media limbah cair tahu dengan dosis 30% dapat meningkatkan biomassa *Chorela vulgaris* sebesar 10,71% dibanding media walne. Limbah cair tahu mengandung P-total, amonia, N-total, karbon yang dimanfaatkan oleh *Chorela vulgaris* dalam proses metabolisme.

Spirulina sp. merupakan mikroalga yang tidak memiliki heterosis, sehingga *Spirulina* sp. tidak mampu memfiksasi nitrogen dari udara. Pemenuhan kebutuhan nitrogen sangat bergantung pada ketersediaannya dalam medium (Kurniasih, 2001 dalam Mubarak *et al*, 2012). Selain unsur nitrogen, *Spirulina* sp. juga membutuhkan kandungan fosfor yang optimum untuk menunjang pertumbuhannya (Andersen, 2005). Pada penelitian ini, untuk meningkatkan kandungan nitrogen dalam media limbah cair tahu menggunakan pupuk urea. Sedangkan kandungan fosfor dalam media limbah cair tahu ditingkatkan menggunakan pupuk SP (*Super phosphate*) 36. Pupuk urea mengalami ammonifikasi dan nitrifikasi terlebih dahulu sebelum diserap oleh *Spirulina* sp. Sedangkan fosfor diserap oleh *Spirulina* sp. dalam bentuk ion fosfat seperti H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} .

Media limbah cair tahu yang diperkaya urea dan SP 36 memiliki potensi untuk meningkatkan Produksi biomassa *Spirulina* sp. Oleh sebab itu, penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan media alternatif seperti media limbah cair tahu untuk kultur *Spirulina* sp. perlu dilakukan. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium agar kondisi lingkungan tidak menjadi faktor pembatas utama.

1.2 Perumusan Masalah

Spirulina sp. mengandung lemak dan protein yang cukup tinggi. Sehingga bisa dimanfaatkan untuk meningkatkan kebutuhan gizi pangan seperti protein sel tunggal (PST) dan lemak sel tunggal (LST). Berbagai upaya peningkatan produksi biomasa *Spirulina* sp. telah dilakukan, salah satunya adalah optimasi media kultur *Spirulina* sp.

Pemanfaatan limbah cair tahu yang diperkaya urea dan sp 36 sebagai media kultivasi berpotensi untuk meningkatkan efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. Tingkat efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. diukur berdasarkan peningkatan produksi biomasa *Spirulina* sp. pada media pertumbuhan. Berdasarkan uraian tersebut, maka muncul permasalahan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. pada limbah cair tahu yang diperkaya urea dan sp-36 dibanding dengan media zarouk?
2. Berapakah kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp.?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui tingkat efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. pada limbah cair tahu yang diperkaya urea dan sp-36.
2. Untuk mengetahui kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Dapat menghasilkan media kultur alternatif yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp.
2. Dapat mengetahui kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp.

BAB 2. TINJAUAN PUTAKA

2.1 Biologi *Spirulina* sp.

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Spirulina sp. merupakan nama umum dari dua spesies *Cyanobacteria* (alga biru-hijau/*blue green algae*). Klasifikasi *Spirulina* sp. dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan menurut Bold & Wynne (1985) adalah sebagai berikut:

kingdom : Protista

divisi : Cyanophyta

kelas : Cyanophyceae

ordo : Nostocales

famili : Oscillatoriaceae

genus : *Spirulina* sp

spesies : *Spirulina sp fusiformis*

Spirulina sp. merupakan mikroorganisme autotrof berwarna hijau-kebiruan, dengan sel berkoloni membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (helix), sehingga disebut alga biru-hijau berfilamen (*Cyanobacterium*). Bentuk tubuhnya yang menyerupai benang merupakan rangkaian sel (*trichome*) yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis, berdiameter 1-12 μm . Filamen *Spirulina* sp. hidup berdiri sendiri dan dapat bergerak bebas (Hariyati, 2008).



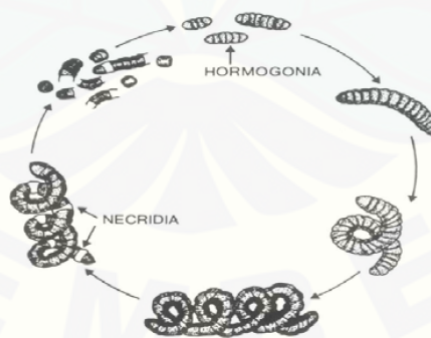
Gambar 2.1 *Spirulina* sp.
(Sumber : Hariyati, 2008)

2.1.2 Habitat dan Ekologi

Spirulina sp. merupakan organisme yang ada dimana-mana dan tersebar luas pada lingkungan yang berbeda seperti di terestrial, rawa, air tawar, air payau, air laut. *Spirulina* sp. dapat bertempat di lingkungan yang ekstrim yang organisme lain tidak dapat hidup (Borowitzka dan Borowitzka, 1988). Lingkungan *Spirulina* sp. cenderung bersifat alkali, kadar salinitas optimum yaitu 12-20 gr/l. pH optimum *Spirulina* sp. yaitu 9,5-9,8. Temperatur optimum yaitu 25-35 °C (Richmond, 2004).

2.1.3 Reproduksi

Siklus hidup *Spirulina* sp. yaitu proses reproduksinya disempurnakan dengan fragmentasi dari trikoma yang telah dewasa. Reproduksi *Spirulina* sp. terjadi secara aseksual (pembelahan sel) yaitu dengan memutus filamen menjadi satuan-satuan sel yang membentuk filamen baru. Ada tiga tahap dasar pada reproduksi *Spirulina* sp. yaitu proses fragmentasi trikoma, pembesaran dan pematangan sel hormogonia, serta perpanjangan trikoma (Gambar 2.2). Selanjutnya trikoma dewasa dapat dibagi menjadi filamen atau hormogonia, dan sel-sel di hormogonia akan meningkat melalui pembelahan biner, tumbuh memanjang dan membentuk spiral (Hongmei Gong *et al.*, 2008).



Gambar 2.2 Siklus Hidup *Spirulina* sp.
(Sumber : Hongmei Gong *et al.*, 2008)

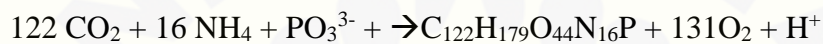
2.2 Kultur *Spirulina* sp.

2.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam Kultur

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam kultur yaitu nutrisi, temperatur dan intensitas cahaya. Masing – masing faktor tersebut harus diperhatikan dalam kultur *Spirulina* sp. agar produksi biomassa spirulina dapat dioptimalkan.

a. Nutrien

Spirulina sp. memerlukan nutrisi C,H,O,N,P,K untuk melakukan proses metabolisme atau fotosintesis. Kebutuhan nutrisi *Spirulina* sp. untuk melakukan proses fotosintesis dapat disajikan sebagai berikut :



Kebutuhan nutrisi mikroalga cukup besar yaitu 56,3% C; 8,6% N; 1,2%P dalam basis berat (Moi dalam Haryanto et al, 2012). Nitrat merupakan sumber nitrogen utama yang diasimilasi oleh *Spirulina* sp. (Borowitzka dan Borowitzka, 1988).

b. Temperatur

Spirulina sp. merupakan alga mesophilic. Temperatur yang optimal untuk kultur *Spirulina* sp. yaitu 35°C sampai 37°C untuk skala besar atau masal. Sedangkan kultur *Spirulina* sp. untuk skala laboratorium membutuhkan temperatur 18°C sampai dengan 24°C (Borowitzka dan Borowitzka, 1988).

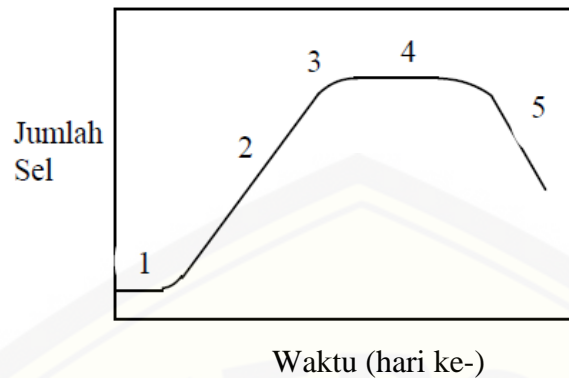
c. Intensitas cahaya

Spirulina sp. merupakan organisme fotosintetik sehingga dalam melakukan metabolisme memerlukan cahaya. Pada kultur *Spirulina* sp. skala laboratorium sumber cahaya berasal dari lampu TL. Intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. yaitu 2000-4000 Lux. Lama pencahayaan yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. yaitu 16 jam terang dan 8 jam gelap (Borowitzka dan Borowitzka, 1988).

2.2.2 Fase Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Pertumbuhan mikroalga berlangsung dalam 5 fase seperti pada gambar

2.3.



Gambar 2.3 Kurva Pertumbuhan *Spirulina* sp.
(Sumber : Fogg dan Thake, 1987)

Keterangan :

1. Fase lag

Fase lag merupakan fase tunda. Terjadinya fase tunda disebabkan sel memerlukan penyesuaian dengan lingkungan baru sebelum memulai pembiakan (pembelahan). Penyesuaian dalam hal ini berarti suatu masa ketika sel-sel kekurangan metabolit dan enzim akibat keadaan yang tidak menguntungkan dalam pembiakan sebelumnya. Pada fase ini tidak terjadi penambahan jumlah sel.

2. Fase logaritmik

Fase logaritmik atau fase eksponensial terjadi ketika sel-sel dalam keadaan stabil, dan jumlah sel bertambah dengan kecepatan yang konstan. Bahan sel baru terbentuk dengan laju tetap, akan tetapi bahan-bahan tersebut bersifat katalitik dan massa bertambah secara eksponensial.

3. Fase penurunan laju

Fase penurunan laju pertumbuhan terjadi akibat dari kompetisi yang tinggi dalam media kultur sel. Zat makanan yang tersedia dalam media kultur kurang mencukupi kebutuhan populasi sel yang meningkat pada fase eksponensial.

4. Fase stasioner

Fase stasioner terjadi ketika sel cenderung konstan. Kehabisan nutrisi dalam media kultur merupakan salah satu sebab yang dapat menyebabkan sel berhenti tumbuh. Dalam kebanyakan kasus, pergantian sel terjadi dalam fase

stasioner. Kehilangan sel yang lambat karena kematian diimbangi dengan pembentukan sel-sel yang baru melalui pembelahan. Dalam kondisi seperti ini, maka jumlah sel akan bertambah secara lambat, meskipun jumlah sel tetap.

