



TUGAS AKHIR - RE 141581

**UJI PEMANFAATAN PUPUK ORGANIK CAIR
LINDI DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI
STARTER TERHADAP PERTUMBUHAN
TANAMAN HORTIKULTURA (*Solanum
melongena* dan *Capsicum frutescens*)**

DANIA DWI DIMIATI
3313100011

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**UJI PEMANFAATAN PUPUK ORGANIK CAIR
LINDI DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI
STARTER TERHADAP PERTUMBUHAN
TANAMAN HORTIKULTURA (*Solanum
melongena* dan *Capsicum frutescens*)**

DANIA DWI DIMIATI
3313100011

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

**UTILIZATION TEST OF LEACHATE BASED
LIQUID ORGANIC FERTILIZER BY ADDING
STARTER BACTERIA TO THE GROWTH OF
HORTICULTURE PLANT (*Solanum melongena*
and *Capsicum frutescens*)**

DANIA DWI DIMIATI
3313100011

SUPERVISOR
Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

HALAMAN PENGESAHAN

**UJI PEMANFAATAN PUPUK ORGANIK CAIR LINDI DENGAN
PENAMBAHAN BAKTERI STARTER TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN HORTIKULTURA
(*Solanum melongena* dan *Capsicum frutescens*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DANIA DWI DIMIATI
NRP. 3313100011

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D
NIP. 19500114 197903 1 001



**UJI PEMANFAATAN PUPUK ORGANIK CAIR LINDI DENGAN
PENAMBAHAN BAKTERI STARTER TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN HORTIKULTURA (*Solanum
melongena* dan *Capsicum frutescens*)**

Nama Mahasiswa : Dania Dwi Dimiati
NRP : 3313100011
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Air lindi apabila tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan dampak negatif karena mengandung zat pencemar organik dan anorganik yang tinggi. Disisi lain, air lindi memiliki kandungan unsur hara berkadar tinggi. Selain itu, saat ini penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan akan mengurangi tingkat kesuburan tanah dan menurunkan produktivitas tanaman. Maka dilakukan penelitian untuk mengolah air lindi yang berasal dari Stasiun Peralihan Antara (SPA) Rangkah Surabaya untuk menghasilkan pupuk cair organik dengan memanfaatkan bakteri starter melalui proses fermentasi yaitu bakteri penambat nitrogen (*Azospirillum sp*).

Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah variasi pengenceran lindi yaitu 50x, 75x, dan 100x dalam 10 ml lindi. Variasi bakteri yang digunakan yaitu 5 dan 10 ml untuk bakteri starter cair serta 0,5 dan 1 gram untuk bakteri starter bubuk. Tahapan persiapan terdiri atas uji karakteristik lindi awal serta pembuatan media penyemaian dan penanaman. Tahap utama terdiri pembuatan variasi penelitian, fermentasi, uji Total Plate Count (TPC), uji karakteristik hasil fermentasi, dan pengamatan pertumbuhan tanaman. Parameter yang digunakan yaitu amonium, nitrat, BOD, COD, pH, dan suhu. Terdapat 64 reaktor tanaman (duplo) yang terdiri dari reaktor untuk tanaman kontrol (pengenceran lindi tanpa penambahan bakteri), reaktor dengan pemberian pupuk kimia (NPK), dan reaktor dengan pemberian pupuk organik cair lindi. Tanaman yang digunakan

sebagai bahan uji adalah terong (*Solanum melongena*) dan cabai (*Capsicum frutescens*).

Hasil penelitian menunjukkan interaksi antara faktor penambahan bakteri dan pengenceran lindi berpengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat hasil fermentasi. Reaktor yang memiliki pengaruh paling signifikan adalah B3 (untuk starter serbuk) dan C3 (untuk starter cair). Reaktor B3 juga merupakan reaktor yang memiliki jumlah koloni terbesar di akhir fermentasi. Sedangkan untuk reaktor starter cair yang memiliki jumlah koloni terbesar adalah reaktor D1. Penambahan bakteri dalam jumlah paling besar yaitu 1 gram dan 10 ml untuk masing – masing jenis starter memberikan pengaruh jumlah koloni yang besar pula pada akhir fermentasi. Pemberian pupuk organik cair variasi B3 dan D1 pada tanaman seharusnya memberikan respon cepat terhadap laju pertumbuhan daun dan tinggi tanaman, namun pada hasil pengamatan di lapangan menunjukkan hasil yang berbeda. Sedangkan pada jumlah daun, semua jenis pupuk memberikan pengaruh yang tidak signifikan pada tanaman uji.

Kata kunci : bakteri starter, *Capsicum frutescens*, lindi, pupuk cair organik, *Solanum melongena*

UTILIZATION TEST OF LEACHATE BASED LIQUID ORGANIC FERTILIZER BY ADDING STARTER BACTERIA TO THE GROWTH OF HORTICULTURE PLANT (*Solanum melongena* and *Capsicum frutescens*)

Name : Dania Dwi Dimiati
Student ID Number : 3313100011
Department : Teknik Lingkungan
Supervisor : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Leachate if not managed properly will have a negative impact because it contains high organic and anorganic contaminants. On the other hand, leachate water has high nutrient content. In addition, the current use of excessive inorganic fertilizers will reduce the level of soil fertility and decreased plant productivity. So research is done to treat leachate water coming from Stasiun Peralihan Antara (SPA) Rangkah Surabaya to produce organic liquid fertilizer by using starter bacteria through fermentation process that is nitrogen fixing bacteria (*Azospirillum sp*).

In this study the variables used are variations of dilution leachate that is 50x, 75x, and 100x in 10 ml leachate. Variations of bacteria used were 5 and 10 ml for liquid starter bacteria and 0.5 and 1 gram for powdered starter bacteria. The preparation stage consists of the initial leachate characteristics test and the making of seeding and planting media. The main stage consists of making variations of research, fermentation, Total Plate Count (TPC) test, fermentation characteristic test, and plant growth observation. Parameters that used are ammonium, nitrate, BOD, COD, pH, and temperature. There are 64 plant reactors (duplo) consisting of reactors for control plants (dilution of leachate without any addition of bacteria), reactors with chemical fertilizer (NPK), and reactors with the application of liquid leachate organic fertilizer. Plants that used in this experiment are eggplant (*Solanum melongena*) dan chilli (*Capsicum frutescens*).

The results showed that the interaction between the concentration factor of bacterial addition and dilution of leachate had a significant effect on the increase of ammonium and nitrate of fermentation. Reactors that have the most significant influence are B3 (for starter powder) and C3 (for starter liquid). The B3 reactor is also a reactor that has the largest number of colonies at the end of fermentation. As for the liquid starter reactor which has the largest number of colonies is the D1 reactor. The addition of bacteria in the largest amount of 1 gram and 10 ml for each type of starter gives the effect of large numbers of colonies at the end of fermentation. Provision of liquid organic fertilizer variations of B3 and D1 in plants should provide a rapid response to the growth rate of leaves and plant height, but on the results of observations in the field showed different results. While on the number of leaves, all types of fertilizers give no significant effect on the test plant.

Kata kunci: starter bacteria, *Capsicum frutescens*, leachate, leachate based liquid organic fertilizer, *Solanum melongena*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Uji Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Lindi Dengan Penambahan Bakteri Starter Terhadap Pertumbuhan Tanaman Hortikultura (*Solanum melongena*) dan *Capsicum frutescens*)" ini dengan tepat waktu. Tugas akhir ini dibuat guna memenuhi saah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Lingkungan, FTSP, ITS.

Dengan selesainya tugas akhir ini, tidak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah mengajar dan membimbing dengan penuh kesabaran.
2. Bapak Ir. Hariwiko Indarjanto, M.Eng, Ibu Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph. D., dan Bapak Alfian Purnomo, ST., MT selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan masukan dan bimbingannya.
3. Pihak pengelola Stasiun Peralihan Antara (SPA) Rangkah, Surabaya yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian dan Karakteristik Lindi	5
2.2 Dampak Lindi bagi Lingkungan	6
2.3 SPA Rangkah	7
2.4 Pupuk Anorganik	8
2.5 Pupuk Cair Organik	8
2.6 Fermentasi.....	10
2.7 Bakteri Starter (Bakteri Penambat N)	12
2.8 Uji Kandungan Pupuk Hasil Lindi	14
2.9 Uji N (amonium dan nitrat).....	16
2.10 Uji BOD dan COD.....	16
2.11 Unsur Hara Tanaman	17
2.12 Pertumbuhan Tanaman	19
2.12.1 Parameter Pertumbuhan Tanaman	19
2.12.2 Tanaman Terong	20
2.12.3 Tanaman Cabai	21
2.13 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB 3 METODE PENELITIAN	25
3.1 Kerangka Penelitian	25
3.2 Ide Penelitian.....	25

3.3	Studi Literatur	27
3.4	Persiapan Penelitian.....	27
3.4.1	Pengambilan Sampel Air Lindi SPA Rangkah	27
3.4.2	Uji Karakteristik Lindi Awal	28
3.4.3	Pembuatan Media Nutrient Agar (NA)	29
3.4.4	Pembuatan Air Salin.....	30
3.4.5	Sterilisasi Alat dan Bahan untuk Penelitian	30
3.4.6	Pengujian Awal Jumlah Koloni	31
3.4.7	Pembuatan Media Pembibitan dan Penanaman	31
3.5	Pelaksanaan Penelitian	33
3.5.1	Pembuatan Variasi Penelitian pada Volume Pengenceran Lindi dan Konsentrasi Bakteri.....	33
3.5.2	Proses Fermentasi	34
3.5.3	Uji Total Plate Count (TPC)	35
3.5.4	Uji Kandungan Amonium, Nitrat, BOD, dan COD	35
3.5.5	Uji pH dan Suhu	36
3.5.6	Pemberian Pupuk Organik Cair Lindi Pada Tanaman	36
3.5.7	Pengamatan Pertumbuhan Tanaman.....	37
3.6	Hasil dan Pembahasan	37
3.7	Kesimpulan dan Saran	37
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Uji Karakteristik Awal Lindi	39
4.2	Uji Awal Jumlah Koloni Bakteri pada Bioaktivator	40
4.3	Uji Total Plate Count (TPC)	42
4.4	Uji Kandungan Pupuk Organik Cair Lindi	46
4.4.1	Uji BOD dan COD.....	46
4.4.2	Uji Amonium dan Nitrat.....	49
4.4.3	Uji suhu dan pH.....	57
4.4.4	Hasil Uji Tiap Parameter.....	59
4.5	Pemberian Pupuk Organik Lindi ke Tanaman	63
4.5.1	Tanaman Cabai (<i>Capsicum frutescens</i>)	64
4.5.2	Tanaman Terong (<i>Solanum melongena</i>)	70
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	77

5.1	Kesimpulan.....	77
5.2	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA		79
BIOGRAFI PENULIS.....		113

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	26
Gambar 4. 1 Hasil Identifikasi Koloni bakteri <i>Azospirillum sp</i>	42
Gambar 4. 2 Jumlah Koloni Bakteri Pada Reaktor Starter Serbuk	43
Gambar 4. 3 Jumlah Koloni Bakteri Pada Reaktor Starter Cair ..	45
Gambar 4. 4 Jumlah Koloni Bakteri Pada Reaktor Kontrol.....	46
Gambar 4. 5 Penurunan BOD Hasil Fermentasi	48
Gambar 4. 6 Penurunan COD Hasil Fermentasi	49
Gambar 4. 7 Hasil Uji Amonium	50
Gambar 4. 8 Hasil Uji Nitrat.....	51
Gambar 4. 9 Hasil Anova 1	53
Gambar 4. 10 Hasil Anova 2	54
Gambar 4. 11 Hasil Interaction Plot 1.....	56
Gambar 4. 12 Hasil Interaction Plot 2.....	56
Gambar 4. 13 Hasil Pengukuran Suhu	57
Gambar 4. 14 Hasil Pengukuran pH.....	58
Gambar 4. 15 Kenaikan Tinggi Tanaman Cabai Starter Serbuk	64
Gambar 4. 16 Kenaikan Tinggi Tanaman Cabai Starter Cair	65
Gambar 4. 17 Kenaikan Tinggi Tanaman Cabai Kontrol	66
Gambar 4. 18 Peningkatan Pertumbuhan Daun Tanaman Cabai	66
Gambar 4. 19 Kenaikan Tinggi Tanaman Terong Starter Serbuk	70
Gambar 4. 20 Kenaikan Tinggi Tanaman Terong Starter Cair ...	71
Gambar 4. 21 Kenaikan Tinggi Tanaman Terong Kontrol	72
Gambar 4. 22 Peningkatan Pertumbuhan Daun Tanaman Terong	72

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Unsur – unsur pada Lindi	6
Tabel 2. 2 Baku Mutu Lindi.....	6
Tabel 2. 3 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Cair Organik	14
Tabel 2. 4 Persyaratan Teknis Minimal Bakteri Pupuk	14
Tabel 2. 5 Metode Analisis Beberapa Parameter	16
Tabel 3. 1 Matriks Penelitian untuk Bakteri Starter Serbuk	34
Tabel 3. 2 Matriks Penelitian untuk Bakteri Starter Cair	34
Tabel 4. 1 Hasil Karakteristik Awal Lindi SPA Rangkah	39
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Suhu dan pH	59
Tabel 4. 3 Hasil Akhir Pengukuran Pada Semua Parameter.....	62

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tahapan Uji Nitrat dan Amonium.....	83
Lampiran 2 Tahapan Uji BOD	84
Lampiran 3 Tahapan Uji COD	87
Lampiran 4 Tahapan Uji TPC (<i>Total Plate Count</i>)	88
Lampiran 5 Reaktor untuk Proses Fermentasi	90
Lampiran 6 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Selama Fermentasi Reaktor Serbuk	92
Lampiran 7 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Selama Fermentasi Reaktor Cair	93
Lampiran 8 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Reaktor Kontrol.....	94
Lampiran 9 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Reaktor Serbuk	95
Lampiran 10 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Reaktor Cair	97
Lampiran 11 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi	99
Lampiran 12 Hasil Uji BOD dan COD	100
Lampiran 13 Hasil Uji Amonium dan Nitrat.....	101
Lampiran 14 Hasil Analisis Suhu dan pH Hasil Fermentasi	102
Lampiran 15 Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Uji	103
Lampiran 16 Foto Tanaman Uji	109
Lampiran 17 Hasil Uji Koloni Bakteri <i>Azospirillum</i>	111

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stasiun Peralihan Antara (SPA) merupakan salah satu sarana penanganan sampah yang dibangun pada kota yang memiliki lokasi TPA berjarak lebih dari 25 km. Kota Surabaya memiliki SPA Rangkah yang menerima sampah dari 4 kelurahan di Kecamatan Tambaksari. Timbulan sampah yang masuk ke SPA Rangkah sebesar 26,4 ton/hari. Keberadaan SPA menimbulkan dampak lingkungan yang negatif. Salah satunya adalah timbulnya lindi dari proses pemadatan sampah. Produksi air lindi dari SPA dapat bervariasi karakteristiknya, tergantung dari beberapa faktor, seperti tingkat pemadatan sampah, komposisi sampah, dan iklim serta kadar air dalam sampah (Setiadewi dan Herumurti, 2012).

Lindi yang dihasilkan dari proses pemadatan sampah di SPA Rangkah saat ini ditampung dalam bak penampung lindi dan dilakukan proses penyedotan secara berkala oleh petugas Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Kota Surabaya untuk dibawa ke Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) di TPA (Setiadewi dan Herumurti, 2012). Lindi yang ditampung ini berpotensi untuk diolah dan dimanfaatkan lebih lanjut, karena mengandung unsur hara yang berkadar tinggi.

Lindi merupakan limbah cair yang timbul akibat masuknya air ke dalam timbunan sampah dan bersifat melarutkan unsur-unsur kimiawi terlarut termasuk materi organik hasil dekomposisi (Hartati, 2007). Senyawa tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran, baik pada air tanah maupun air permukaan karena kandungan senyawa organik, anorganik, maupun xenobiotik, baik yang terlarut maupun tersuspensi yang cukup tinggi (Esplugas dkk., 2004).

Namun, lindi juga mengandung unsur – unsur yang bermanfaat. Menurut Tchobanoglous dkk (1977) air lindi banyak mengandung unsur – unsur yang dibutuhkan tanaman, diantaranya organik Nitrogen (10-600 mg/l), Amonium Nitrogen (10-800 mg/l), Nitrat (5-40 mg/l), Fosfor Total (1-70 mg/l), dan Total Besi (50-600 mg/l).

Pupuk merupakan bahan tambahan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Pupuk cair merupakan upaya pengolahan sampah secara biologis dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk merubah timbunan sampah organik menjadi material dengan karakteristik seperti cair (Riansyah dan Wesen, 2012). Limbah cair dari bahan organik bisa dimanfaatkan menjadi pupuk. Penggunaan pupuk dari limbah ini dapat membantu memperbaiki struktur dan kualitas tanah (Sukanto, 2007).

Disisi lain, penggunaan pupuk anorganik (N, P, K) secara berlebihan dalam jangka waktu yang lama dapat berakibat buruk pada kondisi tanah. Yang dimaksud berlebihan adalah penggunaan pupuk yang melebihi dosis, tidak menyesuaikan kebutuhan tanaman, serta penggunaan yang secara terus menerus tanpa kontrol yang baik. Diketahui bahwa 66% dari 7 juta Hektar lahan pertanian di Indonesia dalam kondisi kritis (Romli, 2012). Tanah menjadi cepat mengeras, kurang mampu menyimpan air (tingkat kesuburan tanah menurun), dan cepat menjadi asam yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitas tanaman (Indrakusuma, 2000).

Salah satu cara yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan di atas adalah dengan menerapkan pertanian organik untuk mencegah semakin merosotnya kesuburan tanah. Komoditas tanaman yang banyak dibudidayakan dalam pertanian organik adalah terong (*Solanum melongena*) dan cabai (*Capsicum frutescens*). Salah satu faktor pendukung penting dalam pertanian organik adalah pupuk organik (Dharmayanti dkk, 2013). Pupuk organik dapat dijadikan salah satu alternatif pengganti pupuk anorganik yang selama ini umum digunakan oleh para petani. Menurut Rilawati (2009), substitusi fungsi pupuk buatan baik sebagian atau secara keseluruhan akan mengurangi biaya produksi dan mengurangi degradasi lingkungan, sehingga keberlanjutan sistem pertanian akan lebih terjamin.