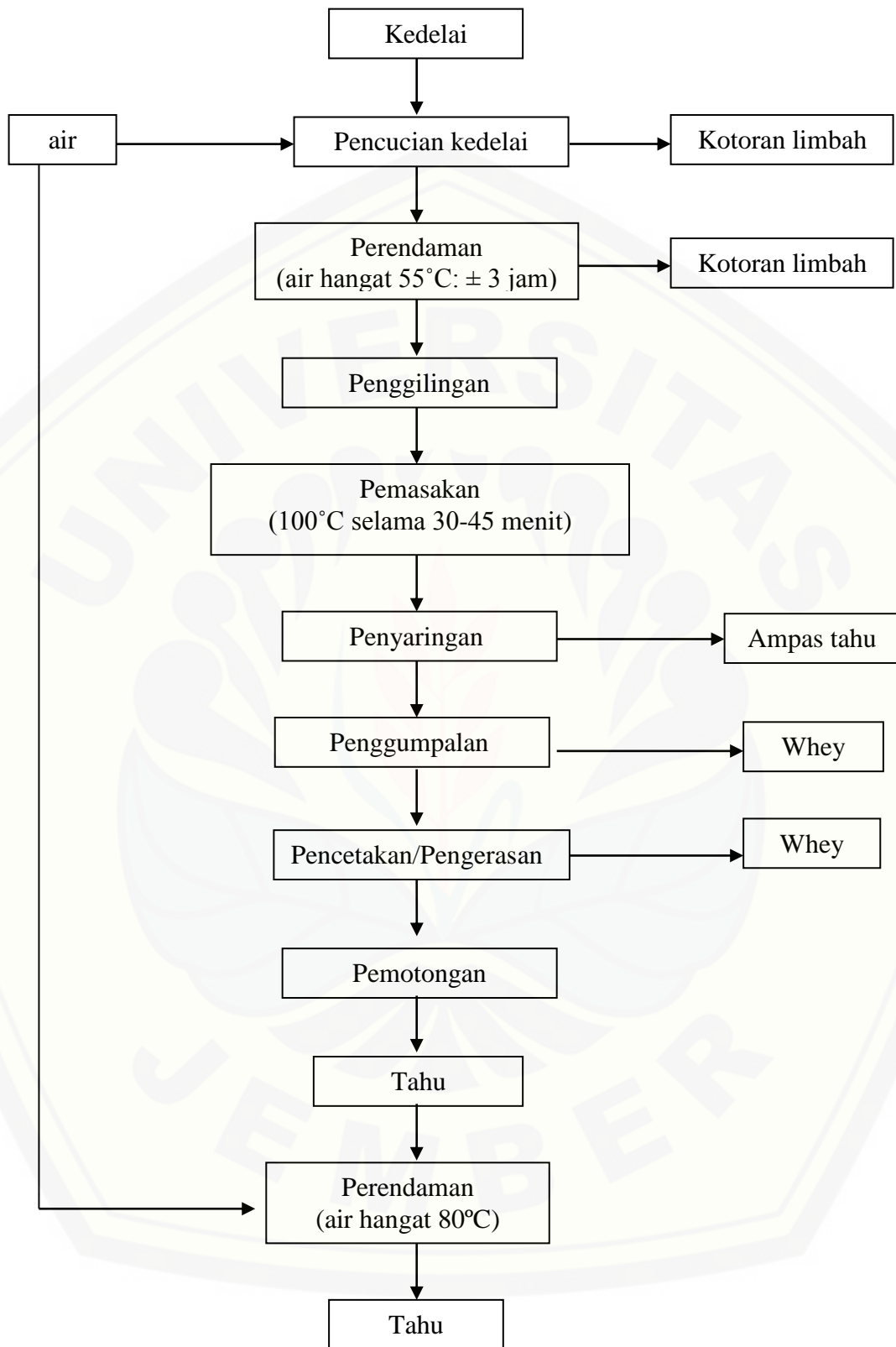
5. Fase kematian

Fase kematian merupakan fase jumlah populasi sel menurun, jumlah sel mati per satuan waktu perlahan-lahan dan akhirnya kecepatan mati dari sel-sel menjadi konstan (Dianursati, 2012).

2.3 Limbah Cair Tahu

2.3.1 Pengertian Limbah Cair Tahu

Tahu diproduksi melalui proses penggumpalan (pengendapan) protein susu kedelai, bahan yang digunakan yaitu batu tahu (CaSO_4), Asam cuka (CH_3COOH) dan MgSO_4 . Proses pembuatan tahu pada industri tahu meliputi proses sortasi, perendaman, pengupasan kulit, pencucian, penggilingan, perebusan, dan penyaringan. Air buangan yang berasal dari pembuatan tahu merupakan limbah cair yang berpotensi menjadi pencemaran lingkungan (Husin, 2008).



Gambar 2.4. Skema Pembuatan Tahu
(Sumber : Potter dan Gani, 1994).

2.3.2 Komposisi Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu memiliki beberapa karakteristik yang penting untuk diketahui antara lain :

1. Padatan tersuspensi, yaitu bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat erat berhubungan dengan tingkat kekeruhan air, semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air akan semakin keruh (Metcalf dan Eddy, 2003).
2. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair (Metcalf dan Eddy, 2003). Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi.
3. *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (misal kalium dikromat) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air (Metcalf dan Eddy, 2003). Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan hewan air lain yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup.
4. Nitrogen total (N-total) yaitu fraksi bahan-bahan organik campuran senyawa kompleks antara lain asam-asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino). Dalam analisis limbah cair, N-total terdiri dari campuran N-organik, N-amonia, nitrat dan nitrit (Sawyer *et al*, 1994). Nitrogen organik dan nitrogen amonia dapat ditentukan secara analitik menggunakan metode Kjehdahl, sehingga lebih lanjut konsentrasi total keduanya dapat dinyatakan sebagai Total Kjehdahl Nitrogen (TKN). Senyawa-senyawa N-Total adalah senyawa-senyawa yang mudah terkonversi menjadi amonium (NH_4^+) melalui aksi mikroorganisme dalam lingkungan air atau tanah (Metcalf dan Eddy, 2003). Menurut Kuswardani (1985) limbah cair indusdtri tahu mengandung N-total sebesar 434,78 mg/L

5. Derajat kemasaman (pH). Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam (BPPT, 1997), pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah menguap. Hal ini akan mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk.

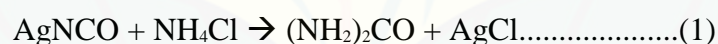
Limbah cair tahu memiliki kandungan unsur hara baik unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh *Spirulina* sp. (Lampiran 5).

2.4 Pupuk

Optimasi media limbah cair tahu sebagai media kultivasi *Spirulina* sp. menggunakan pupuk urea dan Super Phosphate 36 (SP 36). Produksi biomasa *Spirulina* sp. sangat dipengaruhi oleh kandungan nitrogen dan fosfor dalam media. Maka untuk meningkatkan kandungan nitrogen dan fosfor dalam media dilakukan Penambahan pupuk urea dan SP 36.

2.4.1 Urea

Urea mempunyai nama lain *carbamide* dengan rumus kimia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Pada tahun 1773 Hilaire Rouelle menemukan senyawa tersebut. Tahun 1828, Friedrich Woehler berhasil membuat urea sintetis melalui reaksi sebagai berikut :



Bosh dan Meiser memproduksi urea dengan bahan dasar amonia dan karbondioksida. Sehingga proses produksi urea tersebut lebih efektif dibanding dengan proses yang ditemukan Wohler (Overdahl *et al*, 1991). Reaksi pembentukan urea berdasarkan Bosh dan Meiser adalah sebagai berikut :



Pupuk urea mempunyai kadar N 45-46%. Urea larut sempurna di dalam air, dan tidak mengasamkan tanah. Pupuk urea padat berbentuk butiran bulat kecil (diameter lebih kurang 1 mm).

Sifat urea yang tidak menguntungkan adalah sangat hidroskopis dan mulai menarik air dari udara pada kelembaban nisbi 73%. Urea tidak bersifat mengionisir dalam larutan sehingga mudah mengalami pencucian, karena tidak mudah terjerap oleh koloid tanah. Untuk dapat diserap oleh akar tanaman urea

harus mengalami ammonifikasi dan nitrifikasi lebih dahulu, maka kalau dibandingkan dengan pupuk ZA, bekerjanya pupuk urea lambat. Cepat dan lambatnya perubahan bentuk amide dari urea ke bentuk senyawa N yang dapat diserap oleh tanaman sangat bergantung pada beberapa faktor adalah keadaan populasi, aktivitas mikroorganisme, kadar air dari tanah, temperatur tanah dan banyaknya pupuk urea yang diberikan (Madjid, 2009).

Nitrogen (N) diberikan dalam bentuk NH_4NO_3 , NH_2PO_4 , NH_2SO_4 . Berfungsi untuk membentuk protein, lemak, dan berbagai senyawa organik lain, pertumbuhan dan pembentukan sel secara vegetatif (Wijoseno, 2011). Urea sebagai penyedia N dalam bentuk ammonium sangat penting bagi pertumbuhan mikroalga. Ion ammonium digunakan dalam proses fotosintesis oleh mikroalga (Dianursanti, 2014).

2.4.2 Super Phosphate 36 (SP 36)

Pupuk SP 36 merupakan sumber fosfor bagi organisme fotosintetik termasuk salah satunya *Spirulina* sp. kandungan pupuk SP 36 adalah P_2O_5 total : 36%; P_2O_5 tersedia: 34% ; P_2O_5 larut air : 30%. Pupuk SP 36 terbuat dari fosfat alam dan sulfat. Berbentuk butiran dan berwarna abu-abu. Pupuk SP 36 bersifat sukar larut dalam air, reaksinya lambat sehingga sering kali digunakan sebagai pupuk dasar (Novizan, 2002).

Fosfor diserap mikroalga dalam bentuk ion fosfat. Ion fosfat terdapat tiga bentuk yaitu H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} . Namun pada umumnya fosfat diserap tanaman dalam bentuk H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} . Sedangkan PO_4^{3-} lebih sulit diserap oleh tanaman (Engelstad, 1997).

Pupuk SP 36 mempunyai keunggulan yaitu:

- a. Kandungan fosfor dalam bentuk P_2O_5 tinggi yaitu sebesar 36%
- b. Bersifat netral sehingga tidak mempengaruhi kemasaman tanah
- c. Tidak mudah menghisap air, sehingga dapat disimpan cukup lama dalam kondisi yang baik
- d. Dapat dicampur dengan pupuk urea atau pupuk Za pada saat penggunaan.

Fosfor (P) merupakan unsur yang sangat penting untuk pertumbuhan mikroalga. Fosfor diberikan dalam bentuk KH_2PO_4 berfungsi untuk metabolisme energi, sebagai stabilitor membran sel, pengaturan metabolisme alga, pengaturan produksi pati/amilum, pembentukan karbohidrat, sangat penting dalam transfer energi, protein, dan sintesis asam amino serta kontribusi terhadap struktur dan asam nukleat (Wijoseno, 2011).

2.5 Hipotesis

Berdasarkan uraian teoritis diatas, maka hipotesis dalam penelitian ini yaitu sebagai pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam media limbah cair tahu yang diperkaya urea dan SP 36 lebih efektif dibanding media zarouk

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2015 sampai dengan April 2015. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dan Laboratorium Biologi tanah, Fakultas Pertanian, dan Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Biologi Dasar dan Laboratorium Fikologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu monokultur *Spirulina* sp. dari koleksi Laboratorium Plankton, Puslit Limnologi, LIPI, Cibinong., Media Zarouk, limbah cair tahu 3 liter, aquades dan air sumur.

3.2.2 Alat Penelitian

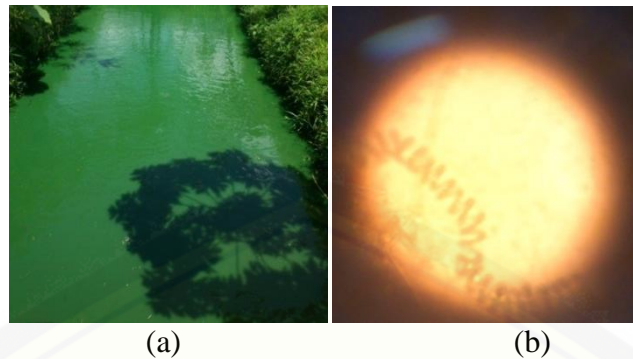
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer UV-VIS dan DO meter.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Persiapan Bahan, Media, dan Tempat Media Kultur

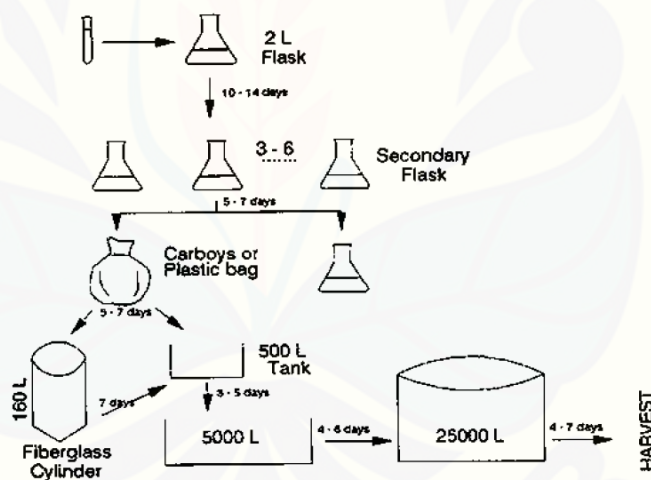
Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah stok sel *Spirulina* sp. Berdasarkan salinitasnya, terdapat dua macam *Spirulina* sp. yaitu *Fresh water* dan *marine water*. *Fresh water* memiliki salinitas yang rendah. Pada umumnya *spirulina* sp. *fresh water* ditemukan di kolam, danau, sungai air tawar. Sedangkan *marine water* memiliki salinitas yang tinggi. Pada umumnya *spirulina* sp. *marine water* ditemukan di air laut.

Penelitian ini diawali dengan mencari *Spirulina* sp. di kolam-kolam air tawar di daerah kabupaten Jember. Identifikasi warna air kolam sangat penting dalam mencari sampel *Spirulina* sp. Warna air kolam yang berwarna hijau kebiruan dapat diduga kuat bahwa kolam tersebut merupakan habitat *Spirulina* sp. (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 (a) Kolam Lele yang Ditumbuhi *Spirulina* sp. (b) Gambar Morfologi *Spirulina* sp. Air Tawar (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Penggunaan sampel *Spirulina* sp. air tawar harus diisolasi terlebih dahulu agar didapatkan *Spirulina* sp. monokultur. Setelah proses isolasi *Spirulina* sp. berhasil maka dilakukan tahap *scaling up*. Tahap *scaling up* yaitu tahap memperbanyak *Spirulina* sp. dari sel tunggal *spirulina* sp. menjadi stok murni *spirulina* sp.



Gambar 3.2 Proses *Scaling up* Kultur

Proses isolasi dan *Scaling up* merupakan proses yang cukup rumit dan terdapat berbagai kendala. Faktor kontaminasi, ruang laboratorium yang suhunya tidak terkontrol mengakibatkan kegagalan dalam proses isolasi dan *Scaling up*. Sehingga bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah stok sel *Spirulina* sp. dari kultur murni koleksi Laboratorium Plankton, Puslit Limnologi, Lembaga Penelitian Indonesia (LIPI), Cibinong. Media perbanyak *Spirulina* sp.

adalah media Zarouk. Media zarouk merupakan perlakuan kontrol dalam penelitian ini. Adapun komposisi media Zarouk dapat dilihat pada lampiran 2.

Media perlakuan merupakan media limbah cair tahu. Limbah cair tahu berasal dari industri tahu di desa Gebang, kecamatan Kaliwates, Jember. Limbah cair tahu disaring dengan kain saring halus terlebih dahulu kemudian diencerkan dengan air sumur. Sebab limbah cair tahu bersifat masam dan salinitas rendah maka dilakukan optimasi pH dan salinitas limbah cair tahu. Media perlakuan disterilisasi dengan autoclave dengan suhu 120 °C dengan tekanan 1 atm.

Tempat media kultur menggunakan erlenmayer 500 mL sebanyak 21 buah. Sebelum erlenmayer digunakan untuk kultur, dilakukan pencucian dengan perendaman HCl 0,1 N selama 24 jam. Setelah perendaman, erlenmayer dibilas dengan aquades dan dikeringanginkan. Kemudian erlemayer disteriliasasi dengan autoclave dengan suhu 120°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit.

3.3.2 Optimasi pH dan Salinitas

Pertumbuhan *Spirulina* sp. sangat dipengaruhi oleh pH media. *Spirulina* sp. tumbuh optimal pada pH 9,5-9,8 dan lebih mentolerir kondisi basa dari pada kondisi asam karena *Spirulina* sp. mampu memanfaatkan karbon dioksida dengan efeisien walaupun tersedia pada konsentrasi sangat rendah (Richmod, 2004). pH diatas 10,5 atau kurang dari 7 akan menghambat pertumbuhan *Spirulina* sp. Ketidaksesuaian pH akan mengakibatkan lisis dan dapat mengubah pembentukan pigmen fikobiliprotein (Hariyati, 2008).

Limbah cair tahu memiliki nilai keasaman (pH) sangat rendah yaitu 3,5-4.. Kondisi asam akan mengakibatkan terlepasnya zat-zat yang mudah menguap seperti asam sulfida (H_2S) dan metana (CH_4) sehingga limbah cair tahu mengeluarkan bau busuk. Hal tersebut terjadi karena ada proses pemecahan protein yang mengandung sulfur atau sulfat tinggi oleh mikroba alam (Ratnani, 2011). Sebelum media limbah cair tahu dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp., media limbah cair tahu harus ditingkatkan pHnya terlebih dahulu sampai pH media menunjukkan pH optimal yaitu 9,5. Untuk meningkatkan pH limbah cair tahu pada penelitian ini menggunakan NaOH 2 N.

Peningkatan pH dilakukan dengan cara memberikan NaOH 2 N secara bertahap dan diukur pHnya dengan pH meter. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pemberian 76 tetes NaOH setara dengan 5 mL. Nilai kenaikan pH dapat dilihat di tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perubahan pH Media Limbah Cair Tahu setelah Penambahan NaOH 2N

Limbah cair tahu	PH awal	NaOH 2N	PH akhir
10%	4,46	1,3 ml	9,5
20%	3,98	2 ml	9,5
30%	3,83	3 ml	9,5
40%	3,75	4 ml	9,5
50%	3,63	5,5 ml	9,5

Selain pH, suhu dan salinitas merupakan faktor penting bagi pertumbuhan *Spirulina* sp. Kebanyakan *Spirulina* sp. bersifat toleran terhadap suhu tinggi (eury thermal) dan toleran terhadap salinitas tinggi (eury haline), sehingga pengaruh kedua faktor tersebut pada *Cyanobacteria* khususnya *Spirulina* sp. relatif lebih kecil dibanding pengaruhnya pada jenis mikroalga lain (Hariyati, 2008).

Pengaturan suhu pada penelitian ini menggunakan suhu yang terkontrol dalam laboratorium. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 22°C. Sebab kisaran suhu optimal bagi pertumbuhan *Spirulina* sp. di skala laboratorium adalah 18-24°C.

Salinitas berpengaruh terhadap organisme air dalam mempertahankan tekanan osmotiknya. Pada umumnya mikroalga memperlihatkan terjadinya hambatan proses fotosintesis setelah dipindahkan pada medium yang lebih tinggi atau tekanan osmotik yang lebih tinggi. Salinitas yang optimal bagi pertumbuhan *Spirulina* sp. adalah 12-20 gr/L (Richmond, 2004). Hasil pengukuran salinitas sampel *Spirulina* sp. dari Laboratorium Plankton, Puslit Limnologi, LIPI adalah 12,8 gr/L, maka salinitas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 12,8 gr/L. Limbah cair tahu merupakan *fresh water* yang mempunyai salinitas rendah maka untuk meningkatkan salinitas pada media limbah cair tahu dapat digunakan NaCl (tabel 3.2). Penambahan NaCl pada media dilakukan sesuai dengan perhitungan pada lampiran 3.

Tabel 3.2 Salinitas Media Limbah Cair Tahu setelah Penambahan NaCl

Limbah cair tahu	Salinitas awal	NaCl (dalam 500 mL)	Salinitas akhir
10%	0,2 gr/L	6,25 gr	12,8 gr/L
20%	0,27 gr/L	6,21 gr	12,8 gr/L
30%	0,36 gr/L	6,16 gr	12,8 gr/L
40%	0,44 gr/L	6,11 gr	12,8 gr/L
50%	0,7 gr/L	6,04 gr	12,8 gr/L

3.3.3 Penentuan Perlakuan Konsentrasi Limbah Cair Tahu

Penentuan perlakuan konsentrasi limbah cair tahu didahului dengan penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan menggunakan konsentrasasi limbah cair tahu 10%, 20%, 30%, 40%, 50% (tabel 3.3). Setelah optimasi pH dan salinitas (tabel 3.1 dan 3.2) media limbah cair tahu dilakukan maka dilakukan inokulasi *Spirulina* sp. Hasil dari penelitian pendahuluan digunakan sebagai acuan penentuan perlakuan konsentrasi limbah cair tahu sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp.

Tabel 3.3 Variasi Media Limbah Cair Tahu dan Kontrol.

Volume limbah cair tahu (%)	Volume medium (mL)		Limbah cair tahu: total volume
	Air sumur	Limbah cair tahu	
10	450	50	1:10
20	400	100	1:5
30	350	150	1:3,3
40	300	200	1:2,5
50	250	250	1:2

Tabel 3.4 Pengamatan *Spirulina* sp. pada Berbagai Konsentrasi Limbah Cair Tahu pada Hari ke-7.

Perlakuan limbah cair tahu	Hasil
10%	Tumbuh (kerapatan sangat rendah)
20%	Tumbuh (kerapatan sedang)
30%	Tumbuh (kerapatan tinggi)
40%	Tumbuh (kerapatan rendah)
50%	Mati

Hasil pengamatan penelitian pendahuluan didapatkan berdasarkan pengamatan secara visual pada media pertumbuhan dan mikroskop. Berdasarkan hasil pada tabel 3.4, *Spirulina* sp. pada konsentrasi limbah cair tahu 50% mengalami kematian. Hal ini disebabkan karena tingkat kekeruhan sangat tinggi

sehingga cahaya yang digunakan fotosintesis kurang optimal. Sedangkan *Spirulina* sp. pada konsentrasi limbah cair tahu 10% dapat tumbuh akan tetapi kerapatannya sangat rendah. Hal ini disebabkan kandungan nutrisi dalam media pertumbuhan sangat rendah. Pada penelitian yang dilakukan Dianursanti (2014), pertumbuhan *Chorela* sp. tumbuh baik pada konsentrasi limbah cair tahu 20% dan 30%. Berdasarkan hasil uji pendahuluan konsentrasi limbah cair tahu terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. maka perlakuan limbah cair tahu yang digunakan 20%, 30%, dan 40%

3.4 Perlakuan Penelitian

Penelitian ini merupakan uji coba pengaruh media limbah cair tahu dalam kultivasi *Spirulina* sp. Perlakuan dalam media kultur *Spirulina* sp. ini yaitu kombinasi limbah cair tahu dan pupuk urea dan SP 36 serta kontrol berupa media zarouk.