Maka dari itu, lindi dari SPA Rangkah dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair melalui proses fermentasi dengan melibatkan peran mikroorganisme, sehingga dapat menjadi produk pertanian yang bermanfaat. Dengan penambahan bakteri starter yaitu bakteri penambat nitrogen (*Azospirillum sp*) pada proses fermentasi, diharapkan lindi

mengandung kadar unsur mikro dan makro yang sesuai untuk tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Lindi yang dihasilkan di SPA Rangkah apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan permasalahan salah satunya yaitu pencemaran air tanah, karena mengandung zat pencemar organik dan anorganik yang tinggi serta toksik. Selain itu, penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dalam jangka waktu yang lama bisa menurunkan tingkat kesuburan tanah. Salah satu hal yang bisa dilakukan adalah dengan cara menjadikan air lindi tersebut sebagai pupuk organik cair khususnya untuk tanaman hortikultura. Pemanfaatan air lindi sebagai pupuk organik cair dilakukan dengan menambahkan bakteri starter ke dalam air lindi yang telah diencerkan untuk diolah melalui proses fermentasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan konsentrasi penambahan bakteri starter yang paling baik dalam menghasilkan pupuk organik lindi
2. Menentukan pengaruh antara pengenceran lindi dengan konsentrasi bakteri starter yang telah difermentasikan terhadap laju kesuburan pertumbuhan tanaman hortikultur
3. Menentukan pengaruh penambahan bakteri starter dalam pembentukan pupuk cair lindi terhadap pertumbuhan tanaman

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini :

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium yang akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pemulihan Air dan Laboratorium Limbah Padat dan B3 Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS.
2. Penelitian dilakukan pada awal Februari hingga Mei 2017.

3. Paramater yang diteliti adalah analisis ammonium, nitrat, BOD, COD, pH, dan suhu.
4. Sumber air lindi diambil dari SPA Rangkah.
5. Parameter untuk tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman dan jumlah daun.
6. Variasi yang digunakan, yaitu:
 - Variasi tanaman hortikultura :
 - a) Terong (*Solanum melongena*)
 - b) Cabai (*Capsicum frutescens*)
 - Variasi penambahan konsentrasi bakteri starter dan pengenceran lindi.
7. Media tanam yang digunakan adalah tanah kebun
8. Pada awal penelitian dilakukan penelitian pendahuluan berupa uji *Total Plate count* (TPC) pada bioaktivator.
9. Uji karakteristik kandungan air lindi SPA Rangkah dilakukan sebelum penambahan bakteri starter dan setelah proses fermentasi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini:

1. Memberikan alternatif pemanfaatan air lindi sebagai pupuk cair tanaman hortikultura
2. Memberikan alternatif penggunaan pupuk cair anorganik
3. Sebagai informasi secara ilmiah mengenai teknik pemanfaatan air lindi dengan fermentasi bakteri starter sebagai pupuk cair tanaman.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Karakteristik Lindi

Lindi adalah cairan yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas zat-zat terlarut. Cairan tersebut mengandung bahan organik yang tinggi sebagai hasil dekomposisi sampah dan juga berasal dari proses infiltrasi dari air limpasan (Royadi, 2006). Tchobanoglous (1993) menyatakan bahwa lindi (*leachate*) adalah cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur - unsur terlarut dan tersuspensi atau cairan yang melewati *landfill* dan bercampur serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan (*landfill*) tersebut. Cairan dalam *landfill* merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran atau drainase permukaan, air hujan dan air tanah.

Kandungan bahan organik dalam lindi tidak terbatas secara kuantitatif dan banyak di antaranya bersifat toksik. Hal ini karena lindi mengandung berbagai jenis pencemar, antara lain logam berat, nilai BOD dan COD yang sangat tinggi yang berturut-turut mencapai sekitar 10.000 ppm dan 18.000 ppm. Karakteristik dari air lindi umumnya ditandai dengan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), amonia, nitrat, nitrit, pH, dan logam-logam berat. Air lindi ini cenderung asam dengan pH ± 4 . Karakteristik dan komposisi lindi bergantung pada proses biologi dan kimia yang terjadi selama degradasi sampah, komposisi sampah, kepadatan curah hujan, laju perlokasi air tanah dan usia TPA (He dkk., 2005)

Menurut Tchobanoglous et al (1970), air lindi banyak mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman, diantaranya 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). Kandungan unsur – unsur pada lindi dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 Kandungan Unsur – unsur pada Lindi

Kandungan unsur dalam air lindi	Nilai (mg/l)
	Kisaran
BOD5	2.000 – 30.000
Total Organik Karbon	1.500 – 20.000
COD	3.000 – 45.000
TSS	200 – 1.000
Organik Nitrogen	10 - 600
Amonium Nitrogen	10 – 800
Nitrat	5 - 40
Fosfor Total	1 – 70
Alkalinitas	1.000 – 10.000
pH	5,3 – 8,3
Total besi	50 – 600

Sumber : Tchobanoglous et al, 1977

Sedangkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut in.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Lindi

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
COD	150	mg/L
BOD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N total	60	mg/L
Merkuri	0,0005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

Sumber : Permen LHK No P.59/2016

2.2 Dampak Lindi bagi Lingkungan

Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik. Apabila penanganan dan pengolahan lindi sampah tidak dilakukan secara optimal, lindi sampah ini akan masuk ke dalam air tanah ataupun ikut terbawa dalam aliran permukaan. Lindi dapat merembes ke dalam tanah dan bercampur dengan air

tanah, ataupun mengalir di permukaan tanah dan bermuara pada aliran air sungai. Kemampuan lindi mencemari air permukaan/air tanah dipengaruhi oleh kondisi geologi (tipe tanah dan jenis batuan) serta kondisi hidrologi (kedalaman dan pergerakan air tanah, jumlah curah hujan serta pengendalian aliran permukaan) dimana lokasi TPA berada (Maramis, 2008).

Lindi ini jika menyebar ke air tanah akan menyebabkan air tanah yang tercemar lindi tidak dapat dimanfaatkan, karena kadar pencemarnya yang tinggi dan baunya yang busuk-menyengat serta warnanya yang coklat kehitaman (Sutomo, 2000). Senyawa hasil dekomposisi tersebut berpotensi menimbulkan polusi, baik pada air tanah maupun air permukaan karena kandungan senyawa organik, anorganik, maupun xenobiotik, baik yang terlarut maupun tersuspensi yang cukup tinggi (Esplugas dkk., 2004).

2.3 SPA Rangkah

SPA Rangkah mulai beroperasi pada Mei tahun 2012 hingga sekarang (2017). SPA Rangkah berada di jalan Kenjeran, Surabaya Timur. SPA Rangkah melayani empat kelurahan dari Kecamatan Tambaksari, yakni Kelurahan Gading, Kelurahan Rangkah, Kelurahan Dukuh Setro, dan Kelurahan Kapasmadya Baru. Jenis sampah yang ditangani oleh SPA Rangkah adalah sampah rumah tangga yang diperbolehkan masih dalam keadaan tercampur yang terdiri dari sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga, seperti pasar dan pertokoan. Dari hasil penelitian didapatkan timbulan sampah di SPA dalam satuan berat adalah 26,4 ton/hari. Sampah yang ditangani oleh SPA tidak dipilah, karena proses pemilahan sampah, yang diatur dalam ketentuan Kementerian Pekerjaan Umum (2013), tidak tersedia. Dari hasil pengukuran di lapangan, diperoleh densitas sampah di SPA setelah dipadatkan yaitu sebesar 0,8 ton/m³. Nilai densitas ini tergolong besar, dikarenakan pemadatan yang dilakukan secara mekanik menggunakan mesin.

Dalam ketentuan Kementerian Pekerjaan Umum (2013), SPA disyaratkan minimal menyediakan bak penampung lindi. Volume bak disesuaikan dengan kapasitas lindi yang dihasilkan dari proses pengolahan (pemadatan). Lindi yang ditampung kemudian harus ditangani secara berkali melalui penyedotan dan

dibawa ke TPA atau Instalasi Pengolahan Lindi (IPL). Lindi yang dihasilkan dari proses pemadatan sampah di SPA Rangkah saat ini ditampung dalam bak penampung lindi dan dilakukan proses penyedotan lindi secara berkala oleh petugas Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Kota Surabaya. Lindi merupakan salah satu dampak lingkungan negatif yang dihasilkan dari proses pemadatan sampah di SPA. Produksi air lindi dari SPA dapat bervariasi karakteristiknya, tergantung dari beberapa faktor, seperti tingkat pemadatan sampah, komposisi sampah, dan iklim serta kadar air dalam sampah (Setiadewi dan Herumurti, 2012).

2.4 Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik atau disebut juga sebagai pupuk mineral adalah pupuk yang mengandung satu atau lebih senyawa anorganik (Leiwakabessy dan Sutandi, 2004). Fungsi utama pupuk anorganik adalah sebagai penambah unsur hara atau nutrisi tanaman. Dalam aplikasinya, sering dijumpai beberapa kelebihan dan kelemahan pupuk anorganik.

Beberapa manfaat dan keunggulan pupuk anorganik antara lain: mampu menyediakan hara dalam waktu relatif lebih cepat, menghasilkan nutrisi tersedia yang siap diserap tanaman, kandungan jumlah nutrisi lebih banyak, tidak berbau menyengat, praktis dan mudah diaplikasikan. Sedangkan kelemahan dari pupuk anorganik adalah harga relatif mahal dan mudah larut dan mudah hilang, menimbulkan polusi pada tanah apabila diberikan dalam dosis yang tinggi. Unsur yang paling dominan dijumpai dalam pupuk anorganik adalah unsur N, P, dan K. Dampak dari penggunaan pupuk anorganik menghasilkan peningkatan produktivitas tanaman yang cukup tinggi. Namun penggunaan pupuk anorganik dalam jangka yang relatif lama umumnya berakibat buruk pada kondisi tanah. Tanah menjadi cepat mengeras, kurang mampu menyimpan air dan cepat menjadi asam yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitas tanaman (Indrakusuma, 2000).

2.5 Pupuk Cair Organik

Pupuk cair adalah jenis pupuk yang berbentuk cair yang mudah sekali larut pada tanah dan membawahi unsur-unsur penting untuk kesuburan tanah. Pupuk cair adalah pupuk yang

dapat memberikan hara yang sesuai dengan kebutuhan tanaman pada tanah, karena bentuknya yang cair, maka jika terjadi kelebihan kapasitas pupuk pada tanah maka dengan sendirinya tanaman akan mudah mengatur penyerapan komposisi pupuk yang dibutuhkan (Riansyah, 2012). Menurut Permentan nomor 28 / permentan / SR. 130 / 5 / 2010 mengenai spesifikasi pupuk organik cair dari sampah organik, pupuk cair merupakan bentuk akhir dari bahan – bahan organik sampah domestik akibat penguraian oleh mikroorganisme pada suhu tertentu menjadi senyawa organik yang lebih sederhana.

Pada umumnya pupuk organik mengandung hara makro N, P, K rendah tetapi mengandung hara mikro dalam jumlah cukup yang sangat diperlukan pertumbuhan tanaman. Sebagai bahan pembenah tanah, pupuk organik mencegah terjadinya erosi, penggerakan permukaan tanah (*crusting*) dan retakan tanah (Riansyah dan Wesen, 2012). Layak atau tidak, pupuk cair yang dihasilkan dari lindi, ditentukan oleh kadar hara dan mikroorganisme patogen (Nurhasanah, 2010).

Pupuk organik berasal dari bahan organik yang mengandung segala macam unsur maka pupuk ini pun mengandung hampir semua unsur (baik makro maupun mikro). Hanya saja, ketersediaan unsur tersebut biasanya dalam jumlah yang sedikit. Pupuk organik diantaranya ditandai dengan ciri-ciri menurut Murbandono (2000) :

- Nitrogen terdapat dalam bentuk persenyawaan organik sehingga mudah dihisap tanaman.
- Tidak meninggalkan sisa asam anorganik didalam tanah.
- Mempunyai kadar persenyawaan C organik yang tinggi, misalnya hidrat arang.

Menurut Rosmarkam dan Nasih (2002), banyak sifat baik pupuk organik terhadap kesuburan tanah antara lain sebagai berikut :

1. Bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah, menyebabkan tanah menjadi ringan untuk diolah, dan mudah ditembus akar
2. Bahan organik meningkatkan daya menahan air, sehingga kemampuan tanah untuk menyediakan air menjadi lebih banyak.

3. Bahan organik membuat permeabilitas tanah menjadi lebih baik, menurunkan permeabilitas pada tanah bertekstur kasar (pasiran) dan meninggalkan permeabilitas pada tanah bertekstur sangat lembut (lempungan).

2.6 Fermentasi

Fardiaz (1992) mendefinisikan fermentasi sebagai proses pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerobik, yaitu tanpa memerlukan oksigen. Senyawa yang dapat dipecah dalam proses fermentasi terutama karbohidrat, sedangkan asam amino hanya dapat difermentasi oleh beberapa jenis bakteri. Menurut Tridahiningrum (2012), fermentasi adalah semua proses bioenergetik atau katabolisme yang menggunakan senyawa organik sebagai akseptor terakhirnya. Proses fermentasi biasanya berlangsung dengan fosforilasi tingkat substrat, tanpa peranan sitokrom. Pelakunya adalah mikroorganisme anaerob fakultatif atau anaerob obligat. Oleh karena itu, pada akhir proses fermentasi hasilnya didapatkan senyawa – senyawa organik sederhana hasil pernguraian substrat.

Berdasarkan kebutuhan akseptor elektronnya, fermentasi tidak menggunakan akseptor elektron dari luar. Dimana senyawa organik yang diuraikan berfungsi sebagai donor, sekaligus akseptor elektron. Contoh reaksinya :



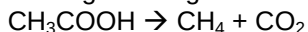
Berdasarkan substratnya, dikenal fermentasi karbohidrat dan fermentasi senyawa N organik. Pada fermentasi karbohidrat, asam piruvat merupakan senyawa antara kunci. Senyawa – senyawa beratom C4-6 diubah terlebih dahulu menjadi asam piruvat. Sedangkan fermentasi senyawa N-organik atau fermentasi asam amino salah satunya terdapat fermentasi asam amino tunggal. Dimana satu macam asam amino berfungsi sebagai sumber energi dan sumber karbon.

Proses pembuatan pupuk cair secara anaerobik berjalan tanpa adanya oksigen, proses ini melibatkan mikroorganisme anaerobik untuk membantu mendekomposisi bahan yang dibuat pupuk cair. Bahan baku yang dipupuk cairkan secara anaerob

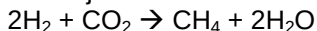
biasanya berupa bahan organik yang berkadar air tinggi. Pupuk cair anaerobik akan menghasilkan gas metan (CH_4), karbondioksida (CO_2) dan asam organik yang memiliki bobot molekul rendah seperti asam asetat, asam propionate, asam butiran, asam laktat dan asam suksinat. Doorn dkk (2006) menyatakan senyawa asam laktat dapat mempercepat perombakan bahan organik dalam proses fermentasi anaerobik sampah organik.

Tiga tahap proses transformasi bahan organik pada sistem anaerobik yaitu:

- a. Hidrolisis yaitu senyawa organik kompleks yang berupa polimer di degradasi menjadi monomernya dengan bantuan enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri.. Tahap ini dikenal sebagai tahap pemecahan polimer.
- b. Asidifikasi adalah proses pengonversian monomer-monomer hasil hidrolisis menjadi senyawa organik sederhana seperti asam lemak volatil, alkohol, asam laktat, senyawa mineral (karbondioksida, hidrogen, amoniak, dan gas hidrogen sulida). Pada tahap ini, bakteri pembentuk asam memecah molekul dari enam atom karbon (glukosa) menjadi molekul yang sedikit mengandung atom karbon.
- c. Metanogenesis adalah proses terbentuknya metana dan karbondioksida. Metana dihasilkan dari asetat atau dari reduksi karbondioksida oleh bakteri asetotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen. *Acetoclastic* metanogen mengubah asam asetat menjadi:



Hidrogenotropik metanogen mensintesa hidrogen dan karbondioksida menjadi:



Menurut Riansyah dan Wesen (2012), selama proses fermentasi, N dan P mengalami kenaikan sampai hari ke 14, dan setelah pada hari ke 14 dan 21 mengalami penurunan. Sedangkan penambahan daun lamtoro untuk unsur N dan bunga untuk unsur P dalam pembuatan pupuk cair dari lindi yang paling baik pematangan pupuk cair di hari ke- 14 sudah bisa dibuat pupuk cair. Amonium meningkat dikarenakan adanya proses amonifikasi selama proses fermentasi anaerob. Amonifikasi adalah proses pembentukan amonia dari materi organik (Dong

dkk., 2002). Pada kondisi anaerobik, terjadi mineralisasi senyawa nitrogen organik dimana nitrogen total hadir dalam wujud amonium dan amonia. Bahan organik terdekomposisi oleh mikroorganisme heterotrofik, sehingga konsentrasi amonium meningkat seiring dengan terjadinya degradasi bahan organik. Mikroorganisme heterotrofik di proses pasca aerobik membutuhkan sejumlah kecil amonium nitrogen untuk pembentukan biomassa baru, sedangkan sisanya bebas tersedia sebagai amonium nitrogen (Fricke dkk, 2006). Keberadaan nitrat ini akan berlanjut pada tahap denitrifikasi yang akan dilakukan oleh bakteri *Azospirillum sp* hingga menghasilkan N_2 bebas dan mengikat N_2 saat berada di tumbuhan (saat pemberian pupuk ke tanaman) (Skinners dkk, 1989).

Selain itu, fermentasi dalam pembuatan pupuk cair organik bisa dikatakan selesai dilihat dari jumlah bakteri *Azospirillum sp.* yang sesuai dengan standar mutu Permentan No.70/Permentan/SR.140/10/2011 yaitu sebanyak $\geq 10^8$ cfu/ml. Menurut Damsir dkk (2016), fermentasi anerobik dapat menurunkan nilai BOD dan COD pada lindi. Semakin lama waktu proses anaerobik mengakibatkan tingkat penurunan BOD dan COD semakin mendekati nilai ambang batas yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan.

2.7 Bakteri Starter (Bakteri Penambat N)

Untuk mempercepat terjadinya proses fermentasi, maka pada permulaan pengumpanan perlu ditambahkan cairan yang mengandung banyak bakteri yang disebut juga dengan starter (Kamaruddin dkk, 1995). Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan yang dijual komersial.

Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa mikroorganisme (jamur mikoriza dan bakteri) dapat digunakan secara efektif dalam mengurangi penggunaan pupuk buatan. Cukup banyak spesies bakteri yang bermanfaat bagi tanaman, antara lain bakteri penambat N, pelarut P, penghasil faktor tumbuh (PGPR) dan bakteri pelapuk bahan organik (Pujiyanto, 2001).

Unsur hara fosfor (P) dan nitrogen (N) di tanah sangat penting ketersediaannya untuk pertumbuhan tanaman, maka mikroorganisme seperti bakteri dapat digunakan untuk

meningkatkan unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Menurut Simanungkalit dkk (2006) dan Ginting dkk (2006) bahwa yaitu bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri penambat nitrogen (BPN) diketahui dapat menyediakan P dan N agar dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Fosfor dan nitrogen tersedia yang dihasilkan oleh campuran bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen digunakan untuk meningkatkan pembentukan sel-sel baru di jaringan meristematik tanaman, sehingga membantu proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Tania dkk, 2012). Penggabungan unsur nitrogen (N) dan fosfor (P) tersedia bagi tanaman yang dihasilkan bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen, dapat meningkatkan kandungan klorofil dan kloroplas pada daun dan proses fotosintesis juga meningkat akibatnya pertumbuhan tanaman lebih baik. Meningkatnya fotosintesis maka akan meningkatkan pertumbuhan dan perpanjangan sel, sehingga pertumbuhan tinggi tanaman yang terbentuk semakin tinggi (Gusniwati dkk, 2008; Tania *et al.*, 2012).

Azospirillum merupakan bakteri tanah penambat nitrogen nonsimbiotik. Bakteri ini hidup bebas di dalam tanah, baik di sekitar maupun dekat dengan perakaran. Potensinya telah diketahui oleh peneliti memiliki banyak manfaat baik dalam tanah maupun pada tanaman, sehingga banyak diaplikasikan sebagai *biofertilizer* (Nurosidd dkk, 2008). Bakteri *Azospirillum sp.* adalah salah satu mikroorganisme yang dapat memfiksasi N dari udara yang bersifat mikroaerobik dan mampu berasosiasi dengan tanaman tingkat tinggi. Dalam proses fiksasi N atmosfer, bakteri *Azospirillum sp.* menambat N bebas dan mengubahnya menjadi sebuah jaringan yang kemudian melalui proses pelapukan, amonifikasi dan nitrifikasi akan memberikan sebagian nitrogen udara sebagai nitrogen yang tersedia bagi tanaman tingkat tinggi (Garner dkk., 1995). Anggota genus ini dapat menambat N₂ mencapai dua belas kali lebih dominan dibandingkan bakteri penambat N₂ lainnya yang hidup bebas dalam tanah (Samekto, 2008). Kemampuan *Azospirillum* dalam menambat nitrogen dan menghasilkan fitohormon serta kemampuan meningkatkan penyerapan nutrisi menyebabkan bakteri tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sebagai hasil asosiasi non simbiotiknya (Siddiqui, 2010; Tilak dkk, 2010).

2.8 Uji Kandungan Pupuk Hasil Lindi

Lindi dapat dijadikan sebagai pupuk cair organik, apabila telah dilakukan pengujian terhadap parameter – parameter tertentu hingga memenuhi persyaratan teknis minimal pupuk organik. Persyaratan teknis minimal pupuk organik dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Cair Organik

No	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1	C – organik	%	min 6
2	Logam berat: As Hg Pb Cd	ppm ppm ppm ppm	maks 2,5 maks 0,25 maks 12,5 maks 0,5
3	pH		4-9
4	Hara makro: N P ₂ O ₅ K ₂ O	% % %	3-6 3-6 3-6
5	Hara mikro: Fe total Fe tersedia Mn Cu Zn B Co Mo	ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm	90-900 5-50 250-5000 250-5000 250-5000 125-2500 5-20 2-10

Sumber : Permentan No.70/Permentan/SR.140/10/2011

Sedangkan persyaratan teknis minimal untuk kandungan bakteri pada pupuk hayati dapat dilihat pada tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2. 4 Persyaratan Teknis Minimal Bakteri Pupuk

Parameter	Standar Mutu Menurut Jenis Bahan			Metode Pengujian
	Tepung/ Serbuk	Granul/Pelet	Cair	
1. Bakteri *) Misalnya:	$\geq 10^7$ cfu/g berat	$\geq 10^7$ cfu/g berat kering contoh	$\geq 10^8$ cfu/ml	TPC **)

Parameter	Standar Mutu Menurut Jenis Bahan			Metode Pengujian
	Tepung/Serbuk	Granul/Pelet	Cair	
a. <i>Azospirillum sp</i> b. <i>Azotobacter sp</i> c. <i>Bacillus sp</i> d. <i>Pseudomonas sp</i>	kering contoh			
1. Fungi*) Misalnya: <i>Aspergillus sp</i>	$\geq 10^5$ cfu/g berat kering contoh	$\geq 10^4$ cfu/g berat kering contoh	$\geq 10^4$ cfu/ml	TPC **)
Fungsional: a. Penambat N b. Pelarut P c. Penghasil fitohormon d. Perombak bahan organik (dekomposer)	Positif Positif >0,0 Positif	Positif Positif >0,0 Positif	Positif Positif >0,0 Positif	Media bebas N Media pikovskaya Spektrofotometri Media agar CMC/Avice I
Kontaminan: <i>E. coli</i> <i>Salmonella sp</i>	< 10^3 MPN/g atau MPN/ml			MPN durham dan uji lanjut pada media
pH	5,0-8,0			pH H ₂ O, pH - meter

Sumber : Permentan No.70/Permentan/SR.140/10/2011

Setelah dihasilkan pupuk cair, dilakukan uji laboratorium terhadap pupuk cair tersebut, dengan parameter unsur makro N (ammonium dan nitrat), BOD, COD, pH, dan suhu. Metode yang digunakan untuk menganalisis parameter yang diamati dalam percobaan ini seperti yang terdapat pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2. 5 Metode Analisis Beberapa Parameter

Parameter	Metode
BOD ₅	Winkler inkubasi
COD	Bikromat refluks
N	Spektrofotometrik

Sumber : Nurhasanah dkk, 2010

2.9 Uji N (amonium dan nitrat)

Spektrofotometri dapat dibayangkan sebagai suatu perpanjangan dari penilikan visual di mana studi yang lebih terinci mengenai pengabsorpsian energi cahaya oleh spesies kimia memungkinkan kecermatan yang lebih besar dalam pencirian dan pengukuran kuantitatif. (Day, R. A., dan Underwood, A. L., 2002).

Spektrofotometer terdiri atas alat spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorbsikan. Jadi spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif apabila energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang (*Khopkar, 1990*).

2.10 Uji BOD dan COD

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umayal dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Dari pengertian-pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

Sedangkan COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991), sehingga segala macam bahan organik, baik yang

mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap (20°C) yang sering disebut dengan DO_5 . Selisih DO_i dan DO_5 ($DO_i - DO_5$) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L).

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi (APHA, 1989, Umay dan Cuvin, 1988). Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan.

2.11 Unsur Hara Tanaman

Berdasarkan jumlah unsur hara yang diperlukan tanaman, unsur hara dibagi menjadi dua golongan, yakni unsur hara makro dan mikro. Jenis – jenis unsur hara makro ini yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Sulfur (S), Kalsium (Ca), dan Magnesium (Mg). Menurut Yuwono (2006), tiga unsur yang mutlak ada dan perlu bagi tanaman ialah Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K). Adapun jenis – jenis unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit (Mikro) ini adalah Klor (Cl), Mangan (Mn), Besi (Fe), kalium juga sebagai sumber kekuatan bagi tanaman menghadapi kekeringan dan penyakit.

Unsur hara yang essential untuk pertumbuhan tanaman diantaranya fosfor (P) dan nitrogen (N). Fosfor dan nitrogen

secara bersamaan akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman pada pembentukan sel-sel baru di jaringan meristematik tanaman, sehingga dapat membantu proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Mehrvarz dan Chaichi, 2008). Fosfor dan nitrogen diketahui dapat meningkatkan produktivitas lahan (Nurdin dkk, 2009). Adanya unsur nitrogen dan fosfor juga mendukung proses fotosintesis sehingga fotosintat yang dihasilkan semakin banyak, kemudian fotosintat tersebut akan ditranslokasikan ke bagian vegetatif tanaman untuk digunakan membentuk batang dan daun sehingga dapat meningkatkan bobot kering tanaman secara keseluruhan (Gusniwati *et al.*, 2008).

Hampir seluruh tanaman dapat menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat atau amonium yang disediakan oleh pupuk. Nitrogen dalam bentuk nitrat lebih cepat tersedia bagi tanaman. Amonium juga akan diubah menjadi nitrat oleh mikroorganisme tanah, kecuali pada tembakau dan padi. Pertumbuhan semua organisme tergantung pada ketersediaan nitrogen (misalnya asam amino). Nitrogen dalam bentuk dinitrogen (N_2) menyusun 80% dari udara yang kita hirup, tetapi bentuk ini tidak dapat digunakan karena ikatan yang sangat kuat. Agar nitrogen dapat digunakan untuk pertumbuhan harus difiksasi dalam bentuk ion amonium (NH_4) atau nitrat (NO_3). Penambahan N secara biologi dapat dilihat dari kemampuan menambat nitrogen yang ditemukan pada bakteri-bakteri tertentu.

Menurut Rilawati (2009), unsur hara N sendiri berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif tanaman yang diperlihatkan dengan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun. Unsur N (Nitrogen) berfungsi untuk memacu pertumbuhan tanaman secara umum, terutama fase vegetatif. Berperan dalam pembentukan klorofil, asam amino, lemak, enzim, dan persenyawaan lain. Kekurangan unsur hara N ini akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman lambat. Mula-mula daun menguning dan mengering, lalu rontok (Redaksi Agromedia, 2007). Menurut Pranata (2004), unsur nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan akar. Sedangkan menurut Lingga dan Marsono (2001) dalam Syahrudin (2012), unsur nitrogen sangat penting untuk pertumbuhan vegetatif tanaman karena dapat

merangkan pertumbuhan secara keseluruhan. Laegried (1999) dalam Hindarsah dan Simarmata (2004) dalam Syahrudin (2012), menyebutkan bahwa ketersediaan nitrogen adalah penting pada saat pertumbuhan tanaman, karena nitrogen berperan dalam proses biokimia tanaman.

Berdasarkan kebutuhan nutrisinya, terong termasuk tanaman yang membutuhkan nutrisi tinggi dengan kebutuhan hara N $> 0,5 \text{ kg/m}^2$ dan kebutuhan hara P $> 0,11 \text{ kg/m}^2$. Sedangkan cabai termasuk tanaman dengan kebutuhan nutrisi rendah yaitu kebutuhan hara N $< 0,15 \text{ kg/m}^2$ dan kebutuhan hara P $< 0,05 \text{ kg/m}^2$ (Mutiarawati, 2001).

2.12 Pertumbuhan Tanaman

Pengamatan pertumbuhan tanaman pada uji pemberian pupuk organik cair lindi digunakan sebagai untuk melihat pengaruh bakteri N yang telah ditambahkan pada lindi. Menurut Rilawati (2009), unsur hara N (amonium dan nitrat) berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif tanaman yang diperlihatkan dengan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun. Tanaman hortikultura yang diuji pada penelitian ini adalah terong (*Solanum melongena*) dan cabai (*Capsicum frutescens*) karena merupakan komoditi tanaman dengan budidaya yang cukup banyak di pertanian saat ini.

2.12.1 Parameter Pertumbuhan Tanaman

Parameter untuk pengamatan tanaman menurut Rilawati (2009) adalah:

1. Tinggi tanaman
Untuk mengetahui pertumbuhan vegetatif tanaman yang diuji coba, dilakukan pengamatan tinggi tanaman yang dilakukan setiap minggu sekali yang dimulai sejak umur 2 minggu setelah tanam sampai panen.
2. Jumlah daun
Pengamatan dilakukan sejak seminggu setelah tanam dan dilakukan setiap seminggu sekali sampai panen pertama. Pengamatan jumlah daun merupakan salah satu indikator pertumbuhan vegetatif tanaman.

2.12.2 Tanaman Terong

Terong (*Solanum melongena* L) adalah tanaman asli daerah tropis. Buah terong merupakan salah satu jenis sayuran karena dapat menyehatkan tubuh. Terong merupakan salah satu komoditas tanaman sayuran yang banyak di usahakan oleh petani. Komoditas terong ini cukup potensial untuk dikembangkan sebagai penyumbang terhadap keanekaragaman bahan sayuran bergizi bagi penduduk.

Tanaman terong termasuk ke dalam family solanaceae. Dalam dunia tumbuhan, terong dapat diklasifikasikan dalam taksonomi sebagai berikut (Rukmana, 2002) :

Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Solonales
Famili	: Solanaceae (bunga seperti terompet)
Genus	: Solanum (<i>Lycopersicum</i>)
Species	: <i>Solanum melongena</i> L.

Terong dapat tumbuh di dataran rendah sampai tinggi, dengan suhu optimum antara 22° C sampai 30°C. Tanaman ini dapat tumbuh sampai ketinggian sekitar 1000 m dpl, tetapi di dataran rendah tumbuhnya lebih cepat (Rukmana, 2002). Tanah yang dikehendaki untuk tumbuh optimal adalah jenis lempung berpasir dan kaya bahan organik dengan drainage tidak tergenang, sedangkan pH tanah yang cocok adalah sekitar 6 - 7.

Bagian luar batang terong berbentuk persegi empat hingga bulat dengan posisi tegak dan bercabang banyak. Pada saat tanaman masih muda batang berwarna kehijauan sampai keunguan, dengan ruas berwarna hijau atau ungu dan mudah patah (Hendro, 1992). Daun terong berbentuk oval menjari sampai bulat dengan ujung meruncing. Warna daun hijau kelam sampai keunguan. Panjang daun sekitar 20 – 30 cm dan lebarnya 15-20 cm. Sedangkan tangkai daunnya berbentuk bulat memanjang sekitar 7 – 10 cm dengan ketebalan 0,5 – 0,7 cm (Wiryanta, 2002). Daunnya merupakan daun majemuk ganjil dengan jumlah daun antara 5 – 7. Pada umumnya diantara pasangan daun yang besar terdapat 1 – 2 daun kecil. Daun majemuk tersusun spiral mengelilingi batangnya (Rukmana, 1994).

Penyemaian benih terong dilakukan hingga umur 35 hari, lalu dipindahkan ke petak penanaman yang telah memiliki 3-4 helai daun. Sedangkan masa panen terong adalah pada umur 70 hari setelah tanam (Kahar dkk, 2016).

2.12.3 Tanaman Cabai

Tanaman cabai merupakan suatu komoditas hortikultura yang banyak dibutuhkan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Buah cabai bermanfaat untuk membantu kerja pencernaan dalam tubuh manusia karena mengandung protein, lemak, karbohidrat, kalsium (Ca), fosfor (P), besi (Fe), dan vitamin-vitamin. Cabai juga merupakan sumber pro-vitamin A dan vitamin B (Rubatzsky and Yamaguchi, 1999).

Tanaman cabai termasuk suku terung-terungan (solanaceae), berbentuk perdu, dan tergolong tanaman semusim. Tanaman itu mempunyai banyak cabang dan setiap cabang akan tumbuh bunga/buah (Tjahjadi, 1993). Daun lombok termasuk daun tunggal sederhana, berlekuk dangkal sampai dalam, tetapi ada juga yang berlekuk majemuk. Letak daun bergantian dan tidak mempunyai daun penumpu. Tanaman ini banyak terdapat di daerah tropis sampai daerah sub tropis. (Pracaya, 1995). Dalam dunia tumbuhan, cabai dapat diklasifikasikan dalam taksonomi sebagai berikut (Rukmana, 2002) :

- Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
- Subdivisi : Angiospermae (biji berada dalam buah)
- Kelas : Dicotyledoneae (biji berkeping dua)
- Ordo (bangsa) : Corolliforea
- Famili (suku) : Solanaceae
- Genus (marga) : Capsicum
- Spesies : *Capsicum frutescens* L

Jenis cabai yang banyak dibudidayakan adalah lombok besar dan lombok rawit (kecil). Tanamannya biasanya berbadan tegak dengan ketinggian tanaman dewasa mencapai 65 – 120 cm, daunnya mencapai panjang 4 – 10 cm dan lebar 1,5 – 4 cm dengan tangkai sekitar 1,5 – 4,5 cm (Trubus, 1996). Suhu rata-rata yang baik untuk pertumbuhan cabai adalah 18 – 28°C. Suhu rata-rata yang terlalu tinggi dapat menurunkan jumlah buah. Suhu rata-rata diatas 32°C dapat mengakibatkan tepung sari menjadi tidak berfungsi. (Widodo, 1997).

Tanaman cabai dapat tumbuh dengan baik di daerah yang mempunyai kelembaban udara yang tinggi sampai yang sedang. Kelembaban udara yang terlalu rendah akan mengurangi produksi cabai (Tjahjedi 1993). Tanaman ini dapat diusahakan pada setiap jenis tanah dengan struktur yang remah dan kaya akan bahan organik dengan ketinggian tempat antara 0 – 1400 m di atas permukaan laut. Pada tanah yang padat dan kekurangan air akan menyebabkan aerasi udara dalam tanah menjadi berkurang, sehingga suplai oksigen ke dalam akar terhambat. Pada lahan tanah yang becek karena kelebihan air, menyebabkan akar akan mudah terserang penyakit busuk akar (Santika, 1999). Intensitas cahaya yang cukup banyak diperlukan untuk pembentukan bunga yang normal. Lama penyinaran (fotoperiodisitas) yang dibutuhkan tanaman cabai antara 10 – 12 jam penyinaran sehari.

Benih cabai disemai terlebih dahulu selama 25 – 30 hari dalam polibag kecil. Untuk pertanaman disiapkan polibag ukuran 25 x 30 cm. Penanaman dilakukan setelah bibit memiliki 3 – 4 helai daun atau kira – kira umur 21 – 30 hari. Pemanenan pertama dilakukan pada umur 87 – 89 hari setelah tanam (Darmawan, 2006).