Tabel 3.5 Perlakuan Penelitian

Faktor limbah cair tahu	Faktor pupuk	Kode
20% (L ₁)	Urea (300 mg/l), SP36 (200 mg/l) (P ₁)	L ₁ P ₁
	Tanpa pupuk(P ₀)	L ₁ P ₀
30%(L ₂)	Urea (300 mg/l), SP36 (200 mg/l) (P ₁)	L ₂ P ₁
	Tanpa pupuk(P ₀)	L ₂ P ₀
40%(L ₃)	Urea (300 mg/l), SP36 (200 mg/l) (P ₁)	L ₃ P ₁
	Tanpa pupuk(P ₀)	L ₃ P ₀
Kontrol (zarouk)		Z

Masing – masing dari perlakuan di tabel 3.5 dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.5 Prosedur Percobaan

3.5.1 Inokulasi Sel *Spirulina* sp.

Inokulasi awal sel *Spirulina* sp. dengan kepadatan 20368 sel/mL atau 0,0003 gr/L dilakukan pada masing-masing media perlakuan (Tabel 3.5). Media kultur diaduk menggunakan pengaduk sehari sekali agar nutrisi dalam media merata. Selanjutnya, media kultivasi yang sudah diinokulasi ditempatkan pada rak kultivasi dengan sumber cahaya menggunakan lampu TL 40 watt dengan intensitas 2500 lux selama 16 jam.

3.5.2 Pengukuran Produksi Biomasa dan Kecepatan Tumbuh

Produksi biomasa *Spirulina* sp. dapat diamati dengan menghitung OD (*optical density*) *Spirulina* sp. setiap 24 jam sekali menggunakan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang 680 nm sampai fase stasioner. Penggunaan panjang gelombang 680 nm karena panjang gelombang tersebut dapat diserap maksimum oleh klorofil a. Dasar pengukuran kerapatan *Spirulina* sp. menggunakan spektrofotometer adalah mengukur zat optik yang berwarna (Borowitzka dan Borowitzka, 1988). Data OD yang diperoleh dapat dikonversi menjadi biomassa kering, jumlah sel, dan kecepatan tumbuh spesifik dengan mengikuti formula :

$$X = 0,1814 \times \text{OD}_{680} \dots \dots \dots (1)$$

$$N = 13,4 \times 10^6 \times \text{OD}_{680} \dots \dots \dots (2)$$

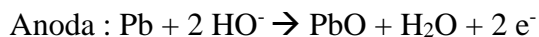
$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{T_t - T_0} \dots \dots \dots (3)$$

X menunjukkan nilai biomassa (gr/l), N menunjukkan jumlah sel (sel/ml), OD₆₈₀ merupakan nilai absorban dari *optical density* yang diperoleh pada panjang gelombang 680 nm, μ menunjukkan kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp. (sel/ml/hari), N_t merupakan jumlah sel *Spirulina* sp. pada fase yang ditentukan, N_0 merupakan jumlah sel *Spirulina* sp. pada fase awal., dan T_t merupakan waktu yang ditentukan (hari ke-2). Sedangkan T_0 merupakan waktu awal (hari awal kultivasi) (Hadiyanto *et al*, 2010).

3.5.3 Pengukuran BOD

Pengukuran BOD diawali dengan mengukur oksigen terlarut (DO). Pada penelitian ini, metoda yang digunakan untuk menentukan nilai DO adalah metoda elektrokimia. Cara penentuan DO dengan metoda elektrokimia merupakan cara langsung untuk menentukan oksigen terlarut dengan alat DO meter. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pada alat DO meter, probe ini biasanya menggunakan katoda perak (Ag) dan anoda timbal (Pb). Secara keseluruhan, elektroda ini dilapisi dengan membran plastik yang bersifat semi permeable terhadap oksigen. Reaksi kimia yang akan terjadi adalah:





Aliran rekasi yang terjadi tersebut tergantung dari aliran oksigen pada katoda. Difusi oksigen dari sampel ke elektroda berbanding lurus dengan konsentrasi oksigen terlarut (Salmin, 2005). Sedangkan untuk menentukan BOD ditentukan dengan rumus :

$$\text{BOD} = 5 \times [\text{kadar } \{\text{DO}(0 \text{ hari}) - \text{DO}(5 \text{ hari})\}] \text{ ppm} \dots \dots \dots (4)$$

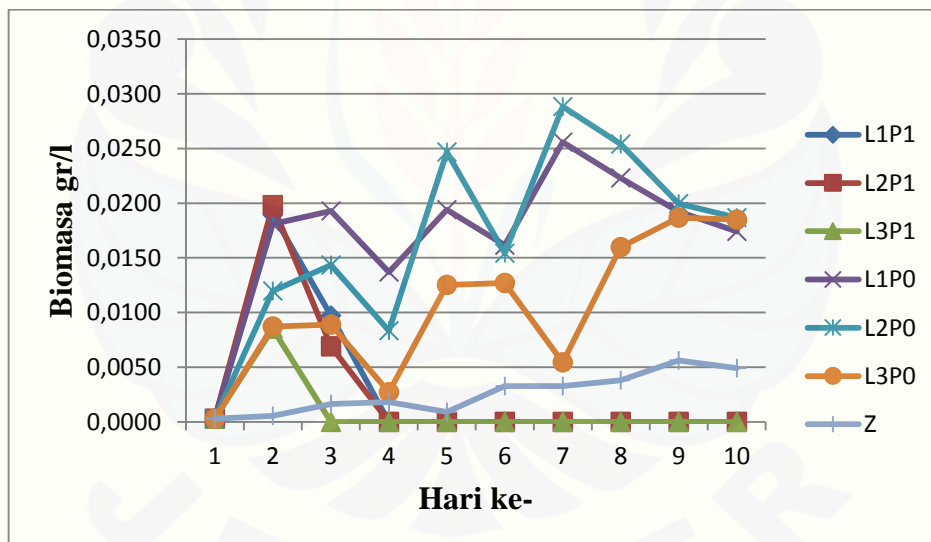
DO(0 hari) dihitung pada hari pertama dengan alat DO meter. Sedangkan DO (5hari) dihitung pada hari ke-5 dengan cara mengikubasi selama 5 hari, pada suhu 20°C. Selama penentuan DO diusahakan seminimal mungkin larutan yang akan diukur nilai DO nya tidak terkontak dengan udara bebas. Larutan dimasukan ke dalam botol winkler 250 mL. Botol keadaanya ditutup dengan kertas karbon atau plastik yang berwarna gelap. Setelah itu diinkubasi dengan suhu 20 °C.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai hasil pengamatan dan analisa dari hasil penelitian. Pengamatan penelitian didasarkan pada pertumbuhan dan kecepatan tumbuh *Spirulina* sp. Untuk mengetahui penggunaan nutrisi media oleh *Spirulina* sp. maka dilakukan pengukuran karakteristik limbah cair tahu sebelum kultivasi dan setelah kultivasi.

4.1 Pengujian Pertumbuhan *Spirulina* sp. pada Limbah Cair Tahu.

Pertumbuhan *Spirulina* sp. berlangsung selama 10 hari. Pertumbuhan *Spirulina* sp. diketahui berdasarkan produksi biomassa *Spirulina* sp. (Gambar 4.1). Peningkatan produksi biomassa menunjukkan tingkat efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. pada masing-masing perlakuan. Produksi biomassa sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam media.



Gambar 4.1 Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Keterangan :

L₁P₁ : Limbah cair tahu 20% , urea 300 mg/l, dan SP 36 200 mg/l

L₂P₁ : Limbah cair tahu 30% , urea 300 mg/l, dan SP 36 200 mg/l

L₃P₁ : Limbah cair tahu 40% , urea 300 mg/l, dan SP 36 200 mg/l

L₁P₀ : Limbah cair tahu 20%

L₂P₀ : Limbah cair tahu 30%

L₃P₀ : Limbah Cair tahu 40%

Z : Media Zarouk sebagai kontrol.

Tabel 4.1 Presentase Kenaikan Maksimal Biomasa *Spirulina* sp. terhadap Kontrol

Perlakuan	Presentase kenaikan (%)
L ₁ P ₁	237,87
L ₂ P ₁	252,10
L ₃ P ₁	51,15
L ₁ P ₀	354,84
L ₂ P ₀	412,90
L ₃ P ₀	245,16

Berdasarkan pengukuran OD (*optical density*) biomasa kultivasi awal pada masing-masing media yaitu 0,0003 gr/l. Secara keseluruhan perlakuan menunjukkan hasil lebih baik daripada perlakuan kontrol atau media zarouk (gambar 4.1). Biomassa tertinggi terdapat pada perlakuan L₂P₀ yaitu 0,0288 gr/l, dan biomassa terendah terdapat pada perlakuan Zarouk yaitu 0,0056 gr/l. Presentase kenaikan pertumbuhan *Spirulina* sp. pada media L₂P₀ terhadap media zarouk adalah 412,90 % (Tabel 4.1).

Berdasarkan gambar 4.1 masing-masing perlakuan menunjukkan pola pertumbuhan yang berbeda. Pertumbuhan *Spirulina* sp. pada seluruh perlakuan kecuali perlakuan kontrol (media zarouk) menunjukkan fase lag atau fase adaptasi yang tidak tampak nyata, karena jumlah biomassa *Spirulina* sp. langsung meningkat pada hari ke-1. Fase lag *Spirulina* sp. pada media L₁P₁, L₁P₂, L₁P₃, L₁P₀, L₂P₀, L₃P₀ terjadi pada waktu yang cukup singkat kurang dari 24 jam. Hal ini menunjukkan bahwa *Spirulina* sp. yang diinokulasi pada media limbah cair tahu mampu beradaptasi dengan baik sehingga mampu membelah diri dengan cepat. Menurut Fogg dan Thake (1987), lamanya fase lag bergantung pada jumlah dan umur inokulum serta substrat yang digunakan sebagai media.

Pertumbuhan *Spirulina* sp. pada perlakuan L₁P₀, L₂P₀, dan L₃P₀ terjadi secara fluktuatif (Gambar 4.1) sehingga fase stasioner tidak tampak nyata. Setelah fase lag, peningkatan produksi biomasa *Spirulina* sp. mengalami fluktuasi jumlah produksi biomasa. Hal ini terjadi karena perubahan nilai pH media limbah cair tahu. Pertumbuhan *Spirulina* sp. dipengaruhi oleh pH media. Berdasarkan pengukuran nilai pH pada akhir kultivasi setelah hari ke-10, pH media turun menjadi 8,5. Perubahan nilai pH terjadi karena aktivitas persenyawaan nitrogen

seperti amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), dan nitrit (NO_2^-) (Darley, 1982). Sedangkan pada media Zarouk pertumbuhan *Spirulina* sp. lebih stabil. Hal ini terjadi sebab media Zarouk memiliki unsur hara makro dan mikro dengan perbandingan yang telah distandarkan. Unsur hara mikro diantaranya Fe, Mn, Mg, dan Cl (Dianursanti *et al*, 2014).

Media zarouk merupakan media yang sudah umum digunakan untuk kultivasi *Spirulina* sp. skala laboratorium, sehingga *Spirulina* sp. telah teradaptasi untuk tumbuh dalam media tersebut. Setelah fase adaptasi, pertumbuhan *Spirulina* sp. membutuhkan nutrisi yang cukup banyak untuk memasuki fase eksponensial dengan ditandai terjadinya peningkatan kelimpahan sel. Namun media Zarouk memiliki kandungan unsur hara yang rendah dibanding dengan media kultur yang lainnya, seperti KNO_3 : 1,00 g dan NH_4NO_3 : 0,02296 g (lampiran 2). Nitrogen merupakan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup banyak dalam pertumbuhan *Spirulina* sp. (Borowitzka, 1988).

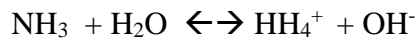
Pada hari ke-7 L_1P_0 dan L_2P_0 mengalami fase kematian. Chu *et al.* (1982) menyatakan karbohidrat meningkat seiring dengan umur mikroalga yang disertai dengan menurunnya nutrisi dalam media (Widianingsih *et al*, 2012). Berkurangnya nutrisi dalam media *Spirulina* sp. mengalami kematian.

Perlakuan L_3P_0 mengalami pertumbuhan yang lebih lambat dibanding dengan perlakuan L_1P_0 dan L_2P_0 , akan tetapi pada hari ke-8 perlakuan L_3P_0 mencapai puncak pertumbuhan sebesar 0,0187 gr/l. Hal ini disebabkan konsentrasi limbah cair tahu yang berbeda pada masing-masing perlakuan. Oleh karena konsentrasi limbah cair tahu L_3P_0 lebih pekat dibanding L_1P_0 dan L_2P_0 maka fase adaptasi pertumbuhan *Spirulina* sp. menjadi lebih lama.

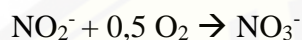
Gambar 4.1 menunjukkan perlakuan L_1P_1 , L_2P_1 dan L_3P_1 mengalami puncak pertumbuhan pada hari ke-2. Pada hari ke-2 perlakuan yang baik adalah perlakuan L_2P_1 dengan biomassa sebesar 0,0198 gr/L. Hal ini disebabkan karena kandungan nitrogen yang cukup tinggi dalam media tersebut sehingga mengakibatkan ledakan *Spirulina* sp. (*bloom algae*). Nitrogen dalam media L_1P_1 , L_2P_1 , dan L_3P_1 berasal dari kandungan amonia pada media dan amonia dari proses penguraian urea dalam air .



Amonia akan mengalami ionisasi menjadi amonium



Spirulina sp. memanfaatkan CO_2 untuk berfotosintesis menghasilkan O_2 , sedangkan O_2 digunakan *Spirulina* sp. untuk mengubah amonium menjadi nitrat dan nitrit sesuai dengan reaksi.

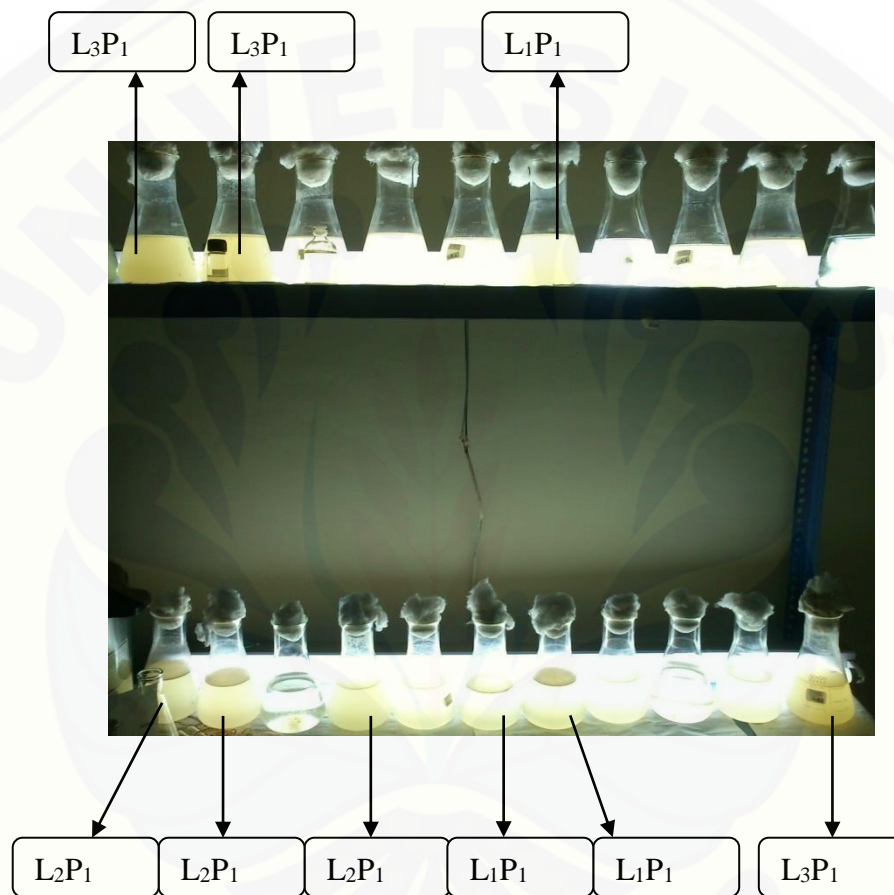


Pada hari ke-3 perlakuan L_1P_1 , L_2P_1 , dan L_3P_1 mengalami fase kematian. Terdapat beberapa hal yang menyebabkan masa pertumbuhan *Spirulina* sp. menjadi singkat yaitu perubahan pH media, kekeruhan media dan konsentrasi nitrogen. Perubahan pH media diakibatkan karena perubahan senyawa nitrogen dari limbah cair tahu dan reaksi urea didalam air sehingga menyebabkan pH media menjadi lebih masam. Proses nitrifikasi dan nitratifikasi akan menyediakan senyawa yang mudah diserap oleh *Spirulina* sp. akan tetapi proses tersebut juga akan berdampak pada perubahan pH media menjadi lebih masam.

Penambahan urea 300 mg/L dan SP 36 200 mg/L menyebabkan kekeruhan media semakin meningkat (Gambar 4.2). Tingkat kekeruhan media yang tinggi menyebabkan cahaya akan sulit menembus media (Dianursanti *et al*, 2014). Sehingga fotosintesis *Spirulina* sp. akan terhambat. Selain itu, Konsentrasi nitrogen yang tinggi akan menghambat pertumbuhan sel. Terdapat batas maksimum penggunaan nutrisi dalam medium oleh sel sehingga terjadi penghambatan proses biosintesis protein. Widianingsih (2008) menyatakan NH_3 yang terlalu banyak dalam media kultur akan bersifat racun dan mengakibatkan aktivitas sel terganggu dalam proses metabolisme. Penelitian yang dilakukan Faradilla dan Juwita (2011) menunjukkan pertumbuhan mikroalga mencapai fase eksponensial pada hari ke-2 dan fase stasioner pada hari ke-3 akibat penambahan 300 ppm NH_3 .

Pada media limbah cair tahu terdapat kandungan nitrogen dan fosfor dalam bentuk ion amonium dan ion fosfat. Ion tersebut dapat digunakan dalam metabolisme *Spirulina* sp. Sebaliknya, pada media Zarouk nitrat dikonversi

terlebih dahulu menjadi ion amonium agar bisa digunakan untuk metabolisme *Spirulina* sp. Ion amonium dibutuhkan dalam proses fotosintesis dan merupakan unsur hara esensial bagi mikroalga. Sedangkan ion fosfat dalam media dibutuhkan sebagai sumber energi metabolisme sel, stabilisasi membran sel, biosintesis karbohidrat, biosintesis asam amino dan replikasi sel (Dianursanti, 2014).

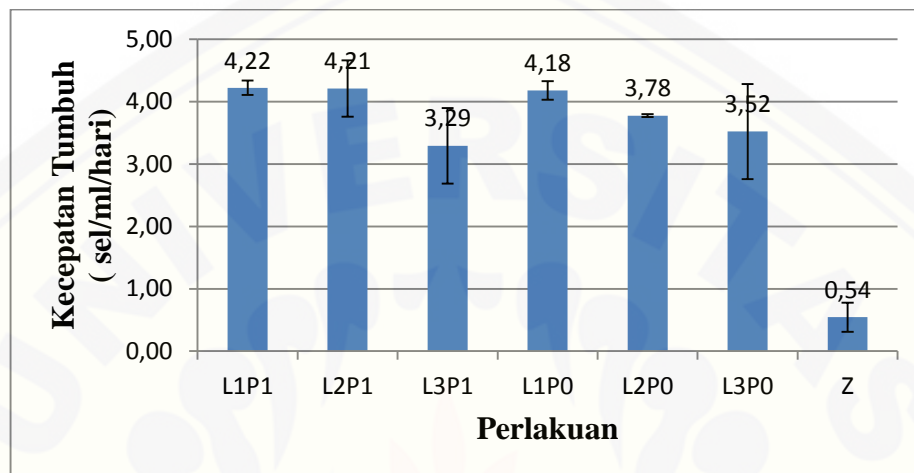


Gambar 4.2 Perlakuan Limbah cair tahu yang diperkaya pupuk nampak lebih keruh dibanding dengan perlakuan yang lain

4.2 Penghitungan Kecepatan Tumbuh spesifik *Spirulina* sp. pada Hari ke-2

Kecepatan tumbuh spesifik merupakan kecepatan tumbuh yang dihitung pada hari tertentu. Pada penelitian ini, penghitungan kecepatan tumbuh yang dikehendaki pada hari ke-2. Kecepatan tumbuh *Spirulina* sp. dipengaruhi oleh dua

faktor utama. Faktor pertama adalah sumber nutrisi dan energi, sedangkan faktor kedua adalah faktor lingkungan seperti pH, suhu, dan salinitas (Isnadiana dan Hermana, 2013). Pada penelitian ini, limbah cair tahu dikayakan nutrisinya dengan urea dan SP 36 untuk mengetahui pengaruh nutrisi pada kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp.



Gambar 4.3 Kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp.

Berdasarkan model grafik diatas dapat diperoleh kecepatan tumbuh spesifik dari masing-masing perlakuan. Kecepatan tumbuh tertinggi pada perlakuan L₁P₁, dan akhirnya mengalami penurunan kecepatan tumbuh pada perlakuan L₂P₁,L₃P₁, L₂P₀. Kemudian meningkat sedikit pada perlakuan L₁P₀ dan menurun pada L₂P₀, L₃P₀ dan Z.

Kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp. pada perlakuan limbah cair tahu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pada media zarouk. Hal ini disebabkan kandungan nitrogen dan fosfor pada limbah cair tahu lebih tinggi dibanding dengan media zarouk (lampiran 2). Menurut laporan penelitian Isnadina dan Hermana (2013), peningkatan konsentrasi bahan organik akan meningkatkan kecepatan tumbuh spesifik mikroorganisme.

Perlakuan L₁P₁ kecepatan tumbuh spesifiknya lebih tinggi dibanding dengan perlakuan L₁P₀. Hal ini disebabkan pada perlakuan L₁P₁ dilakukan penambahan urea dan SP 36. Sehingga terjadi peningkatan unsur nitrogen dan fosfor. Unsur nitrogen dan fosfor yang tinggi akan diikuti dengan kelimpahan sel *Spirulina* sp. yang tinggi (Susminto, 2009).

4.3 Karakteristik Limbah Cair tahu setelah Kultivasi

Analisis komposisi limbah cair tahu ditunjukkan pada tabel 4.5. Limbah cair tahu memiliki kandungan C-organik, N-total, P-total serta nilai BOD. Sebelum dan sesudah kultivasi masing-masing parameter menunjukkan nilai perubahan. Perubahan nilai pH disebabkan karena penambahan NaOH pada media kultivasi. Kandungan N-total, dan P-total pada limbah cair tahu menurun seiring dengan meningkatnya produksi biomasa *Spirulina* sp.

N-total pada limbah cair tahu sebagai penyedia unsur nitrogen untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. Nitrogen merupakan nutrisi yang dibutuhkan paling banyak untuk pertumbuhan fitoplankton. Nitrogen sebagai unsur pembentukan klorofil a dan protein (Wijaya, 2006). Menurut laporan penelitian Suminto (2009), kandungan N sangat berpengaruh pada kelimpahan sel *Spirulina* sp. konsentrasi nitrogen pada media yang tinggi pada media maka kelimpahan sel *Spirulina* sp. akan tinggi. Media walne yang konsentrasi N dalam NaNO_3 tinggi memiliki kelimpahan sel *Spirulina* sp. tertinggi dibandingkan dengan media zarouk dan TMRL.

P-total limbah cair tahu sebagai penyedia unsur fosfor untuk *Spirulina* sp. Unsur fosfor dibutuhkan dalam metabolisme sel, pembelahan sel dan transfer energi pada *Spirulina* sp. (Richmond, 1986). Nutrien sebagai sumber nitrogen dan fosfor yang mempengaruhi produktivitas lipid (Widianingsih *et al*, 2011).

BOD sebelum dan sesudah kultivasi *Spirulina* sp. mengalami peningkatan seiring dengan penurunan nilai oksigen terlarut (DO) (tabel 4.2). Peningkatan konsentrasi BOD terjadi akibat degradasi bahan organik yang berlangsung lambat (Munawaroh *et al*, 2013). Mikroorganisme dalam media limbah cair tahu mengalami kejenuhan nutrisi sehingga konsentrasi BOD meningkat.

Dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Tahap pertama bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik, sedangkan tahap kedua bahan anorganik yang tidak stabil dioksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia menjadi nitrit dan nitrat (Nitrifikasi). Penentuan BOD yang berperan adalah tahap pertama (Efendi, 2003 dalam Munawaroh *et al*, 2013). *Spirulina* sp. menghasilkan O_2 yang digunakan untuk

mengoksidasi amonia. Maka proses berlangsungnya oksidasi ammonia dianggap sebagai pengganggu dalam penentuan BOD.

Tabel 4.2 Komposisi dan Parameter Limbah Cair Tahu

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		Standar Pemerintah Indonesia
		Sebelum Kultivasi	Setelah Kultivasi	
N-total	mg/L	6,90	2,10	25,00
P-total	mg/L	3,39	1,75	3,00
BOD	mg/L	5,5	8,7	10
DO	mg/L	1,75	1,6	>5
pH		3,5	8,5	6,00-9,00
Aroma		Busuk	Tidak busuk	Tidak busuk

4.4 Perbandingan Media Zarouk dan Media Limbah Cair Tahu sebagai Media Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Media zarouk sebagai media umum yang digunakan sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp. memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan. Kekurangan media zarouk yaitu komposisi nutriennya sangat kompleks sehingga sulit didapat, harganya cukup mahal, dalam melarutkan komposisi nutrisi harus secara urut dan teratur sehingga larut secara sempurna. Sedangkan kelebihan dari media zarouk adalah nutrisi yang lengkap untuk pertumbuhan *Spirulina* sp., media pro analisis yang umum digunakan sehingga *Spirulina* sp. sangat adaptif tumbuh dalam media tersebut.

Media limbah cair tahu merupakan pemanfaatan dari limbah organik industri tahu sebagai media *Spirulina* sp. Media limbah cair tahu memiliki kekurangan dan kelebihan. Kekurangan media limbah cair tahu adalah pH limbah cair tahu sangat rendah yaitu 3-4, salinitas limbah cair tahu sangat rendah. Hal ini menyebabkan limbah cair tahu harus dinaikkan pH dan salinitasnya terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai media. Kelebihan media limbah cair tahu adalah limbah cair tahu mudah didapat, ketersediaannya melimpah, berdasarkan hasil penelitian (gambar 4.1) pertumbuhan limbah cair tahu lebih efektif dibanding dengan media zarouk, limbah cair tahu yang dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp. dapat mengurangi bahan pencemar lingkungan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil dan pembahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pertumbuhan *Spirulina* sp. pada media limbah cair tahu dosis 30% tanpa diperkaya pupuk urea 300 mg/L dan super phosphate 36 (SP 36) 200 mg/L (L2P0) lebih efektif dibanding dengan perlakuan yang lain dengan produksi biomasa sebesar 0,0288 gr/L. Sedangkan pertumbuhan *Spirulina* sp. pada media limbah cair tahu yang diperkaya pupuk urea 300 mg/L dan super phosphate 36 (SP 36) 200 mg/L tidak lebih efektif.
2. Kecepatan tumbuh spesifik *Spirulina* sp. tertinggi dibanding perlakuan yang lain adalah perlakuan media limbah cair tahu dosis 20% yang diperkaya pupuk urea 300 mg/L dan super phosphate 36 (SP 36) 200 mg/L (L1P1) dengan kecepatan tumbuh 4,22 sel/ml/hari.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini penggunaan media limbah cair tahu 30% tanpa penambahan urea dan super phosphate 36 (SP 36) lebih disarankan sebagai media *Spirulina* sp. sebab media tersebut memberikan biomasa tertinggi diantara perlakuan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanatin, D. Riesya. 2013. Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea terhadap Kadar Protein Spirulina sp., *Sains dan Seni Pomits*, 2(2) : 2337-3520
- Andersen, R.A. 2005. *Algal Culturing Technique*. Elsevier Academic Press. UK.
- Betty, Sri L. J. dan Winiati, Pudji R. 1993. *Penangan Limbah Industri Pangan*. Bogor : PAU Pangan & Gizi IPB.
- Bold,H.C. and Wyne ,Michael, J.1985. *Introduction to the Algae Structure and Reproduction,Second Edition*. New Jersey: Prentice Hall,Inc.,Englewood Cliffs.
- Borowitzka, M. A dan Borowitzka, L.J. 1988. *Micro-algal biotechnology*. Cambridge : Cambridge University Press
- BPPT, 1997. Teknologi pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan proses biofilter anaerob dan aerob, <http://www.enviro.bppt.go.id/~kel-1> (22 September 2014).
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W., Volkman, J.K., & Dunstan, G.A. 1997. Nutritional Properties of Microalgae for Mariculture. *Aquaculture*, 151: 315-331.
- Carrieri, D., Momot, D., Brasg, I.A., Ananyev, G., Lenz, O., Bryant, D.A. Dismukes, G.C. 2010. Boosting Autofermentation Rates and Product Yields with Sodium Stress Cycling: Application to Production of Renewable Fuels By Cyanobacteria. *Journal Applied and Environmental Microbiology*, 76(19) : 6455-6462.
- Darley, W.M. 1982. *Algal Biology: A Physiological Approach*. Black Well Scientific Publications, London.
- Dianursanti et al. 2014. Industrial Tofu Wastewater as a Cultivation Medium of Micoalgae *Chorella vulgaris*. *Energy Procedia*, 47 ; 56-61
- Dianursanti. 2012. *Pengembangan Sistem Produksi Biomassa Chorella vulgaris dalam Reaktor Plat Datar Melalui Optimasi Pencahayaan Menggunakan Teknik Filtrasi pada Aliran Kultur Media*. Depok . Univeristas Indonesia. disertasi.
- Dio. 2008. *Spirulina sp (Arthrosphira)*. <http://images.google.co.id/imgres?imgurl=http://2.bp.blogspot.com/> (29 September 2014).