2.13 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh Riansyah dan Putu (2012) dengan Judul Pemanfaatan Lindi Sampah Sebagai Pupuk Cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa :
 - a) Penambahan masing-masing unsur N dan P hingga mencapai kondisi optimum yaitu 40-60 % dengan nilai terbaik 50 % (Tchobanoglous,1993).
 - b) Jumlah mikroorganisme yang pada awal hanya sedikit dan belum berkembang, sehingga memperlambat proses pembuatan pupuk cair, berbeda dengan setelah adanya penambahandaun lamtoro dan bunga, jumlah mikroorganisme mengalami kenaikan, sehingga dapat mempercepat proses pembuatan pupuk cair.
 - c) Dalam pembuatan pupuk cair dari lindi yang paling baik pematangan pupuk cair di hari ke- 14 sudah bisa dibuat pupuk cair.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Puspita dkk (2016) dengan Judul Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Air Lindi Dari Tpa Telaga Punggur Terhadap Pertumbuhan Morfometrik Tanaman Seledri (*Apium Graveolens* L). Hasil penelitian menunjukkan bahwa :
 - a) Pemberian pupuk organik cair berbahan dasar lindi dari TPA Telaga Punggur berpengaruh signifikan dan erat terhadap pertumbuhan tanaman Seledri, dalam ini pertumbuhan tinggi tanaman dan pertambahan jumlah daun.
 - b) Apabila dilihat dari variabel pertumbuhan tinggi tanaman, secara statistik pupuk organik cair lindi dan pupuk organik cair NASA memberikan hasil pertumbuhan yang sama.
 - c) Apabila dari variabel pertambahan jumlah daun, secara statistik pupuk organik cair lindi memberikan hasil pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan pupuk organik cair NASA.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Astuti dkk (2013) dengan Judul Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penambat Nitrogen terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai pada Tanah Masam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bakteri pelarut fosfat (BPF) hanya mampu meningkatkan kadar nitrogen (N) dan kadar fosfor (P) tanaman cabai. Bakteri penambat nitrogen (BPN) hanya mampu meningkatkan kadar nitrogen (N) tanaman cabai. Bakteri pelarut fosfat (BPF) ditambah bakteri penambat nitrogen (BPN) paling mampu dalam meningkatkan bobot basah, tinggi, kadar nitrogen (N), dan kadar fosfor (P) tanaman cabai pada tanah masam.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

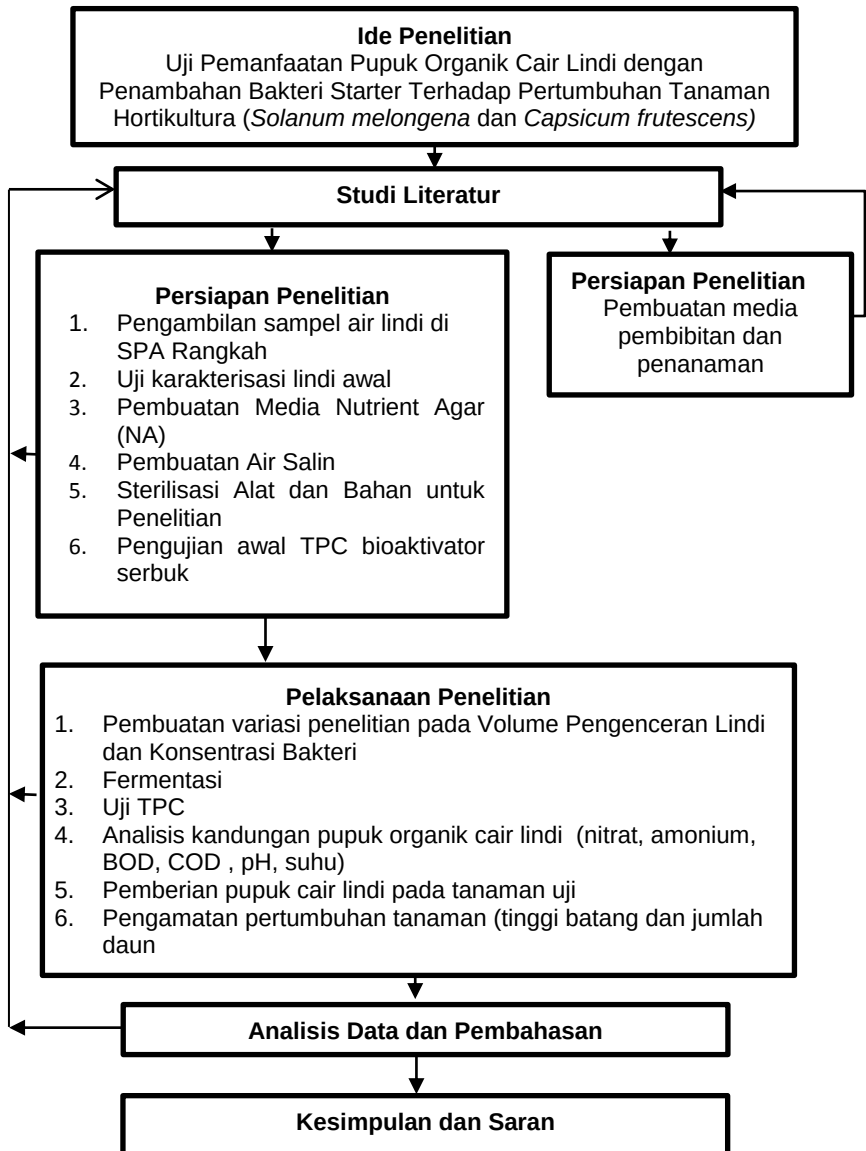
Kerangka penelitian digunakan sebagai gambaran awal dalam tahap penelitian sehingga dapat memudahkan dalam melakukan penelitian dan penulisan dalam laporan, memudahkan dalam memahami penelitian yang akan dilakukan serta sebagai pedoman dalam melakukan penelitian, sehingga kesalahan dapat diminimalisasi.

Penelitian ini akan menguji pemanfaatan pupuk organik cair lindi terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. Lindi SPA Rangkah yang telah diencerkan dengan pengenceran tertentu ditambahkan dengan bakteri starter untuk dijadikan pupuk melalui proses fermentasi. Parameter yang diuji adalah ammonium, nitrat, BOD, COD, pH dan suhu. Serta jumlah bakteri penambat N yang dihitung selama proses fermentasi di tengah dan akhir untuk melihat jumlah bakteri yang dapat hidup dan memenuhi persyaratan standar baku jumlah bakteri pada pupuk organik cair. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman dan jumlah daun. Variabel yang digunakan adalah variasi konsentrasi bakteri yang ditambahkan, variasi pengenceran lindi, dan variasi jenis tanaman yaitu tanaman terong (*Solanum melongena*) dan cabai (*Capsicum frutescens*).

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium yang akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air dan Laboratorium Limbah Padat dan B3 Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS. Kerangka penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2 Ide Penelitian

Selama ini, pengolahan lindi hanya berupaya menurunkan kadar zat pencemar hingga memenuhi baku mutu untuk dibuang ke badan air. Dengan kandungan unsur hara yang cukup tinggi, lindi sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Dengan penambahan bakteri starter *Azospirillum sp* yaitu bakteri penambat N, lindi bisa dijadikan pupuk organik cair melalui proses fermentasi.



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.3 Studi Literatur

Studi literatur penelitian dilakukan untuk meningkatkan pemahaman yang lebih jelas terhadap penelitian yang akan diteliti. Selain itu, studi literatur mendukung dan membantu ide penelitian. Sumber literatur berasal dari *text book*, jurnal penelitian nasional dan internasional, makalah seminar, prosiding, disertasi, serta tugas akhir yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Literatur yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah pengertian dan karakteristik lindi, dampak lindi bagi lingkungan, karakteristik lindi pada SPA Rangkah, pupuk organik, pupuk anorganik (kimia), fermentasi, bakteri starter dalam bioaktivator, unsur hara, uji N (ammonium dan nitrat), uji BOD dan COD, uji kandungan pupuk dari lindi, pertumbuhan tanaman, dan penelitian terdahulu.

3.4 Persiapan Penelitian

Tahap persiapan penelitian adalah tahapan awal untuk menyiapkan alat dan bahan serta kebutuhan uji awal yang akan digunakan selama penelitian. Tahap persiapan ini dilakukan sebagai berikut :

3.4.1 Pengambilan Sampel Air Lindi SPA Rangkah

Lindi pada SPA Rangkah berasal dari proses pemadatan sampah yang kemudian ditampung dalam bak penampung lindi dan dilakukan proses penyedotan secara berkala oleh petugas Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Kota Surabaya untuk dibawa ke Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) di TPA (Setiadewi dan Herumurti, 2012). Pengambilan sampel air lindi dilakukan dalam satu hari menggunakan jeriken plastik ukuran lima liter. Pengambilan air lindi langsung dilakukan di SPA Rangkah. Lindi yang diambil sebanyak kurang lebih satu liter.

Pengambilan lindi menggunakan ember bekas ukuran 1 liter yang ditali dengan tali tampar untuk kemudian dilemparkan ke dalam bak penampung dengan kedalaman kurang lebih 1,5 meter seperti mengambil sampel pada sungai atau sumur. Kemudian ember tersebut dicelupkan ke dalam lindi yang terkumpul didasar bak penampung. Setelah penuh ditarik ke atas dan dituangkan ke dalam jeriken plastik 5 liter. Kemudian ditutup

rapat, diberi label, dan disimpan di Workshop Departemen Teknik Lingkungan.

3.4.2 Uji Karakteristik Lindi Awal

Uji karakteristik lindi dilakukan untuk mengetahui unsur apa yang terkandung di dalam lindi di SPA Rangkah. Uji karakteristik lindi yang dilakukan adalah uji ammonium, nitrat, BOD, dan COD di laboratorium Teknologi Pengolahan Air Departemen Teknik Lingkungan ITS. Uji ini dilakukan ketika air lindi belum difermentasikan dengan bakteri starter. Uji nitrat menggunakan metode brucin asetat serta uji amonium menggunakan metode nessler. Keduanya menggunakan alat spektrofotometer untuk menghitung nilai nitrat dan amonium pada sampel. Uji parameter – parameter tersebut mengacu pada *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Tahapan uji nitrat, amonium, BOD, dan COD dapat dilihat pada lampiran 1, 2 dan 3. Pada uji BOD, perlu disiapkan air pengencer sebelum melakukan uji tersebut. Selain itu analisis terhadap nilai permanganat juga dibutuhkan untuk mengetahui permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik. Nilai permanganat tersebut akan digunakan sebagai nilai pengenceran terhadap sampel ke air pengencer. Tahapan uji permanganat dapat dilihat pada lampiran 2.

Persiapan dalam uji BOD salah satunya adalah pembuatan air pengencer berikut ini :

1. Pembuatan Air Pengencer

Air pengencer digunakan untuk uji BOD. Pembuatan air pengencer dilakukan dengan cara mengambil larutan buffer sulfat, larutan $MgSO_4$, larutan $CaCl_2$, larutan $FeCl_3$, masing-masing 1 mL. Masing-masing larutan tersebut dimasukkan ke dalam 1 liter air kran laboratorium. Untuk kebutuhan air pengencer bisa bervariasi tergantung jumlah sampel yang akan diuji. Jumlah ml untuk tiap larutan yang ditambahkan juga mengikuti jumlah liter air kran yang akan digunakan sebagai air pengencer. Selanjutnya mengaerasi selama minimal 2 jam hingga DO mendekati 7. Air pengencer ini akan berfungsi sebagai blanko. Disamping mempersiapkan air pengencer yang di aerasi, disiapkan pula air kotor berupa campuran air kran dengan sedikit tanah.

Tanah tersebut berfungsi sebagai bibit. Kemudian air tersebut juga diaerasi hingga dua jam. Setelah diaerasi, air kotor tersebut dimasukkan ke dalam air pengencer yang berisi larutan kimia, kemudian diaerasi kembali. Setelah sekitar dua jam lebih, DO (*Dissolved Oxygen*) diperiksa untuk mengetahui apakah sudah mendekati 7 (oksigen jenuh) atau belum. Tahapan analisis DO atau oksigen terlarut dapat dilihat pada lampiran 2.

2. Penentuan panjang gelombang maksimum untuk amonium dan nitrat

Penentuan panjang gelombang untuk pengukuran nitrat dan amonium menggunakan percobaan *spektrofotometri visible*. Terdapat dua langkah pada penentuan panjang gelombang ini. Yang pertama membuat larutan standar untuk nitrat dan amonium. Amonium dan nitrat dibuat dengan konsentrasi 1 ppm. Setelah itu, larutan standar tersebut dibaca absorbansinya pada spektrofotometri dan dicari panjang gelombang yang paling maksimum.

Pada pembacaan absorbansi tersebut, dilihat pada panjang gelombang berapa yang memiliki nilai absorbansi paling besar. Kemudian dibuat variasi ppm pada larutan standar amonium dan nitrat. Variasi tersebut, yaitu 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8. Variasi tersebut kemudian dibaca absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh pada percobaan sebelumnya. Kemudian nilai absorbansi dibuat grafik regresi sebagai kurva kalibrasi untuk perhitungan nilai amonium dan nitrat.

3.4.3 Pembuatan Media Nutrient Agar (NA)

Pada pembuatan 1 liter media NA dibutuhkan 20 gram serbuk NA. Pada setiap uji TPC 6 sampel dengan konsentrasi pengenceran hingga 10^{-8} dibutuhkan 18 buah cawan petri dengan kebutuhan media NA cair sebanyak kurang lebih 10 ml masing – masing cawan. Sehingga, untuk sekali TPC membutuhkan 180 ml NA. Sedangkan untuk memudahkan pembuatan media NA sendiri pada erlenmeyer 250 ml, maka perlu menimbang 4 gram serbuk NA yang akan diencerkan hingga 250 ml. Serbuk NA yang digunakan untuk membuat media agar ditimbang dengan neraca

analitik. Kemudian, serbuk NA dilarutkan ke dalam aquades. Proses pelarutan serbuk NA ke dalam aquades dilakukan dalam kondisi panas di atas kompor listrik. Pengadukan larutan NA menggunakan spatula kaca. Setelah serbuk NA larut, larutan 250 ml, ditunggu hingga dingin. Setelah dingin, larutan NA dalam erlenmeyer ditutup dengan kapas lemak, dilapisi kertas coklat, dan siap untuk sterilisasi dalam *autoclave*. Media NA dalam percobaan ini digunakan sebagai media tumbuh saat uji jumlah koloni bakteri.

Media NA yang telah disterilisasi dengan *autoclave* selanjutnya dapat digunakan untuk membuat media agar datar pada cawan petri. Agar datar dibuat dengan cara menuang media NA cair ke dalam cawan petri dalam kondisi aseptik. Sebelum proses penuangan media NA, cawan petri disterilisasi dengan cara mengapi-apikan mulut cawan. Api yang digunakan untuk menciptakan kondisi aseptis saat pemindahan media NA berasal dari bunsen. Setelah media NA dalam cawan petri memadat, mulut cawan petri diapi-apikan kembali. Selanjutnya, media NA dalam cawan petri dapat digunakan untuk proses uji TPC bakteri.

3.4.4 Pembuatan Air Salin

Air salin dibuat dengan cara melarutkan serbuk NaCl ke dalam aquades sesuai kebutuhan. Kebutuhan serbuk NaCl dalam pembuatan 1 liter air salin adalah 8,5 gram. Serbuk NaCl ditimbang menggunakan neraca analitik, kemudian dilarutkan ke dalam aquades dengan cara diaduk hingga homogen menggunakan spatula. Larutan air salin NaCl yang telah homogen kemudian dimasukkan ke dalam tabung rekasi dengan jumlah masing – masing 9 ml. Kemudian tabung reaksi berisi larutan NaCl 0,85% disterilisasi menggunakan *autoclave*. Air salin NaCl pada penelitian ini digunakan sebagai larutan pengencer dalam uji jumlah bakteri.

3.4.5 Sterilisasi Alat dan Bahan untuk Penelitian

Metode yang digunakan untuk sterilisasi alat dan bahan pada penelitian ini merujuk pada Kubyskhina et al. (2011) yang telah disesuaikan. Semua alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya cawan petri dan pipet ukurs harus dalam keadaan steril. Sebelum digunakan semua alat dicuci kemudian

dikeringkan, baik menggunakan kain maupun dengan cara diangin-anginkan. Setelah alat kering, setiap alat dapat dibungkus dengan kertas cokelat untuk menghindari masuknya uap air ke dalam alat saat sterilisasi.

Alat-alat yang telah terbungkus dimasukkan ke dalam *autoclave* untuk disterilisasi dengan metode uap panas. Suhu dan tekanan *autoclave* yang digunakan untuk sterilisasi adalah 121°C dan 1,1 atm. Proses sterilisasi dilakukan selama ± 60 menit. Proses sterilisasi juga dilakukan pada bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang harus disterilkan, antara lain media NA dan air salin. Tujuan proses sterilisasi ini adalah untuk menghilangkan mikroorganisme yang ada pada alat dan bahan, sehingga tidak terjadi kontaminasi.

3.4.6 Pengujian Awal Jumlah Koloni

Pada tahap ini diuji dahulu bioaktivator serbuk dan cair yang berisi bakteri penambat N (*Azospirillum sp*) melalui uji Total Plate Count (TPC). Uji ini untuk mengetahui jumlah koloni awal yang ada pada bioaktivator serbuk. Pada tahap ini, bioaktivator serbuk yang digunakan sebanyak 1 gram yang dilarutkan dalam 50 ml air kran. Konsentrasi air salin yang digunakan yaitu pada pengenceran 10^{-6} , 10^{-7} , dan 10^{-8} . Pengujian dilakukan pada media yang telah dibuat sebelumnya, yaitu pada media agar NA yang telah disterilisasi. Sedangkan pada bioaktivator yang berbentuk cair juga dilakukan uji identifikasi dan jumlah koloni bakteri *Azospirillum sp* (diuji pada Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri). Sehingga dapat diketahui jumlah koloni awal bakteri yang ada pada bioaktivator serbuk dan cair yang akan dijadikan acuan untuk mengecek pertumbuhan bakteri selama proses fermentasi dalam pembuatan pupuk organik cair lindi.

3.4.7 Pembuatan Media Pembibitan dan Penanaman

Terlebih dahulu menyiapkan media pertumbuhan tanaman dibuat seragam dengan menggunakan tanah yang kebun (yang biasa digunakan untuk tanah taman) yang dibuat dalam pot-pot (*polybag*) ukuran 20 x 20 cm untuk tanaman uji.