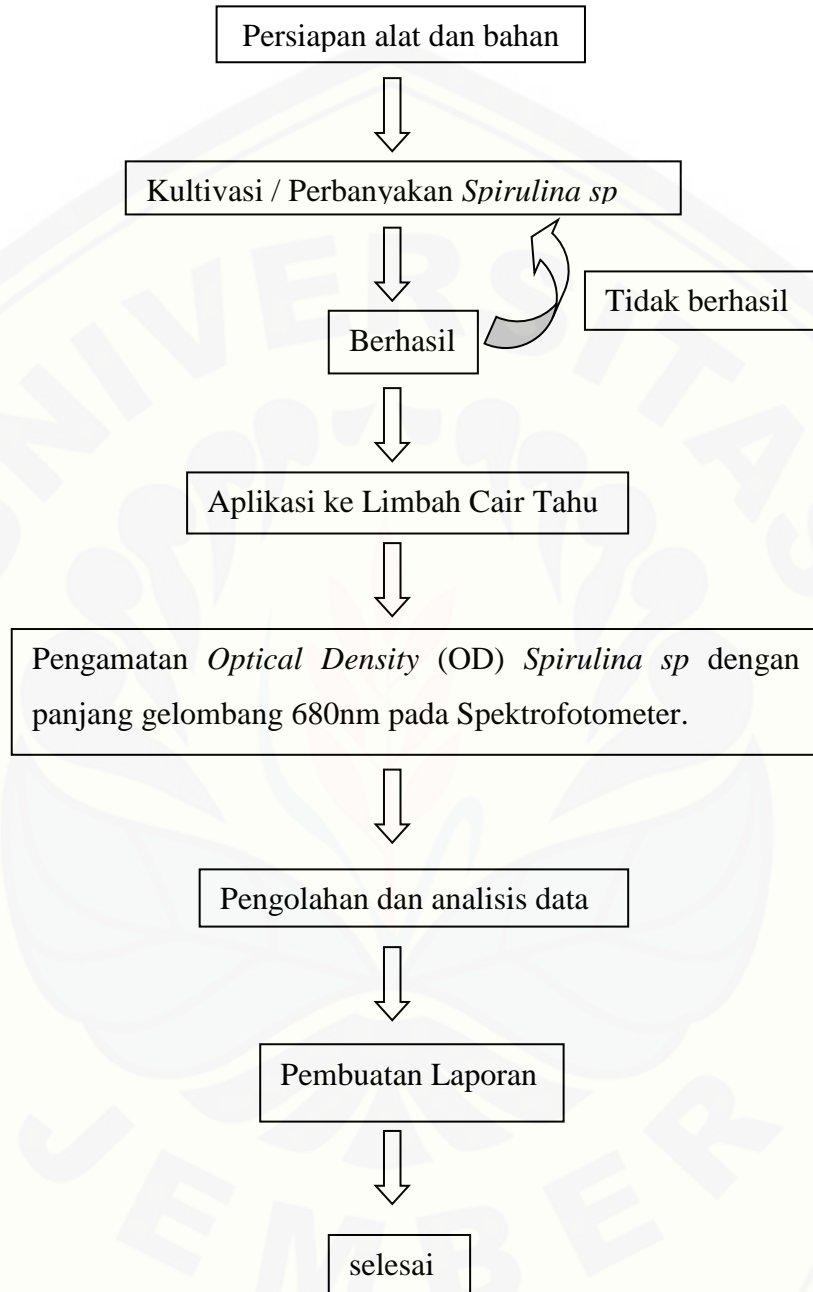
- Engelstad, O.P. 1997. *Teknologi dan Penggunaan Pupuk*. Edisi ke-3. UGM Press. Yogyakarta
- Efendi. 2003 dalam Munawaroh, U. et al. 2013. Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya. *Institut Teknologi Nasional*, 2(1): 1-12
- Faradilla A. dan Juwita A. Rima. 2011. *Pemanfaatan Air Limbah Pabrik Pupuk Kadar Amonia Tinggi sebagai Media Kultur Mikroalga untuk Perolehan Sumber Minyak Nabati Sebagai Bahan Bakar Biodiesel*. Universitas Diponegoro
- Fogg GE, Thake B. 1987. *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*. Third Edition. London: The University of Wisconsin Press.
- Harditanto *et al.* 2010. Produksi Mikroalga Berbiomasa Tinggi dalam Bioreaktor Open Pond. Prosiding Seminar Nasional teknik Kimia “kejuangan”.
- Hariyati, Riche. 2008. Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina sp sp* dalam Skala Laboratoris. *BIOMA*, 10 (1):19-22.
- Hongmei, G., Yunlai, T., Jia, W., Xiaogang, W., Lixin, Z., and Congming L., 2008. Characterization of Photosystem II in Salt-Stressed Cyanobacterial *Spirulina sp* Platensis Cells. *Biochimica et Biophysica acta*, 17(77) : 488-495.
- Husin, Amir. 2008. “Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor Fixed-Bed”. Tidak diterbitkan. Tesis. Medan : Program Pasca Sarjana USU.
- Isnadina D. dan Hermana, J. 2013. Pengaruh Konsentrasi Bahan Organik, Salinitas, dan pH terhadap Laju Pertumbuhan Alga.. Seminar Nasional Pascasarjana. ITS
- Kurniasih, 2001 dalam Nurani *et al.* 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk *Azolla pinata* Terhadap Pertumbuhan Populasi *Spirulina plantensis*. *Ilmiah Perikanan dan Kelautan*,4(1): 4-10
- Kuswardani. 1985. Sifat-Sifat Kimia Limbah Cair Industri Tahu, dalam Lisnari, S.F., 1995. “Pemanfaatan Gulma air (Aquatic weeds) sebagai Upaya pengolahan Limbah cair Industri Pembuatan Tahu”. Tidak di terbitkan. Tesis. Medan : Program Pasca Sarjana USU.
- Masduqi, Ali. 2004. Analisis Resiko Lingkungan dari Pengolahan Limbah Pabrik Tahu dengan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*). *Purifikasi*, 5(4) : 151-156

- Madjid, A. 2009. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Bahan Ajar Online Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. <http://dasar2ilmutanah.blogspot.com/>.
- Metcalf dan Eddy. 2003. Wastering Engineering : treatment, Disposia and Reuse, dalam Husin, Amir., 2008. "Pengolahan Limbah cair industri tahu dengan biofiltrasi anaerob dalam rektor fixed-bed". Tidak di terbitkan. Tesis. Medan : Program Pasca Sarjana USU.
- Munawaroh, U. et al. 2013. Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya. *Institut Teknologi Nasional*, 2(1): 1-12
- Novizan. 2002. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agromedia Pustaka. Jakarta
- Nuraida, 1985, analisis kebutuhan air pada Industri Pengolahan tahu dan kedelai, dalam Lisnasari, S.F., 1995. "Pemanfaatan Gulma air (Aquatic weeds) sebagai Upaya pengolahan Limbah cair Industri Pembuatan Tahu". Tidak di terbitkan. Tesis. Medan : Program Pasca Sarjana USU.
- Potter, C. S. M. & Gani, A. 1994. *Limbahn Cair berbagai Industri di Indonesia*. Sumber, Pengendalian dan Baku mutu. Enviromental Management Development in Indonesia (EMDI).
- Ratnani, R.D. 2011. Kecepatan Penyerapan Zat Organik pada Limbah Cair Tahu Dengan Lumpur Aktif. *Momentum*, 7(2) : 18-24
- Richmond A.2004. *Biological Principles Of Mass Cultivation*. In: richmond a, editor: *Handbook Of Microalgae Culture : Biotechnology and applied phycology*. Blackwell.
- Richmond, A. 1986. *CRC Handbook Microalgal Mass Cultrure*. Florida: CRC press.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, 3(30) : 21-26
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., dan Parkin, G.F., 1994, Chemistry for Environmental Engineering, dalam Husin, Amir., 2008. "Pengolahan Limbah cair industri tahu dengan biofiltrasi anaerob dalam rektor fixed-bed". Tidak di terbitkan. Tesis. Medan : Program Pasca Sarjana USU.
- Setiawan, A. 2008. *Teknologi Penyerapan Karbon dioksida dengan Kultur Fitoplankton pada Fotobioreaktor*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT.

- Sheehan, et al. 1998. *A look back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program Biodiesel From Algae*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory
- Suminto. 2009. Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis terhadap Produksi dan Kandungan Nutrisi Sel *Spirulina plantensis*. *Saintek Perikanan*, 4(2) : 53-61
- Tambunan, J. Linar. 2009. Karakteristik Optik dan Elektronik Ekstrak Klorofil *Spirulina fusiformis*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Tokusoglu, O., M.K. Uunal. 2006. Biomass Nutrient Profile of Three Microalgae: *Spirulina sp* Platensis, *Chlorella Vulgaris* and *Isochrysis Galbana*. *Journal Food Sci*, 86 (4): 1144 -1148.
- Widianingsih et al. 2008. Kandungan nutrisi *Spirulina plantensis* yang Dikultur pada media yang berbeda. *Ilmu Kelautan*, 13(3):169
- Widianingsih et al. 2011. Pengaruh Konsentrasi Nutrien Fosfat dan Nitrat terhadap Kandungan Lipid Total *Nannochloropsis oculata*. *Ilmu Kelautan*, 16(1) : 24-29
- Wijaya, S.A. 2006. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Urea yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*. Skripsi. Program studio budidaya perairan. Fakultas kedokteran hewan. Universitas airlangga. Surabaya.
- Wijoseno, Tangguh. 2011. Uji Pengaruh Variasi Media Kultur terhadap Tingkat Pertumbuhan dan Kandungan Protein, Lipid, Klorofil, dan Karotenoid pada Mikroalga. Tidak Diterbitkan. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir penelitian



Lampiran 2. Komposisi Media Zarouk untuk Pertumbuhan *Spirulina sp* (Tambunan, 2009).

Unsur makro (dalam 1 liter akuades)

- NaHCO_3 : 10,00 g
- KNO_3 : 1,00 g
- NaCl : 1,00 g
- Na_2EDTA : 0,08 g
- K_2PO_4 : 1,00 g
- FeCl_3 : 0,01 g
- H_3PO_4 : 0,25 ml
- *Trace element A* : 1,00 ml
- *Trace element B* : 1,00 ml

Unsur mikro (dalam 1 liter akuades)

- *Trace element A*

- H_3BO_3 : 2,860 g
- $\text{MnCl}_2,4\text{H}_2\text{O}$: 1,810 g
- $\text{ZnSO}_4,7\text{H}_2\text{O}$: 0,220 g
- $\text{Na}_2\text{MoO}_4,2\text{H}_2\text{O}$: 0,015 g
- $\text{CuSO}_4,5\text{H}_2\text{O}$: 0,079 g

- *Trace element B*

- $\text{COCl}_2,6\text{H}_2\text{O}$: 0,04398 g
- NH_4NO_3 : 0,02296 g
- CaCl_2 : 0,09600 g
- $\text{NiSO}_4,7\text{H}_2\text{O}$: 0,04785 g
- $\text{Na}_2\text{CuO}_4,2\text{H}_2\text{O}$: 0,01794 g

Lampiran 3. Kandungan Unsur Hara dalam Limbah Cair Tahu.

Parameter	Satuan	Jumlah
Zat organik	mg/L	6160
Ammonia	mg/L	29
Nitrit	mg/L	0,04
Nitrat	mg/L	6,74
Sulfat	mg/L	405,8
Fosfat	mg/L	21,8
Mg	mg/L	139,08
Zat padat tersuspensi	mg/L	1234
Fluorida	mg/L	25,55
Kalsium	mg/L	44,11
Fenol	mg/L	0,79
Total kesadahan	mg/L	680

(Sumber : Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan DKI Jakarta, 1995)

Lampiran 4. Perhitungan Salinitas Media

Konversi satuan :

1 mg/L = 640 x EC (ms/cm)

Keterangan : EC = Nilai dari EC meter (ms/cm).

Tabel hasil pengukuran salinitas media.

No.	Sampel	a	b
1	Starter *	20 (ms/cm)	12,8 (gr/L)
2	Limbah cair tahu 10%	0,414 (ms/cm)	0,27 (gr/L)
3	Limbah cair tahu 20%	0,574 (ms/cm)	0,37 (gr/L)
4	Limbah cair tahu 30%	0,738 (ms/cm)	0,47 (gr/L)
5	Limbah cair tahu 40%	0,901 (ms/cm)	0,58 (gr/L)
6	Limbah cair tahu 50%	1,22 (ms/cm)	0,72 (gr/L)

Keterangan :

*) stock murni *Spirulina* sp. dari laboratorium plankton, puslit limnologi, LIPI, Cibirong.

a = nilai pengukuran EC meter (ms/cm)

b= nilai salinitas (gr/L)

Optimasi salinitas limbah cair tahu disesuaikan dengan salinitas media pada starter *Spirulina* sp. maka dilakukan penambahan NaCl (x) dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Limbah cair tahu 10%

$$\begin{aligned} X &= a-b \\ &= 12,8-0,27 \\ &= 12,53 \text{ gr/L} \end{aligned}$$

2. Limbah cair tahu 20%

$$\begin{aligned} X &= a-b \\ &= 12,8-0,37 \\ &= 12,43 \text{ gr/L} \end{aligned}$$

3. Limbah cair tahu 30%

$$\begin{aligned} X &= a-b \\ &= 12,8-0,47 \\ &= 12,33 \text{ gr/L} \end{aligned}$$

4. Limbah cair tahu 40%

$$\begin{aligned} X &= a-b \\ &= 12,8-0,58 \\ &= 12,22 \text{ gr/L} \end{aligned}$$

5. Limbah cair tahu 50%

$$\begin{aligned} X &= a-b \\ &= 12,8-0,72 \\ &= 12,08 \text{ gr/L} \end{aligned}$$

Lampiran 5. Data Hasil Pengamatan *Optical Density (OD)* Kultur *Spirulina* sp.