Pembuatan media ini disiapkan sebanyak 64 reaktor. 64 reaktor tersebut terdiri atas 6 reaktor sebagai kontrol (masing-

masing untuk *Solanum melongena* dan *Capsicum frutescens*). Kontrol sendiri menggunakan lindi dengan pengenceran 50x, 75x, dan 100x yang difermentasikan 14 hari tanpa penambahan bakteri starter. 6 reaktor yang ditambahkan pupuk cair lindi A (masing-masing untuk *Solanum melongena* dan *Capsicum frutescens*). Pupuk cair lindi A merupakan pupuk yang dibuat menggunakan bakteri starter yang berupa serbuk yang kemudian difermentasikan ke tanaman. 6 reaktor yang ditambahkan pupuk cair lindi B (masing-masing untuk *Solanum melongena* dan *Capsicum frutescens*). Sedangkan pupuk cair lindi B merupakan pupuk yang dibuat menggunakan fermentasi bakteri starter yang berupa cairan. Serta 2 reaktor yang ditambahkan pupuk cair kimia merek NPK (masing-masing untuk *Solanum Melongena* dan *Capsicum frutescens*). Jumlah 32 reaktor tersebut akan diperlakukan duplo, sehingga dibutuhkan 64 reaktor tanaman. Fungsi duplo adalah untuk meningkatkan ketepatan penelitian yang dilakukan.

Sebelum melakukan penanaman cabai dan terong, terlebih dahulu dilakukan penyemaian dengan menggunakan media tanah di polybag ukuran 20 x 20 cm. Penyemaian diawali dengan menyiapkan tanah yaitu tanah kebun dari toko tanaman (lempung berpasir) dan tidak memberi campuran pupuk yang kemudian mengisi polybag – polybag tersebut sebanyak 32 polybag untuk masing – masing. Persiapan media penyemaian ini dilaksanakan pada tanggal 28 Februari 2017. Kemudian menyemai bibit cabai dan terong yang telah dibeli dengan jumlah bibit sebanyak 2 bibit tiap polybag (dengan jarak antar bibit kurang lebih 10 cm). Kemudian meletakkan polybag – polybag tersebut di bawah naungan atap (tidak terkena sinar matahari dan air hujan secara langsung) yaitu di belakang kelas TL 105 dan 106. Penyiraman dilakukan setiap dua hari sekali (dijaga tetap basah) dengan ukuran 125 ml (setengah gelas aqua) tiap polybag.

Bibit dinyatakan siap ditanam pada saat berumur 25 - 30 hari setelah semai atau memiliki 3-4 helai daun. Sebelum bibit dipindah, tanaman dilakukan sortasi lebih dahulu untuk memilih bibit yang sehat dan seragam. Setelah itu bibit dipindahkan ke polibag ukuran 30 cm x 30 cm yang berisi tanah kebun, dimana satu *polybag* berisi satu tanaman. Tanaman yang homogen inilah

yang kemudian dilakukan pengamatan pertumbuhan pada tinggi dan jumlah daun setelah pemberian pupuk organik lindi yang dihasilkan.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi pembuatan variasi penelitian yaitu pengenceran lindi dan konsentrasi bakteri, proses fermentasi, uji TPC, analisis kandungan amonium, nitrat, BOD, dan COD, pemberian pupuk cair lindi ke tanaman, dan pengamatan pertumbuhan tanaman. Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam waktu 90 hari. Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan penelitian :

3.5.1 Pembuatan Variasi Penelitian pada Volume Pengenceran Lindi dan Konsentrasi Bakteri

Tanaman mendapat tiga perlakuan, yaitu pemakaian pupuk cair lindi (dengan variasi dosis), pupuk kimia, dan kontrol (tanpa pupuk dan tanpa pestisida). Pupuk kimia yang digunakan merupakan pupuk yang mengandung N, P, dan K.

Air lindi yang diambil dari SPA Rangkah, kemudian dilakukan pengenceran dengan variasi pengenceran 50x, 75x, 100x, dalam 10 ml lindi. Sehingga akan didapat hasil pengenceran yaitu 500 ml, 750 ml, dan 1000 ml. Pengenceran lindi ini dilakukan dua kali, yaitu untuk pemberian bakteri dan lindi yang tidak diberi perlakuan bakteri. Pengenceran lindi baik sebagai kontrol maupun yang ditambahkan bakteri dilakukan pada reaktor berupa botol kaca 1 liter (botol bensin).

Volume pengenceran lindi yang dihasilkan diperkirakan untuk penggunaan air lindi minimal yang digunakan untuk pupuk cair organik beserta uji karakteristik sekitar 500 ml. Volume 500 ml ini akan digunakan untuk uji karakteristik setelah fermentasi. Uji yang dilakukan adalah uji Amonium, Nitrat, BOD dan COD dengan masing-masing pengambilan 2 ml, 25 ml, 100 ml dan 20 ml untuk tiap uji. Serta uji TPC selama fermentasi pada hari ke-7 dan ke-14 diambil 3 mL untuk masing – masing reaktor. Dan sisanya akan digunakan untuk pemupukan ke tanaman.

Konsentrasi bakteri yang ditambahkan pada air lindi adalah 5 cc dan 10 cc. Hal ini disesuaikan dengan aturan pakai pencampuran penggunaan bakteri pada bioaktivator yang

diaplikasikan ke tanaman yaitu 5 – 10 cc bioaktivator cair pada 1 liter air. Sehingga, penambahannya yaitu 5 cc (5 ml) dan 10 cc (10 ml) bakteri pada 500 ml, 750 ml, dan 1000 ml air lindi. Sedangkan untuk bioaktivator serbuk berisi bakteri, akan dibuat dalam 0,5 g dan 1 g untuk masing – masing 500 ml, 750 ml, dan 1000 ml lindi. Kemudian diaduk air lindi dan bakteri starter dengan batang pengaduk. Matriks penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 1 Matriks Penelitian untuk Bakteri Starter Serbuk

Pengenceran lindi Konsentrasi bakteri	50x (1)	75x (2)	100x (3)
0,5 gr (A)	A1	A2	A3
1 gr (B)	B1	B2	B3

Tabel 3. 2 Matriks Penelitian untuk Bakteri Starter Cair

Pengenceran lindi Konsentrasi bakteri	50x (1)	75x (2)	100x (3)
5 ml (C)	C1	C2	C3
10 ml (D)	D1	D2	D3

3.5.2 Proses Fermentasi

Fermentasi dilakukan di reaktor botol kaca 1 liter (botol bensin yang telah dibersihkan). Reaktor uji berjumlah 12 buah yang terdiri dari reaktor dengan penambahan bakteri starter serbuk dan reaktor untuk jenis penambahan bakteri starter cair. Dalam penelitian ini dibuat duplo sehingga jumlah reaktor adalah 24 reaktor uji. Selain itu, ada pula reaktor kontrol berupa pengenceran lindi sebanyak 3 reaktor. Sehingga total seluruh reaktor adalah 27 reaktor. Gambar reaktor dapat dilihat selengkapnya pada lampiran 5.

Selama proses fermentasi, tutup botol bensin diberi lubang untuk slang plastik agar gas hasil fermentasi dapat bebas keluar. Kemudian menyimpan reaktor tersebut di tempat yang tidak terkena cahaya matahari selama 14 hari sampai proses fermentasi selesai yaitu di dalam Laboratorium Limbah Padat dan B3 Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS. Reaktor untuk

penelitian lebih jelas dapat dilihat pada lampiran 5. Tingkat keberhasilan fermentasi, disesuaikan dengan jumlah bakteri minimal yang sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011.

3.5.3 Uji Total Plate Count (TPC)

Uji TPC merupakan uji untuk mengetahui jumlah mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut ditumbuhkan pada media agar untuk membentuk koloni yang sebelumnya telah diberi perlakuan dengan pengenceran suspensi secara bertingkat. Sehingga dapat dilihat langsung jumlah bakteri yang ada tanpa menggunakan mikroskop. Uji jumlah koloni bakteri dilakukan selama proses fermentasi, yaitu pada hari ke-7 dan hari ke-14. Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan bakteri pada pupuk cair organik lindi melalui jumlah koloni yang terhitung. Pada persyaratan teknis minimal pupuk organik cair, standar baku bakteri *Azospirillum* sp. yang digunakan pada penelitian kali ini adalah $\geq 10^8$ cfu/ml. Namun, dikarenakan uji TPC tidak dapat melihat salah satu jenis bakteri, sehingga yang akan dicek melalui uji TPC adalah jumlah koloni bakteri total yang ada hingga hari ke-14 fermentasi. Tahap uji TPC secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4.

Uji TPC dilakukan tidak secara bersamaan untuk seluruh reaktor. 2 jenis reaktor dan duplo (total 4 jenis reaktor), tidak memungkinkan untuk dilakukan bersamaan. Oleh karena itu, uji TPC dilakukan bergantian. Uji TPC sekaligus fermentasi pertama dilakukan pada reaktor uji dengan penambahan bakteri serbuk. Setelah selesai fermentasi hari ke-14, maka dilanjutkan dengan fermentasi dan TPC pada reaktor uji dengan penambahan bakteri starter cair. Kemudian dilanjutkan dengan reaktor duplo dan reaktor kontrol (pengenceran lindi tanpa bakteri).

3.5.4 Uji Kandungan Amonium, Nitrat, BOD, dan COD

Analisis yang dilakukan sama dengan uji karakteristik awal lindi, untuk mengetahui kandungan amonium, nitrat, BOD, dan COD pada hasil fermentasi. Uji kandungan – kandungan ini dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan ITS. Prosedur uji nitrat dan amonium dapat dilihat pada lampiran 1, uji BOD pada lampiran 2,

dan uji COD dapat dilihat pada lampiran 3. Kemudian dilakukan analisis anova (uji signifikansi) terhadap hasil pupuk organik cair lindi untuk melihat pengaruh pemberian bakteri dan konsentrasi lindi yang telah diberikan. Hasil yang diuji pengaruhnya hanya untuk amonium dan nitratnya, dikarenakan pengaruh bakteri yang diberikan hanya pada proses pembentukan ammonium dan nitrat, tidak pada parameter BOD dan COD.

3.5.5 Uji pH dan Suhu

Parameter nilai pH dan suhu dianalisis pada akhir perlakuan. Nilai pH diuji dengan menggunakan pH meter. pH meter yang digunakan berasal dari Laboratorium Pemulihan Air Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan ITS. Pengukuran suhu sampel dilakukan menggunakan termometer dari Laboratorium Limbah Padat dan B3, Departemen Teknik Lingkungan ITS.

3.5.6 Pemberian Pupuk Organik Cair Lindi Pada Tanaman

Tanaman yang telah siap tanam berumur 30 hari setelah masa penyemaian, yang kemudian dipindahkan ke media tanam. Pemupukan bisa dilakukan setelah usia tanaman 2 minggu hari setelah tanam (HST) dengan mendapat tiga perlakuan, yaitu pemberian pupuk cair lindi, dengan pembandingan pupuk anorganik, dan kontrol (hanya dengan penambahan lindi yang telah diencerkan tanpa penambahan bakteri starter).

Pemupukan dilakukan pada masing – masing *polybag* untuk masing – masing variasi pupuk cair lindi, pupuk anorganik, dan kontrol dengan jumlah 64pot/*polybag*, untuk 32 tanaman diduplo. Pemupukan dilakukan setiap seminggu sekali. Pupuk pembandingan yang akan digunakan adalah pupuk anorganik yang ada dipasaran yaitu pupuk NPK.

Pemberian pupuk dilakukan dengan dosis sebanyak 250 mL untuk satu tanaman uji. Sehingga untuk satu reaktor uji digunakan untuk 4 tanaman. Pada tahap ini, dikarenakan tanaman terong sempat mengalami *re-growth* (sedang proses penyemaian ulang), sehingga pemberian pupuk cair lindi pada tanaman terong baru bisa dilaksanakan pada Minggu ke 3 bulan Mei (19 Mei 2017). Sedangkan untuk tanaman cabai, pemberian pupuk dilaksanakan pada minggu ke 3 bulan April (21 April 2017).

Pemberian pupuk untuk masing – masing jenis tanaman dilakukan selama seminggu sekali sekali, selama 4 minggu penyiraman (d disesuaikan dengan lama pengamatan pertumbuhan tanaman yaitu 30 hari).

3.5.7 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman dilihat dari perbandingan jumlah daun dan tinggi tanaman. Pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan setiap tiga hari sekali sejak pemupukan. Pengamatan dilakukan selama tiga hari sekali selama 30 hari agar diperoleh data tingkat pertumbuhan tanaman yang akurat.

3.6 Hasil dan Pembahasan

Pada bagian hasil dan pembahasan ditulis secara deskriptif untuk menjelaskan hasil penelitian terhadap pengaruh parameter dan variable yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil penelitian meliputi beberapa hal berikut:

1. Analisis hasil karakteristik awal lindi
2. Analisis uji TPC, amonium, nitrat, BOD, COD, pH dan suhu
3. Pengaruh variasi pengenceran dan konsentrasi penambahan bakteri yang diujikan pada tanaman
4. Pembuatan grafik sebagai hasil dari pertumbuhan tanaman yang diuji

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis data penelitian dan pembahasan. Kesimpulan harus menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Kesimpulan yang dibuat akan memuat variasi yang tepat sebagai penerapan dari pengaruh penambahan pupuk cair organik lindi pada tanaman. Saran diperlukan sebagai penyempurnaan penelitian dan rekomendasi terhadap penelitian terkait untuk meminimalisasi kesalahan dan untuk meningkatkan efisiensi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Karakteristik Awal Lindi

Tahap uji karakteristik awal lindi ini dilakukan untuk mengetahui unsur apa saja yang terkandung di dalam lindi di SPA Rangkah. Karakteristik fisik air lindi SPA Rangkah adalah berbau tidak sedap (menyengat), berwarna hitam keabuan, cair, bersuhu normal (suhu ruang), dan terdapat padatan – padatan sampah. Uji karakteristik lindi yang dilakukan adalah uji amonium, nitrat, BOD, dan COD awal. Uji karakteristik awal lindi ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS. Uji ini dilakukan ketika air lindi belum difermentasikan dengan bakteri starter. Uji parameter – parameter tersebut mengacu pada *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Hasil karakteristik lindi awal dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Karakteristik Awal Lindi SPA Rangkah

Kandungan unsur dalam air lindi	Nilai
BOD	500 mg/l
COD	1920 mg/l
Amonium Nitrogen	60 mg/l
Nitrat Nitrogen	5,028 mg/l

Dari hasil uji karakteristik awal tersebut, dapat diketahui nilai BOD dan COD yang tinggi. Nilai ini melebihi nilai baku mutu lindi menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.59/Menlhk/ Setjen/Kum.1/7/2016 tentang baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah bahwa kadar paling tinggi untuk BOD sebesar 150 mg/L, dan COD sebesar 300 mg/L. Sehingga, air lindi dari SPA Rangkah perlu diolah sebelum dibuang ke badan air atau digunakan untuk pupuk tanaman agar tidak mencemari lingkungan.

Menurut Damsir *et al* (2016), fermentasi anerobik dapat menurunkan nilai BOD dan COD pada lindi. Semakin lama waktu proses anaerobik mengakibatkan tingkat penurunan BOD dan

COD semakin mendekati nilai ambang batas yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan. Sehingga, pada akhir proses fermentasi akan dihitung kembali nilai BOD dan COD pada reaktor uji. Pengukuran pada hasil akhir fermentasi dilakukan untuk mengetahui nilai BOD dan COD pada sampel di reaktor uji sudah sesuai dengan baku mutu atau tidak. Selain itu, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kesiapan sampel hasil fermentasi untuk dapat diaplikasikan ke tanaman.

Sedangkan kandungan amonium dan nitrat yang cukup tinggi pada lindi SPA Rangkah berasal dari proses degradasi bahan organik yang terjadi (Nurhasanah, 2012). Dimana dekomposisi bahan organik yang masih ada pada lindi di reaktor menyebabkan terbentuknya amonia/amonium, dan amonium berubah menjadi nitrit lalu nitrat. Dari hasil tersebut, untuk nilai N awal pada lindi didapat %N (penjumlahan kadar amonium dan nitrat setelah dikonversi ke dalam persen) adalah 0,006%. Sedangkan standar mutu %N (N total terdiri atas N-organik, amonium nitrogen, dan nitrat nitrogen) dalam persyaratan teknis minimal pupuk cair organik adalah 3 – 6%. Meskipun masih jauh dari standar baku, namun kandungan N (amonium nitrogen dan nitrat nitrogen) ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair.

4.2 Uji Awal Jumlah Koloni Bakteri pada Bioaktivator

Pada tahap ini diuji dahulu bioaktivator serbuk yang berisi bakteri penambat N (*Azospirillum sp*) melalui uji Total Plate Count (TPC). Uji ini untuk mengetahui jumlah koloni awal yang ada pada bioaktivator serbuk. Pada tahap ini, bioaktivator serbuk yang digunakan sebanyak 1 gram yang dilarutkan dalam 50 ml air kran. Konsentrasi air salin yang digunakan yaitu pada pengenceran 10^{-6} , 10^{-7} , dan 10^{-8} . Pengujian dilakukan pada media yang telah dibuat sebelumnya, yaitu pada media agar NA yang telah disterilisasi.

Bioaktivator yang berbentuk serbuk ditimbang sebanyak 1 gram dan dilarutkan dalam 100 mL air. Hasil pembacaan jumlah koloni pada 24 jam, hanya terbentuk 1 koloni pada cawan petri 10^{-4} . Oleh karena itu, dilakukan uji TPC kembali pada bioaktivator serbuk dengan mengurangi nilai pengenceran serbuk, namun menambah nilai pengenceran pada air salin hingga 10^{-8} .

Pengenceran pada air salin diubah hingga 10^{-8} , bertujuan untuk mengetahui apakah jumlah koloni bakteri mencapai angka 10^8 sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Serbuk tersebut ditimbang 1 gram kemudian dilarutkan dalam 50 mL air. Pada cawan petri dengan nilai pengenceran 10^{-6} , terbaca 30 koloni. Berdasarkan teori perhitungan koloni bakteri (colony forming unit/CFU) menurut Franklin dan Aaron (2006), jumlah koloni yang dapat dihitung adalah diantara 30 – 300 koloni (CFU). Sehingga, dari hasil uji awal koloni pada biokativator serbuk dengan pengenceran 10^{-6} dapat dihitung jumlahnya (masuk *range*) dan didapat jumlah koloni 30×10^6 cfu/ml.

Sedangkan untuk bioaktivator cair juga dilakukan uji identifikasi dan jumlah koloni bakteri *Azospirillum sp* (diuji pada Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri). Metode yang digunakan pada identifikasi bakteri *Azospirillum sp* ini adalah dengan melalui proses isolasi dari bioaktivator cair yang mengandung *Azospirillum sp*. Metode isolasi bakteri pada lab BPKI sesuai dengan metode yang ada pada literatur oleh Erfin dkk (2016), sampel tanah diisolasi dengan menggunakan media selektif, yaitu medium semi padat *Nitrogen Free Bromthymolblue* (NFB) untuk bakteri *Azospirillum*. Pembuatan media dilakukan dengan menimbang semua bahan yang disediakan kemudian dilarutkan kedalam 500 ml air dengan menggunakan pengaduk atau magnet stirer yang disimpan diatas pemanas. Kemudian setelah bahannya larut diukur pHnya. Setelah itu media yang sudah jadi inkubasi selama 20 menit. Hasil menunjukkan bahwa isolat *Azospirillum sp*. JG3 positif motil ditandai dengan terbentuknya cincin seperti kabut putih di bawah permukaan medium setelah inkubasi 4 hari (Nurosid dkk, 2008). Untuk hasil pembacaan jumlah koloni pada bioaktivator cair adalah $9,6 \times 10^4$ cfu/ml. Hasil uji jumlah koloni selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 17.

Dari pembacaan hasil koloni yang terbentuk, koloni *Azospirillum sp* berbentuk circular (bulat), permukaan flat (datar) dan ada yang sedikit timbul (raised), bertepi *entire* melingkar rata, berukuran kecil – kecil, dan berwarna putih. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian identifikasi koloni *Azospirillum sp* oleh Rasool *et al.* (2015). Adapun menurut Caceres (1982), Baldani dan Dobereiner (1992) dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor

Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011, bakteri *Azospirillum* yang diinkubasi pada suhu 30-37°C, membentuk pelikel atau cincin berwarna putih sekitar 3-6 mm di bawah permukaan media. Gambar hasil uji identifikasi bakteri *Azospirillum sp* dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



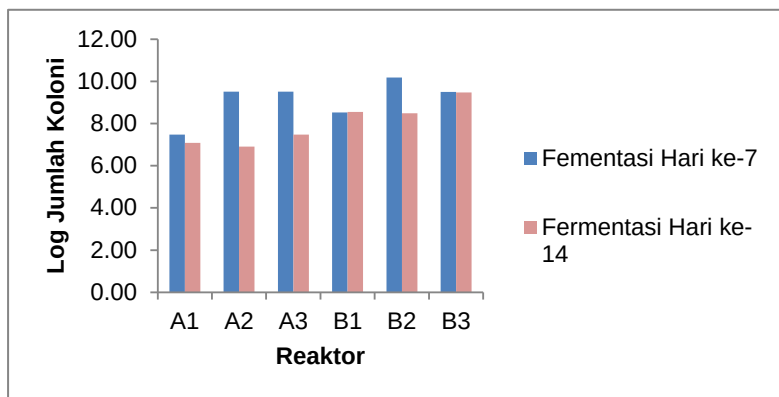
Gambar 4. 1 Hasil Identifikasi Koloni bakteri *Azospirillum sp*

4.3 Uji Total Plate Count (TPC)

Analisis jumlah koloni bakteri pada masing-masing reaktor untuk serbuk maupun cair dilakukan dengan uji Total Plate Count (TPC). Perhitungan jumlah koloni bakteri dilakukan pada hari ke-7 dan hari ke-14 masing – masing diamati saat 24 jam dan 48 jam setelah diinkubasi. Sedangkan untuk reaktor kontrol (lindi tanpa pengenceran), uji TPC hanya dilakukan di hari akhir fermentasi yaitu hari ke-14. Menurut Puspita dkk (2016), fermentasi pada lindi yang efektif dan optimum dilakukan selama 14 hari. Sehingga pada penelitian ini menggunakan waktu 14 hari untuk proses fermentasi. Pengamatan jumlah koloni bakteri dalam waktu 24 jam tersebut merujuk pada penelitian Balamurungan dkk (2014). Hasil akhir fermentasi atau pada hari ke-14, jumlah koloni bakteri akan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 mengenai persyaratan pupuk. Jumlah bakteri yang disyaratkan adalah 10^8 cfu/mL untuk bakteri *Azospirillum sp*.

Hasil pengamatan jumlah dan bentuk koloni bakteri pada reaktor starter serbuk selama proses fermentasi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6. Sedangkan gambar hasil

pengamatan TPC reaktor serbuk selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 9. Grafik hasil pengamatan jumlah koloni bakteri starter serbuk dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.

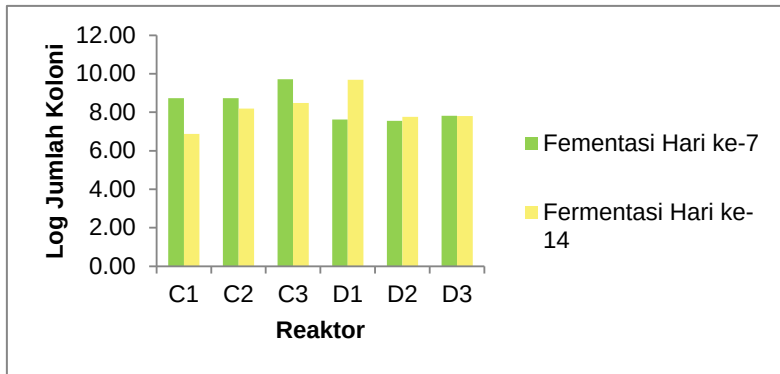


Gambar 4. 2 Jumlah Koloni Bakteri Pada Reaktor Starter Serbuk

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa rata-rata bakteri pada reaktor uji mengalami penurunan jumlah koloni dari hari ke-7 hingga hari ke-14, kecuali pada reaktor B1 mengalami kenaikan meskipun tidak terlalu tinggi. Reaktor B1 merupakan reaktor yang mendapat perlakuan penambahan bakteri sebanyak 1 gram dan pengenceran lindi sebanyak 50 kali. Dimana reaktor B1 merupakan reaktor dengan pengenceran terkecil, namun dengan penambahan bakteri serbuk paling besar. Sehingga jumlah bakteri yang masih bertahan selama proses fermentasi masih cukup banyak. Selain itu, jumlah koloni bakteri mengalami fluktuasi selama proses fermentasi berlangsung dimana terjadi penurunan jumlah koloni bakteri. Hal ini mungkin disebabkan oleh fase pertumbuhan bakteri yang mulai menurun akibat berkurangnya nutrisi yang tersedia pada reaktor uji. Menurut Sarbini (2012), fase pertumbuhan mikroorganisme terdapat empat tahap yang digambarkan melalui kurva pertumbuhan mikroorganisme. Namun, pada penelitian ini masih belum bisa ditentukan pada tahap apa fase pertumbuhan bakteri *Azospirillum* selama 14 hari fermentasi, karena hanya terdapat dua kali perhitungan jumlah koloni bakteri selama fermentasi.

Untuk reaktor berisi bakteri starter serbuk (A1-A3 dan B1-B3), selama proses fermentasi hingga hari ke-7, jumlah koloni terbesar ada pada reaktor dengan penambahan bioaktivator serbuk 1 gram dengan pengenceran 75x (Reaktor B2). Dan pada hari ke-14 terbesar pada reaktor B3 dengan penambahan bioaktivator serbuk 1 gram dan pengenceran 100x. Perlakuan pengenceran dan penambahan bioaktivator mengandung bakteri yang dilakukan berpengaruh pada jumlah koloni bakteri yang ada pada reaktor uji. Dimana penambahan bakteri dengan jumlah lebih besar yaitu 1 gram, menghasilkan jumlah koloni yang cukup tinggi hingga akhir fermentasi meskipun dalam keadaan pengenceran yang besar (75 dan 100 kali). Meskipun reaktor dengan pengenceran terkecil dan jumlah bakteri terbanyak, namun jumlah koloni pada reaktor B1 tidak sebanyak B2 dan B3. Hal ini bisa dikarenakan bakteri yang ada baik yang berasal dari lindi maupun bakteri starter yang ditambahkan masih bisa memperoleh sumber nutrisi dari bahan organik yang ada dalam reaktor. Dari keenam reaktor uji yang ditambahkan bioaktivator serbuk, bakteri masih dapat hidup dan berkembang biak pada pengamatan 48 jam pada hari ke-14, walaupun pertumbuhannya tidak terlalu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri masih dapat bertahan hidup pada reaktor hingga fermentasi hari ke-14 walaupun jumlahnya fluktuatif.

Sedangkan pada reaktor dengan penambahan bioaktivator cair (Gambar 4.3), dapat diketahui bahwa hampir semua reaktor uji mengalami fluktuasi jumlah koloni bakteri dari hari ke-7 hingga hari ke-14 kecuali pada reaktor uji D1 (reaktor uji yang mendapatkan perlakuan penambahan bioaktivator cair 10 mL dengan pengenceran lindi sebesar 50 kali) dan reaktor D2 (penambahan bakteri 10 ml pada pengenceran lindi 75 kali) yang mengalami kenaikan jumlah koloni dari hari ke-7 hingga hari ke-14. Hasil perhitungan jumlah koloni bakteri selama proses fermentasi untuk reaktor starter cair selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7. Sedangkan gambar hasil pengamatan TPC reaktor cair selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 10. Grafik hasil TPC untuk bakteri starter cair dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



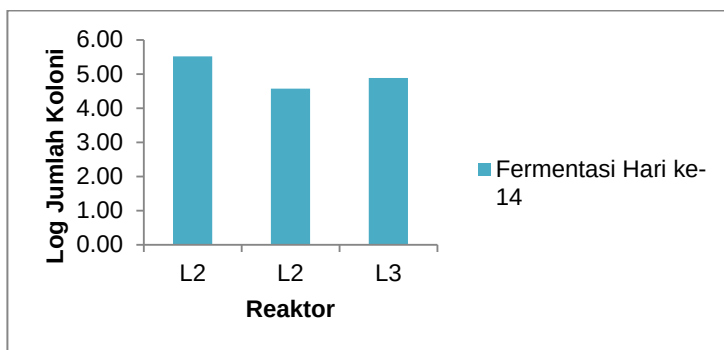
Gambar 4. 3 Jumlah Koloni Bakteri Pada Reaktor Starter Cair

Jumlah pengenceran yang kecil serta penambahan boaktivator bakteri dengan jumlah yang relatif besar, mengakibatkan jumlah koloni bakteri yang bertahan hingga akhir fermentasi semakin meningkat. Pada reaktor D1 dengan penambahan bakteri starter yang cukup besar (10 ml) dan pengenceran terkecil menunjukkan pengaruh dapat meningkatkan jumlah koloni bakteri yang ada selama proses fermentasi. Menurut Widawati dan Muharram (2012), *Azospirillum* termasuk bakteri yang tumbuh lambat. Sehingga pada pengamatan dan perhitungan jumlah koloni bakteri yang dilakukan oleh peneliti, hasilnya tidak terlalu besar. Namun, secara keseluruhan bakteri *Azospirillum sp* masih dapat hidup hingga hari ke-14 fermentasi dikarenakan bakteri *Azospirillum sp* merupakan bakteri anaerobik fakultatif (Metasari, 2011).

Kemudian untuk reaktor kontrol yaitu pengenceran lindi 50x (L1), 75x (L2), dan 100x (L3) tanpa pemberian bakteri juga didapat hasil uji TPC untuk 24 dan 48 jam. Dapat dilihat pada Gambar 4.3, dari grafik yang ada jumlah koloni bakteri yang teramati tidak terlalu banyak. Dari jumlah koloni yang terhitung ini, dapat dilihat bahwa didalam lindi sendiri sudah terdapat kandungan bakteri tetapi jumlahnya masih lebih sedikit daripada hasil reaktor dengan penambahan bakteri cair maupun serbuk. Sehingga, lindi sendiri sudah berpotensi untuk dijadikan pupuk organik cair dengan kandungan bakteri yang ada hanya perlu ditingkatkan jumlahnya untuk hasil pupuk yang lebih baik. Hasil

perhitungan jumlah koloni bakteri selama proses fermentasi untuk reaktor kontrol selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 8. Sedangkan gambar hasil pengamatan TPC reaktor kontrol selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 10. Grafik hasil jumlah koloni reaktor kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Hasil keseluruhan jumlah koloni bakteri dapat dilihat pada Gambar 4.4. Dari hasil uji TPC dari keseluruhan reaktor, jumlah koloni bakteri yang terbaca belum memenuhi syarat minimal teknis pupuk organik cair menurut peraturan Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 yaitu $>10^8$ cfu/ml. Meski demikian pupuk dari reaktor uji tetap akan diaplikasikan ke tanaman untuk mengetahui pengaruh jumlah bakteri terhadap pertumbuhan tanaman.



Gambar 4. 4 Jumlah Koloni Bakteri Pada Reaktor Kontrol

4.4 Uji Kandungan Pupuk Organik Cair Lindi

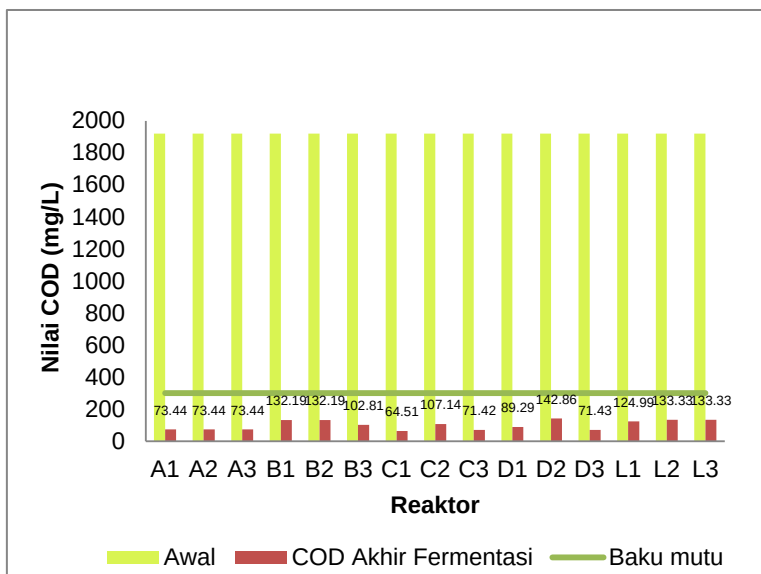
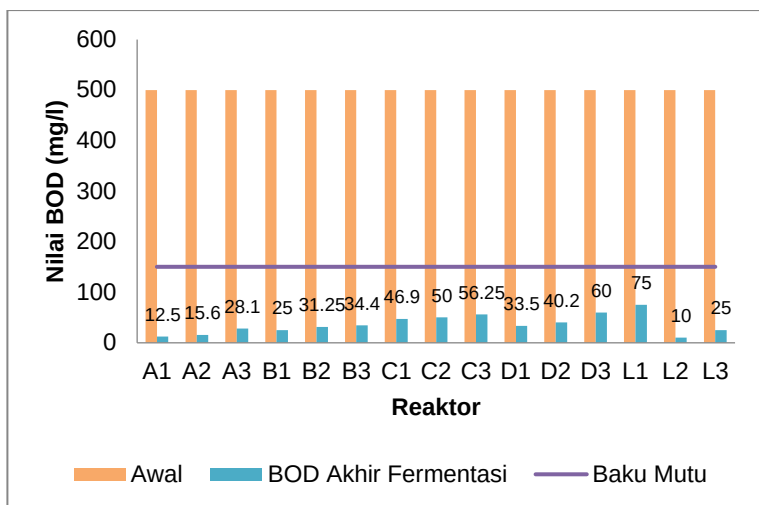
4.4.1 Uji BOD dan COD

Parameter BOD dan COD diukur di akhir proses fermentasi hari ke-14. Nilai BOD dan COD hasil pengukuran di akhir fermentasi menunjukkan hasil penurunan di semua reaktor jika dibandingkan dengan kadar BOD dan COD awal lindi sebelum dilakukan proses fermentasi. Hasil uji BOD dan COD selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 12. Adapun menurut Avlenda (2009), penurunan kandungan senyawa organik tersebut dapat menurunkan nilai BOD. Proses pemecahan atau degradasi senyawa organik yang terjadi pada reaktor uji menjadi senyawa yang lebih sederhana akan menurunkan nilai COD. Penurunan

kandungan senyawa organik tersebut, disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme di dalam reaktor. Menurut Nurosid dkk (2008), *Azospirillum* mampu merombak bahan – bahan organik dalam tanah seperti karbohidrat (selulose), lemak, dan protein. Sehingga ada kemungkinan bakteri *Azospirillum* ikut berperan dalam proses degradasi bahan organik pada reaktor sehingga bisa menurunkan kadar BOD dan COD. Namun pada proses penurunan BOD dan COD ini, tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh adanya penambahan bakteri *Azospirillum sp* dikarenakan bakteri ini tidak menggunakan sisa carbon (C) sebagai sumber makanannya, tetapi menggunakan N (amonium nitrogen) (Fricke dkk, 2006). Berbeda apabila pada kondisi habisnya karbohidrat (bahan organik) pada larutan selama 14 hari fermentasi, *Azospirillum* akan menggunakan sumber karbon (C) dari lemak sebagai kebutuhan sumber karbon yang dipergunakan untuk metabolisme sel (Nurosid dkk, 2008).

Nilai BOD dan COD pada akhir proses fermentasi telah memenuhi telah memenuhi baku mutu yang disyaratkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah bahwa kadar paling tinggi untuk BOD sebesar 150 mg/L, dan COD sebesar 300 mg/L. Hasil BOD tertinggi dari seluruh variasi adalah 60 mg/L pada reaktor D3 dan nilai COD tertinggi adalah 142,86 mg/L pada reaktor D2. Dengan demikian, BOD dan COD hasil pengukuran menunjukkan bahwa pupuk organik cair lindi pada semua reaktor uji dapat dikembalikan ke lingkungan atau diberikan pada tanaman.

Proses pengolahan lindi melalui fermentasi dengan penambahan bakteri starter yang telah dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa kadar organik dalam air lindi yang sebelumnya telah diencerkan sebanyak 50, 75 dan 100 kali dapat turun tanpa perlu perlakuan pengolahan secara kimiawi maupun aerasi. Sehingga lindi yang awalnya bisa mencemari lingkungan tersebut sudah layak untuk dikembalikan ke badan air ataupun bisa menjadi bahan dasar pembuatan pupuk cair yang akan meningkatkan produktivitas pertanian. Hasil penurunan BOD dan COD dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6 berikut ini.