Hari ke-1

perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	0,117	0,093	0,102	0,104
L2P1	0,158	0,106	0,064	0,109
L3P1	0,082	0,027	0,031	0,047
L1P0	0,092	0,090	0,118	0,100
L2P0	0,065	0,068	0,066	0,066
L3P0	0,030	0,088	0,026	0,048
Z	0,003	0,002	0,003	0,003

Hari ke-2

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	0,041	0,056	0,064	0,054
L2P1	0,083	0,043	-0,012	0,038
L3P1	0,037	-0,049	-0,013	-0,008
L1P0	0,093	0,136	0,091	0,107
L2P0	0,08	0,087	0,071	0,079
L3P0	0,043	0,086	0,017	0,049
Z	0,014	0,009	0,004	0,009

Hari ke-3

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	-0,019	-0,007	-0,025	-0,017
L2P1	-0,098	-0,002	-0,01	-0,037
L3P1	-0,105	-0,135	-0,134	-0,125
L1P0	0,047	0,066	0,113	0,075
L2P0	0,047	0,044	0,048	0,046
L3P0	0,03	0,054	-0,038	0,015
Z	0,01	0,007	0,014	0,010

Hari ke-4

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	-0,034	-0,037	-0,032	-0,034
L2P1	-0,07	-0,207	-0,181	-0,153
L3P1	-0,201	-0,228	-0,108	-0,179
L1P0	0,095	0,11	0,116	0,107
L2P0	0,14	0,146	0,122	0,136
L3P0	0,061	0,145	0,002	0,069
Z	0,003	0,007	0,005	0,005

Hari ke-5

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	-0,116	-0,073	-0,073	-0,087
L2P1	-0,078	-0,114	-0,116	-0,103
L3P1	-0,131	-0,15	-0,06	-0,114
L1P0	0,089	0,085	0,094	0,089
L2P0	0,066	0,112	0,076	0,085
L3P0	0,075	0,116	0,019	0,070
Z	0,017	0,019	0,017	0,018

Hari ke-6

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	-0,035	-0,023	-0,019	-0,026
L2P1	-0,056	-0,054	-0,067	-0,059
L3P1	-0,064	-0,078	-0,098	-0,080
L1P0	0,135	0,139	0,148	0,141
L2P0	0,168	0,164	0,145	0,159
L3P0	0,078	0,092	-0,079	0,030
Z	0,019	0,02	0,014	0,018

Hari ke-7

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	-0,077	-0,097	-0,086	-0,087
L2P1	-0,100	-0,132	-0,098	-0,110
L3P1	-0,093	-0,114	-0,087	-0,098
L1P0	0,119	0,127	0,123	0,123
L2P0	0,148	0,133	0,139	0,140
L3P0	0,090	0,085	0,090	0,088
Z	0,022	0,024	0,017	0,021

Hari ke-8

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	-0,139	-0,122	-0,133	-0,131
L2P1	-0,114	-0,209	-0,166	-0,163
L3P1	-0,058	-0,066	-0,03	-0,051
L1P0	0,079	0,112	0,127	0,106
L2P0	0,138	0,116	0,075	0,110
L3P0	0,172	0,137	-0,001	0,103
Z	0,031	0,028	0,035	0,031

Hari ke-9

Perlakuan	Ulangan			RATA2
	1	2	3	
L1P1	-0,174	-0,188	-0,177	-0,180
L2P1	-0,17	-0,299	-0,242	-0,237
L3P1	-0,094	-0,091	-0,1	-0,095
L1P0	0,005	0,137	0,145	0,096
L2P0	0,126	0,098	0,084	0,103
L3P0	0,198	0,116	-0,009	0,102
Z	0,024	0,036	0,022	0,027

Perlakuan	Hari ke								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L1P1	0,104	0,054	-0,017	-0,034	-0,087	-0,026	-0,087	-0,131	-0,18
L2P1	0,109	0,038	-0,037	-0,153	-0,103	-0,05	-0,11	-0,163	-0,237
L3P1	0,047	-0,008	-0,125	-0,179	-0,114	-0,08	-0,098	-0,051	-0,095
L1P0	0,1	0,107	0,075	0,107	0,089	0,141	0,123	0,106	0,096
L2P0	0,066	0,079	0,046	0,136	0,085	0,159	0,14	0,11	0,103
L3P0	0,048	0,049	0,015	0,069	0,07	0,03	0,088	0,103	0,102
Z	0,003	0,009	0,010	0,005	0,018	0,018	0,021	0,031	0,027

Lampiran 6. Data Hasil Perhitungan Biomasa *Spirulina* sp. (gr/l)

Perlakuan	L1P1	L2P1	L3P1	L1P0	L2P0	L3P0	Z
Hari ke-							
0	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
1	0,0189	0,0198	0,0085	0,0181	0,0120	0,0087	0,0005
2	0,0098	0,0069	0,0000	0,0194	0,0143	0,0089	0,0016
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0136	0,0083	0,0027	0,0018
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0194	0,0247	0,0125	0,0009
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0161	0,0154	0,0127	0,0033
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0256	0,0288	0,0054	0,0033
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0223	0,0254	0,0160	0,0038
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0192	0,0200	0,0187	0,0056
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0174	0,0187	0,0185	0,0049

Lampiran 7. Data Hasil Pengamatan Jumlah Sel *Spirulina* sp. (jumlah sel/ml).

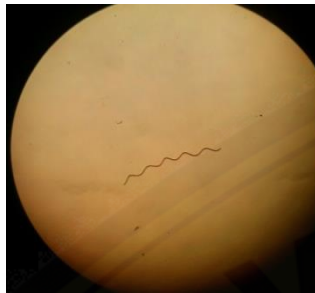
Perlakuan	L1P1	L2P1	L3P1	L1P0	L2P0	L3P0	Z
Hari ke-							
0	20368	20368	20368	20368	20368	20368	20368
1	1393600	1460600	629800	1340000	884400	6432000	40200
2	723600	509200	-107200	1433800	1058600	6566000	120600
3	0	0	0	1005000	616400	2010000	134000
4	0	0	0	1433800	1822400	924600	67000
5	0	0	0	1192600	1139000	938000	241200
6	0	0	0	1889400	2130600	402000	241200
7	0	0	0	1648200	1876000	1179200	281400
8	0	0	0	1420400	1474000	1380200	415400
9	0	0	0	1286400	1380200	1366800	361800

Lampiran 8. Penentuan Kecepatan Tumbuh *Spirulina* sp.

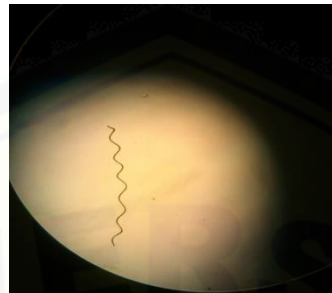
Perlakuan	Ulangan			Rata2	Hari	sd
	1	2	3			
L1P1	4,34	4,11	4,21	4,22	1	0,115514
L2P1	4,64	4,24	3,74	4,21	1	0,452879
L3P1	3,99	2,88	3,02	3,29	1	0,605441
L1P0	0,75	0,75	0,76	0,75	6	0,00783
L2P0	0,78	0,72	0,76	0,76	6	0,030323
L3P0	0,68	0,64	-	0,66	8	0,022982
Z	0,43	0,49	0,45	0,45	8	0,028025

Lampiran 9. Dokumentasi Kegiatan Penelitian

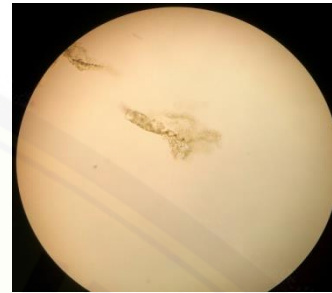
a. Gambar *Spirulina sp* pada mikroskop dengan perbesaran 40 kali



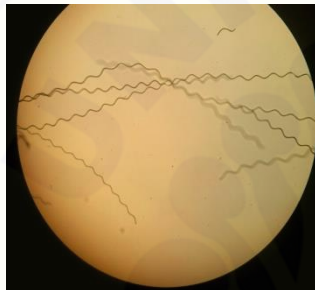
a. Perlakuan L1P1



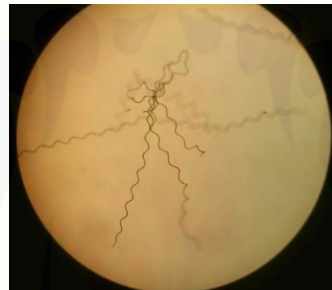
b. Perlakuan L2P1



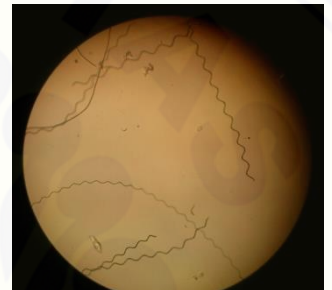
c. Perlakuan L3P1



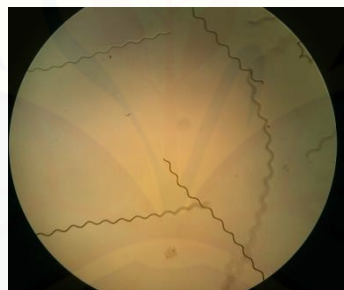
d. Perlakuan L1P0



e. Perlakuan L2P0



f. Perlakuan L3P0



g. Perlakuan Z

b. Foto Kegiatan Penelitian



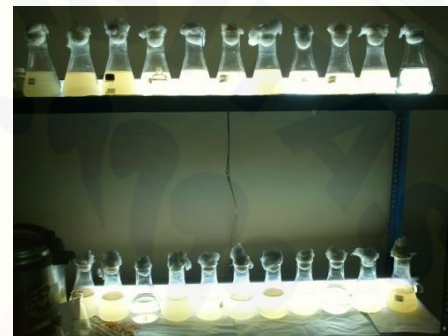
a. Sterilisasi alat dan media



b. Pengukuran pH



c. Inokulasi *Spirulina sp*



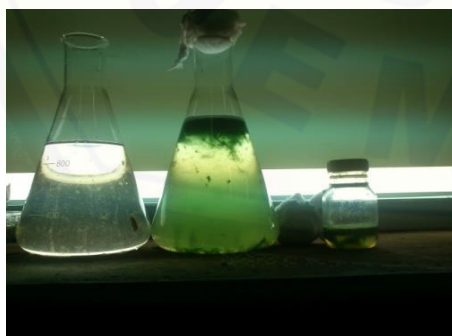
e. Kultivasi *Spirulina sp*



d. Pengukuran OD



f. Pengukuran BOD



g. Hasil kultivasi *Spirulina sp*