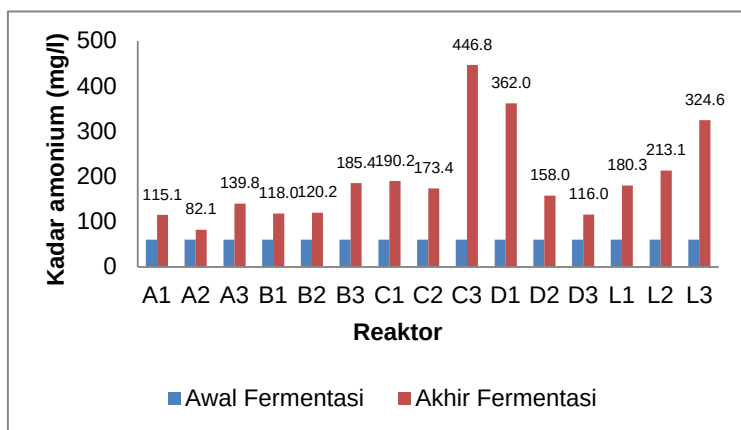


Gambar 4. 5 Penurunan BOD Hasil Fermentasi

Gambar 4. 6 Penurunan COD Hasil Fermentasi

4.4.2 Uji Amonium dan Nitrat

Uji kandungan amonium dan nitrat dilakukan pada reaktor kontrol serta reaktor uji dengan penambahan bakteri serbuk maupun cair. Pengukuran dilakukan pada akhir proses fermentasi (hari ke-14) untuk mengetahui pengaruh penambahan bakteri starter pada lindi yang telah diencerkan. Selain itu, pengukuran dilakukan untuk mengetahui kandungan nitrat dan amonium pada reaktor kontrol yaitu lindi yang telah diencerkan dan difermentasikan. Hasil pengukuran nitrat dan amonium lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 13. Dari nilai amonium dan nitrat yang didapat, akan dibuat dalam bentuk persen N (%N) dengan menjumlahkan nilai amonium dan nitrat dalam bentuk mg/L kemudian dikonversikan kedalam persen dengan cara dikalikan 0,0001 sehingga didapat nilai %N dari jumlah amonium dan nitrat. Secara keseluruhan, nilai N (amonium dan nitrat) di akhir fermentasi mengalami peningkatan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Riansyah dan Wesen (2012), dimana kenaikan N ini sebagai produk penguraian protein (N-organik) hasil dekomposisi bahan organik. Grafik hasil pengukuran amonium dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4. 7 Hasil Uji Amonium

Nilai amonium paling banyak pada reaktor C3 (penambahan bakteri starter cair 5 ml dengan pengenceran 100x) yaitu sebesar 446,3 mg/l. Hal ini dikarenakan selama proses anaerob, proses fermentasi dibantu oleh bakteri yang paling banyak di D1 (untuk starter cair) dan C3 untuk starter serbuk meskipun bakteri pada C3 berada pada reaktor dengan pengenceran terbanyak. Pengaruh bakteri *Azospirillum* dalam proses fermentasi ini adalah bakteri akan mengikat N_2 (memfiksasi) yang masuk atau sudah ada dalam reaktor, lalu mengalami reduksi menjadi ammonia (NH_3) kemudian akan mengalami reaksi selanjutnya untuk membentuk asam – asam amino, dst. Dimana terbentuknya asam amino ini merupakan N-organik yang merupakan bahan organik yang akan terdekomposisi menjadi amonia (NH_3) maupun amonium (NH_4^+) (Trihadiningrum, 2012).

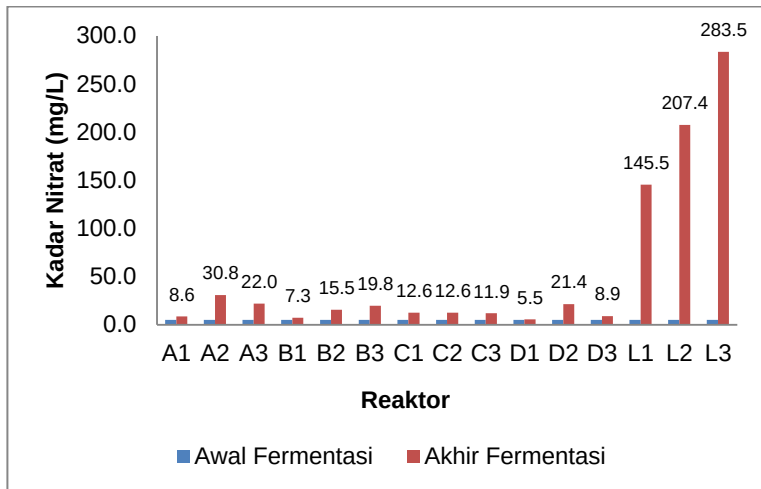
Amonium meningkat dikarenakan adanya proses amonifikasi selama proses fermentasi anaerob. Amonifikasi adalah proses pembentukan amonia dari materi organik (Dong dkk., 2002). Hal ini sejalan dengan tujuan dari proses fermentasi. yaitu menaikkan nilai nitrogen yang diserap tanaman. Dalam hal ini, nitrogen diserap dalam bentuk amonium nitrogen dan nitrat nitrogen. Penelitian yang dilakukan oleh Iswanto dkk (2007), menjelaskan bahwa nilai amonium yang meningkat terjadi karena penguraian-penguraian zat organik pada lindi oleh mikroorganisme.

Pada kondisi anaerobik, terjadi mineralisasi senyawa nitrogen organik dimana nitrogen total hadir dalam wujud amonium dan amonia. Bahan organik terdekomposisi oleh mikroorganisme heterotrofik, sehingga konsentrasi amonium meningkat seiring dengan terjadinya degradasi bahan organik. Mikroorganisme heterotrofik di proses pasca aerobik membutuhkan sejumlah kecil amonium nitrogen untuk pembentukan biomassa baru, sedangkan sisanya bebas tersedia sebagai amonium nitrogen (Fricke dkk, 2006).

Pada reaktor penelitian, proses fermentasi tidak sepenuhnya berjalan secara anaerobik, karena masih ada selang untuk mengeluarkan gas metan. Sehingga, saat O_2 yang tidak

masuk merata sehingga keadaan anoksik akan menyebabkan O_2 terbatas. Kondisi ini menyebabkan proses nitrifikasi tidak berjalan sempurna, sehingga tidak semua amonium menjadi nitrit dan nitrat. Hal ini menyebabkan amonium yang ada dalam reaktor masih terbaca cukup tinggi (Riansyah dan Wesen, 2012). Pada kondisi anoksik ini pula bakteri *Azospirillum* akan mengeluarkan enzim nitrogenase untuk mengikat nitrogen dan membentuk ammonia (NH_3) (Hallsal dan Gibson, 1985). Ammonia dalam fase gas akan terlepas ke udara sedangkan amonium akan mengalami proses nitrifikasi sehingga pada reaktor amonium meningkat akan sejalan dengan meningkatnya nitrat.

Sedangkan grafik hasil uji nitrat dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4. 8 Hasil Uji Nitrat

Nitrat tertinggi pada reaktor A2 (penambahan bakteri starter serbuk 0,5 gram dengan pengenceran 75x) yaitu sebesar 30,8 mg/l. Nitrat yang tinggi pada reaktor lindi kontrol disebabkan tidak adanya bakteri *Azospirillum sp.* yang tidak mengubah nitrat menjadi amonium sehingga proses nitrifikasi pada reaktor kontrol terjadi karena adanya bakteri *nitrosomonas* dan *nitrosobacter*.

Kenaikan nitrat selama proses fermentasi disebabkan kondisi anaerob, sehingga dapat terjadi reaksi oksidasi dari ammonia menjadi nitrat (proses nitrifikasi) (Dong dkk, 2002). Tortora (2008), menjelaskan bahwa nitrifikasi yaitu proses oksidasi dari nitrogen dalam ion amonium untuk memproduksi nitrat. Nitrifikasi dilakukan oleh bakteri genus *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Mikroba ini memperoleh energi dengan cara mengoksidasi amonium atau nitrit. Nitrifikasi berjalan secara optimum pada pH 8 dan berkurang secara nyata pada pH < 7. Tahapan pertama, amonium dioksidasi oleh *Nitrosomonas* menjadi nitrit.



Tahapan selanjutnya, nitrit dioksidasi oleh *Nitrobacter* menjadi nitrat.



Nitrifikasi yang dilakukan oleh mikroorganisme berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan pemberian pupuk amonium, karena terdapat pengaruh dari NH_3 bebas terhadap kegiatan mikroorganisme (Leiwakabessy dkk, 2003). Penelitian terbentuknya nitrat ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Iswanto dkk (2007), yang menyatakan bahwa nilai nitrat semakin lama akan cenderung naik. Keberadaan nitrat ini akan berlanjut pada tahap denitrifikasi yang akan dilakukan oleh bakteri *Azospirillum sp* hingga menghasilkan N_2 bebas dan mengikat N_2 saat berada di tumbuhan (saat pemberian pupuk ke tanaman) (Skinner dkk, 1989).

Kemudian, hasil analisis pada parameter amonium nitrat ini akan diuji signifikansi dalam uji statistik. Uji statistik bertujuan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel pada penelitian ini. Pada uji ini, akan dilihat pengaruh penambahan bakteri dan konsentrasi lindi terhadap hasil pupuk organik cair yang dilihat melalui peningkatan amonium dan nitrat yang dihasilkan. Uji signifikansi pada penelitian ini menggunakan ANOVA *General Linear Model* (GLM). GLM dikenal juga dengan analisis *multivariant anova*. Model ini setara dengan *anova one way*, perbedaannya terletak pada jumlah variabel terikat. Pada *anova one way* digunakan hanya satu variabel bebas terhadap satu variabel terikat, sedangkan pada GLM digunakan lebih dari

satu variabel terikat terhadap berbagai variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah peningkatan amonium dan nitrat.

Uji statistik dilakukan dengan selang kepercayaan $\alpha = 0,05$ dengan :

Ho: penambahan bakteri atau konsentrasi lindi atau interaksi antara keduanya tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat pada reaktor starter serbuk

Hi: penambahan bakteri atau konsentrasi lindi atau interaksi antara keduanya mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat pada reaktor starter serbuk

Apabila $p \text{ value} > 0,05$ maka Ho diterima. Apabila $p \text{ value} < 0,05$ maka tolak Ho. Tabel anova dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C2	1	385.3	385.3	385.3	0.76	0.411
C3	2	2330.5	2330.5	1165.3	2.31	0.170
C4	1	8830.2	8830.2	8830.2	17.48	0.004
Error	7	3536.5	3536.5	505.2		
Total	11	15082.5				

S = 22.4768 R-Sq = 76.55% R-Sq(adj) = 63.15%

Gambar 4. 9 Hasil Anova 1

Berdasarkan hasil uji statistik diketahui C2 (penambahan bakteri starter serbuk 0,5 dan 1 gram) memiliki $p \text{ value} > 0.05$ yaitu 0.411 sehingga terima Ho. Artinya, penambahan bakteri serbuk tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat. Sedangkan C3 (konsentrasi pengenceran lindi 50x, 75x, dan 100x) memiliki $p \text{ value} > 0,05$ yaitu 0.170 sehingga terima Ho. Artinya, konsentrasi pengenceran lindi tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat. Interaksi antara penambahan bakteri serbuk dan konsentrasi pengenceran lindi memiliki $p \text{ value}$

$< 0,05$ yaitu 0.004, sehingga tolak H_0 . Artinya interaksi antara penambahan bakteri starter serbuk dan konsentrasi pengenceran lindi memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat. Dengan nilai R-square dari model adalah 76,55% yang berarti variabel prediktor pada penelitian ini dan interaksi antara dua variabel tersebut mewakili 76,55% persen dari variable respon (peningkatan amonium dan nitrat), sedangkan sisanya diwakili variabel lain.

Pada reaktor untuk starter serbuk juga dilakukan uji statistik dengan selang kepercayaan $\alpha = 0,05$ dengan :

H_0 : penambahan bakteri atau konsentrasi lindi atau interaksi antara keduanya tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat pada reaktor starter cair

H_1 : penambahan bakteri atau konsentrasi lindi atau interaksi antara keduanya mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat pada reaktor starter cair

Apabila $p\text{ value} > 0,05$ maka H_0 diterima. Apabila $p\text{ value} < 0,05$ maka tolak H_0 . Tabel anova dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C2	1	2573	2573	2573	0.23	0.643
C3	2	7483	7483	3741	0.34	0.722
C4	1	90562	90562	90562	8.26	0.024
Error	7	76753	76753	10965		
Total	11	177370				

S = 104.712 R-Sq = 56.73% R-Sq(adj) = 32.00%

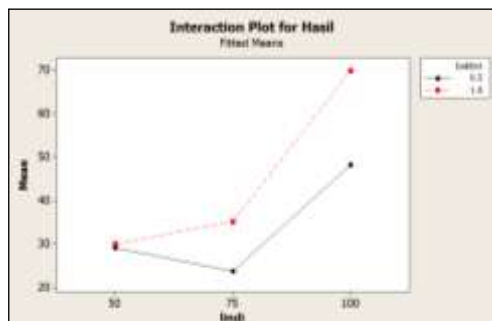
Gambar 4. 10 Hasil Anova 2

Berdasarkan hasil uji statistik diketahui C2 (penambahan bakteri cair 5 dan 10 ml) memiliki $p\text{ value} > 0.05$ yaitu 0.643 sehingga terima H_0 . Artinya, penambahan bakteri cair tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat. Sedangkan C3 (konsentrasi pengenceran lindi 50x,

75x, dan 100x) memiliki p value > 0,05 yaitu 0.722 sehingga terima H_0 . Artinya, konsentrasi pengenceran lindi tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat. Interaksi antara penambahan bakteri starter cair dan konsentrasi pengenceran lindi memiliki p value < 0,05 yaitu 0.024, sehingga tolak H_0 . Artinya interaksi antara penambahan bakteri starter cair dan konsentrasi pengenceran lindi memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan amonium dan nitrat. Dengan nilai R-square dari model adalah 56,73% yang berarti variabel prediktor pada penelitian ini dan interaksi antara dua variabel tersebut mewakili 56,73% persen dari variabel respon (peningkatan amonium dan nitrat), sedangkan sisanya diwakili variabel lain.

Kemudian, dilakukan uji statistik lanjutan untuk melihat reaktor mana yang memiliki pengaruh paling signifikan. Reaktor berisi interaksi antara dua variabel yaitu penambahan bakteri baik bubuk maupun cair dengan konsentrasi lindi (pengenceran). Untuk uji statistik lanjutan ini menggunakan ANOVA *General Linear Model* (GLM) yang nantinya akan dibuat *plot interaction effect* antar variabel dengan melihat pengaruhnya pada hasil yaitu peningkatan amonium dan nitrat.

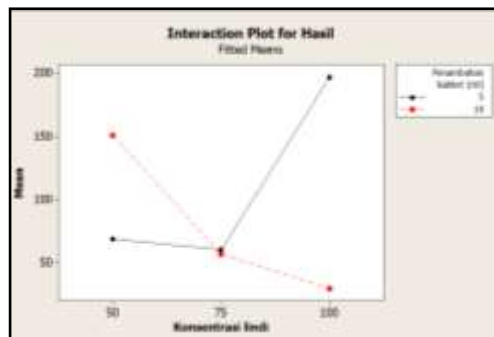
Pertama, untuk reaktor dengan penambahan bioaktivator serbuk. Data yang digunakan adalah hasil peningkatan amonium dan nitrat sebagai respon dan penambahan bakteri 0,5 dan 1 gram) serta konsentrasi lindi (pengenceran 50x, 75x, 100x) sebagai model. Kemudian dibuat *interactions plot* dengan faktor antara penambahan bakteri dan konsentrasi lindi. Hasil interaction plot dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4. 11 Hasil Interaction Plot 1

Dari plot tersebut dapat dilihat bahwa terdapat dua garis yang menunjukkan kekuatan interaksi antar faktor. Semakin tidak paralel garisnya untuk tiap level faktor, berarti semakin kuat interaksinya. Sedangkan pada plot untuk starter bubuk, menunjukkan hasil yang cukup paralel, sehingga interaksi kedua faktor tersebut tidak terlalu kuat. Meskipun interaksi antar faktor tidak terlalu kuat, namun dapat dilihat pada reaktor mana terdapat kecenderungan interaksi paling signifikan. Dari *interaction plot* tersebut, dilihat *mean* tertinggi (sumbu-y) terhadap konsentrasi lindi (sumbu-x) untuk mengetahui pada reaktor mana yang memiliki pengaruh paling signifikan. *Mean* tertinggi yaitu pada penambahan bakteri 1 gram dengan konsentrasi lindi 100 kali. Sehingga, dapat diketahui bahwa reaktor B3 (bakteri 1 gram dengan pengenceran lindi 100x) merupakan reaktor yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap hasil peningkatan amonium dan nitrat pada pupuk organik cair lindi untuk bioaktivator serbuk.

Kemudian, untuk reaktor dengan penambahan bioaktivator cair. Data yang digunakan adalah hasil peningkatan amonium dan nitrat sebagai respon dan penambahan bakteri 5 dan 10 ml) serta konsentrasi lindi (pengenceran 50x, 75x, 100x) sebagai model. Kemudian dibuat *interactions plot* dengan faktor antara penambahan bakteri dan konsentrasi lindi. Hasil *interaction plot* dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini.

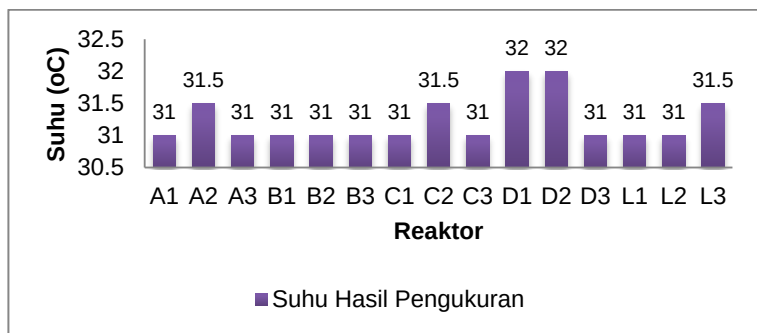


Gambar 4. 12 Hasil Interaction Plot 2

Dari plot tersebut dapat dilihat bahwa terdapat dua garis yang menunjukkan kekuatan interaksi antar faktor. Semakin tidak paralel garisnya untuk tiap level faktor, berarti semakin kuat interaksinya. Sedangkan pada plot untuk starter cair, menunjukkan hasil yang tidak paralel, sehingga interaksi kedua faktor tersebut kuat. Dari interaksi yang kuat ini, akan dicari pada reaktor mana yang memiliki kecenderungan interaksi paling kuat. Dari *interaction plot* tersebut, dilihat *mean* tertinggi (sumbu-y) terhadap konsentrasi lindi (sumbu-x) untuk mengetahui pada reaktor mana yang memiliki pengaruh paling signifikan. Mean tertinggi yaitu pada penambahan bakteri 5 ml dengan konsentrasi lindi 100 kali. Sehingga, dapat diketahui bahwa reaktor C3 (bakteri 5 ml dengan pengenceran lindi 100x) merupakan reaktor yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap hasil peningkatan amonium dan nitrat pada pupuk organik cair lindi untuk bioaktivator cair.

4.4.3 Uji suhu dan pH

Suhu diukur menggunakan termometer. Suhu pada reaktor uji adalah antara 31°C – 32°C. Sehingga pada akhir fermentasi, suhu pada seluruh reaktor uji masih dianggap baik dan dalam ambang batas normal. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.

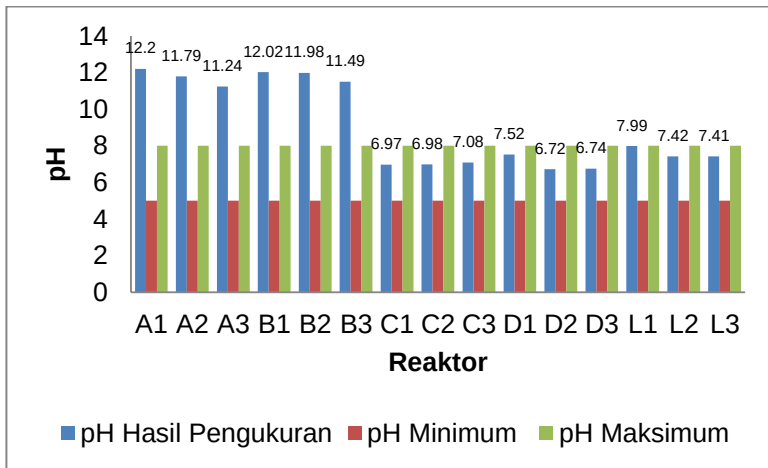


Gambar 4. 13 Hasil Pengukuran Suhu

Sedangkan parameter pH pada reaktor uji diukur pada akhir proses fermentasi (hari ke-14). pH pupuk organik cair lindi

dengan penambahan bioaktivator cair dan reaktor kontrol sudah memenuhi persyaratan minimal pupuk yang disyaratkan oleh yaitu peraturan Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 dengan nilai pH yang disyaratkan adalah 5 hingga 8.

Pada reaktor dengan penambahan bioaktivator serbuk belum memenuhi nilai pH yang disyaratkan. Hal ini dikarenakan bioaktivator serbuk dibuat dengan menggunakan kapur sebagai media dari bakteri penambat N. Sehingga nilai pH pada reaktor uji dengan penambahan bioaktivator serbuk cenderung basa dengan pH sekitar 11 – 12. pH yang meningkat ini disebabkan adanya amonia (NH_3) yang terbentuk dari hasil fiksasi N_2 (Nurosid dkk, 2008). Grafik pengukuran pH tiap reaktor sebelum pengenceran dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Hasil Pengukuran pH

Karena masih terlalu basa, maka saat pengenceran pupuk yang akan diberikan ke tanaman, pH untuk reaktor bioaktivator serbuk diukur kembali. Hasil pH untuk pupuk yang telah diencerkan yang memenuhi baku mutu hanya pada reaktor A2 (pH 8) dan A3 (pH 7,8). Sedangkan yang lainnya masih diatas batas maksimum 8, namun nilai pH sudah menurun jika dibanding nilai pH sebelum dilakukan pengenceran. Sehingga, pH pada reaktor uji masih dianggap baik dan dalam ambang

batas normal, karena tidak mempengaruhi aktivitas bakteri *Azospirillum* sp. Hasil pengukuran pH dan suhu selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 14.

Hasil pengukuran suhu dan pH untuk masing – masing reaktor bisa dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Suhu dan pH

Reaktor Uji	Suhu	pH	Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/2011	Keterangan
A1	31	12,2	pH 5 – 8	pH belum sesuai dengan persyaratan yang berlaku
A2	31,5	11,79		
A	31	11,24		
B1	31	12,02		
B2	31	11,98		
B3	31	11,49		
C1	31	6,97		pH sudah sesuai dengan persyaratan yang berlaku
C2	31,5	6,98		
C3	31	7,08		
D1	32	7,52		
D2	32	6,72		
D3	31	6,74		
L1	31	7,99		
L2	31	7,42		
L3	31,5	7,41		

Menurut Maharsyah et.al (2013), kenaikan pH bisa disebabkan adanya bakteri *Azospirillum* sp yang mampu menghasilkan nitrogen serta terjadi nitrifikasi. Sesuai dengan pendapat Morel (1983), pada kisaran pH 7-9 terdapat dua kemungkinan pemanfaatan nitrogen dari nutrisi dalam medium oleh sel mikroalga, yaitu pemanfaatan nitrogen dalam bentuk nitrat dan amonium.

4.4.4 Hasil Uji Tiap Parameter

Data hasil uji kandungan pupuk organik cair lindi (hasil fermentasi) semua parameter dapat dilihat pada tabel 4.3. Dari hasil uji semua parameter, maka bisa diketahui pengaruh penambahan konsentrasi bakteri terhadap pembentukan pupuk organik cair lindi ini. Dengan variasi konsentrasi 0,5 gram dan 1

gram untuk bakteri starter serbuk serta 5 ml dan 10 ml untuk bakteri starter cair, didapat konsentrasi penambahan bakteri paling baik dilihat dari jumlah koloni paling banyak terdapat pada reaktor pada variasi reaktor B3 dan D1. B3 dengan konsentrasi penambahan bakteri serbuk 1 gram dalam pengenceran 100x dan D1 dengan konsentrasi penambahan bakteri 10 ml dalam pengenceran 50x. Hal ini berdasarkan kenaikan jumlah koloni bakteri selama proses fermentasi hari ke-7 hingga hari ke-14.

Azospirillum merupakan bakteri denitrifikasi (Zimmer dkk., 1984). Yaitu bakteri yang mengurangi nitrat menjadi bentuk nitrogen bebas (nilai nitrat akan menurun). Namun, proses dekomposisi bahan organik yang bersumber dari lindi masih berlangsung selama proses fermentasi ditandai dengan adanya kenaikan amonium dan nitrat. Dengan jumlah koloni bakteri *Azospirillum* yang cukup kecil, sehingga proses denitrifikasi yang seharusnya terjadi kalah dengan proses amonifikasi dan nitrifikasi yang masih berlangsung dengan bantuan mikroba yang lain yaitu mikroba dekomposer dan *nitrosomonas* dan *nitrobacter*. Okon (1985) menyatakan bahwa *Azospirillum* dapat menggunakan NH_4^+ , NO_3^- , asam amino dan N_2 sebagai sumber N untuk pertumbuhan. Disamping itu, ia dapat tumbuh dalam kondisi anaerobik (NO_3^- sebagai akseptor elektron, proses denitrifikasi), *microaerobic* (N_2 atau NH_3 sebagai sumber nitrogen) dan kondisi aerobik (NH_3 , NO_3^- , asam amino). Namun, bakteri tersebut lebih efisien penggunaannya dalam pupuk dan dapat memperkaya tanah dengan adanya nitrogen serta hubungannya dengan akar. Oleh karena itu, *Azospirillum* akan bekerja optimal ketika diaplikasikan ke tanaman uji di tanah.

Pada parameter nitrat, reaktor L3 memiliki nilai nitrat tertinggi. Damsir dkk (2016), juga menambahkan bahwa amonium mengalami proses nitrifikasi membentuk nitrit dan nitrat. Namun pada semua reaktor, kadar nitrat meningkat dan kadar amonium meningkat pula. Hal ini karena amonium yang terbentuk berasal dari degradasi bahan organik yang ada pada sampel lindi. Sedangkan pada parameter amonium, kadar amonium tertinggi pada reaktor C3 yaitu reaktor yang merupakan reaktor dengan penambahan bioaktivator cair 5 mL dan pengenceran sebanyak 100 kali. Pada hampir semua reaktor dengan pengenceran 100x, nilai amonium yang terbentuk semakin besar.

Namun hal ini tidak menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai pengenceran maka semakin besar pula amonium yang terbentuk. Nilai amonium pada reaktor uji yang berbeda nilai pengencerannya terlihat fluktuatif. Nilai total amonium dan nitrat pada reaktor uji mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan sebelum proses fermentasi. Nilai total tersebut dapat dibuat prosentase nilai N untuk N dalam bentuk nitrat nitrogen dan amonium nitrogen. Hal ini sejalan dengan tujuan proses fermentasi yaitu untuk menaikkan nilai nitrat dan amonium pada pupuk cair hasil fermentasi.

Rata-rata nilai amonium, nitrat, dan jumlah koloni terbesar adalah pada reaktor D1 dan B3. Reaktor D1 merupakan reaktor dengan penambahan bakteri starter sebanyak 10 mL dan pengenceran 50 kali. Sedangkan reaktor B3 merupakan reaktor dengan penambahan bakteri starter sebanyak 1 gram dan pengenceran 100 kali. Selain itu, dari Tabel 4.4 juga dapat diketahui reaktor yang memiliki nilai rata-rata terkecil, yaitu pada reaktor A2 dan C1. Reaktor A2 merupakan reaktor dengan penambahan bakteri starter sebanyak 0,5 gram dan pengenceran 75 kali. Sedangkan reaktor C1 merupakan reaktor dengan penambahan bakteri starter sebanyak 5 mL dan pengenceran 50 kali.

Dari keempat reaktor yang memiliki hasil tertinggi dan terendah tersebut, akan diamati pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman uji yaitu terong dan cabai. Reaktor dengan rata – rata konsentrasi amonium, nitrat, dan jumlah koloni bakteri tertinggi baik pada starter serbuk maupun cair diharapkan memiliki pengaruh berupa respon yang lebih cepat terhadap laju pertumbuhan tanaman (tinggi batang dan jumlah daun), dibanding variasi yang lainnya. Hal ini akan dibandingkan dengan reaktor yang memiliki konsentrasi rata – rata amonium, nitrat, dan jumlah koloni bakteri terendah, apakah memberika respon yang lebih lama terhadap laju pertumbuhan tanaman dibandingkan variasi yang lainnya. Data hasil uji semua parameter dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4. 3 Hasil Akhir Pengukuran Pada Semua Parameter

Reaktor Uji	pH	Suhu (°C)	Nitrat (mg/L)	Amonium (mg/L)	Total N (mg/L)	% N	TPC Akhir Fermentasi (cfu/ml)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
A1	8,69	31	8,6	115,1	123,7	0.03675	120×10^5	12,5	73,44
A2	8,06	31,5	30,8	82,1	112,8	0.01128	81×10^5	15,625	73,44
A3	7,85	31	22,0	139,8	161,8	0.01253	30×10^6	28,125	73,44
B1	9,11	31	7,3	118,0	125,3	0.02052	35×10^7	25	132,19
B2	8,92	31	15,5	120,2	135,8	0.01237	31×10^7	31,25	132,19
B3	8,74	31	19,8	185,4	205,2	0.01860	30×10^8	34,375	102,81
C1	6,97	31	12,6	190,2	202,8	0.01618	76×10^5	46,875	64,51
C2	6,98	31,5	12,6	173,4	186,0	0.04587	155×10^6	50	107,14
C3	7,08	31	11,9	446,8	458,7	0.02028	30×10^7	56,25	71,42
D1	7,52	32	5,5	362,0	367,5	0.01358	48×10^8	33,5	89,29
D2	6,72	32	21,4	158,0	179,4	0.01794	57×10^6	40,2	142,86
D3	6,74	31	8,9	116,0	124,9	0.01249	64×10^6	60	71,43
L1	7,99	31	145,5	180,3	325,8	0.03258	33×10^4	75	124,99
L2	7,42	31	207,4	213,1	420,5	0.04205	77×10^3	10	133,33
L3	7,41	31,5	283,5	324,6	608,1	0.06081	37×10^3	25	133,33

Keterangan :

	Nilai tertinggi
	Nilai terendah

4.5 Pemberian Pupuk Organik Cair Lindi ke Tanaman

Pemberian pupuk pada tanaman uji merupakan tahap yang dilakukan setelah lindi pada reaktor uji telah memenuhi persyaratan sebagai pupuk organik cair. Tanaman uji digunakan pada penelitian adalah cabai (*Capsicum frutescens*) dan terong (*Solanum melongena*). Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman uji selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 15. Sedangkan gambar tanaman uji dapat dilihat pada lampiran 16.

Pemberian pupuk dilakukan pada H+2 minggu hari setelah tanam (HST). Penanaman dilakukan setelah melewati masa pembibitan selama 30-35 hari. Tanaman disiapkan pada polybag untuk masing – masing polybag terdiri dari satu tanaman. Pemilihan tanaman uji dengan mencari yang homogen dimana memiliki 3 – 5 helai daun.

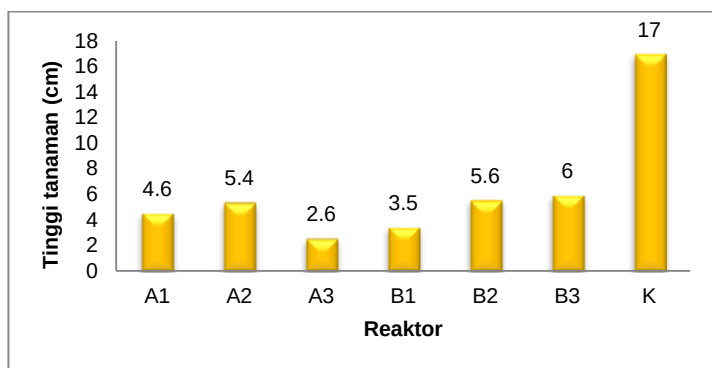
- a. Tanaman uji yaitu cabai dan terong yang diperlakukan duplo untuk meningkatkan ketepatan penelitian yang dilakukan. Sehingga jumlah tanaman uji sebanyak 32 tanaman untuk masing – masing jenis tanaman (total dua jenis tanaman adalah 64 tanaman)
- b. Pupuk cair di dalam reaktor uji yang proses fermentasinya telah selesai dan telah memenuhi persyaratan peraturan menteri pertanian, diambil 50 mL untuk diencerkan ke dalam 1 Liter air kemudian diberikan kepada tanaman uji (disamakan dengan pemberian dosis pemberian pupuk kimia)
- c. Pupuk cair yang diberikan ke tanaman uji berjumlah 16.. Terdiri dari pupuk cair L1, L2, L3 (kontrol), A1, A2, A3, B1, B2, B3 (penambahan bioaktivator serbuk), C1, C2, C3, D1, D2, D3 (penambahan bioaktivator cair), dan pupuk kimia.
- d. Pupuk kimia yang diberikan ke tanaman uji merupakan pupuk NPK berbentuk granul. Pupuk kimia tersebut ditimbang sebanyak 5 gram, lalu dilarutkan ke dalam 1 Liter.
- e. Dosis pemberian pupuk cair yang diberikan ke tanaman sebanyak 250 mL, untuk satu wadah polybag yang berisi satu tanaman uji.
- f. Pemberian pupuk dilakukan seminggu sekali pada kedua tanaman uji.

- g. Pengukuran terhadap tinggi batang dan jumlah daun dilakukan setiap 3 hari sekali terhitung dari hari pertama pemberian pupuk cair.

4.5.1 Tanaman Cabai (*Capsicum frutescens*)

Untuk tanaman cabai, awal pembibitan pada tanggal 4 Maret 2017. Pada usia 30 hari yaitu pada 4 April 2017, tanaman yang telah memiliki 3 – 4 helai daun dipindahkan ke media tanaman (1 polybag untuk 1 tanaman). Dua minggu setelah ditanam, yaitu tanggal 18 April 2017 dilakukan penyiraman pertama kali, dan selesai penyiraman dalam waktu 30 hari adalah pada tanggal 18 Mei 2017 (Penyiraman tiap minggu, sehingga ada 4x penyiraman).

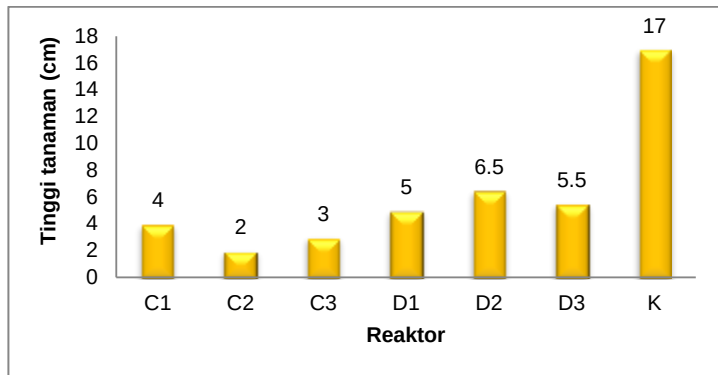
Pengamatan terhadap tinggi batang tanaman dan jumlah daun pada tanaman uji untuk reaktor starter serbuk dibandingkan dengan kimia dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut ini.



Gambar 4. 15 Kenaikan Tinggi Tanaman Cabai Starter Serbuk

Pada Gambar 4.15 kenaikan tinggi batang tertinggi pada reaktor kimia dan reaktor B3. Dimana pada reaktor B3 ini, mengandung jumlah koloni bakteri paling banyak untuk reaktor dengan penambahan bakteri dari bioaktivator serbuk, yaitu 30×10^8 cfu/ml. Pupuk B3 adalah pupuk yang diberi perlakuan penambahan bakteri starter serbuk 1 gram dengan pengenceran 100 kali. Sehingga, penambahan jumlah bakteri sebesar 1 gram dengan pengenceran lindi yang tinggi dapat membuat jumlah

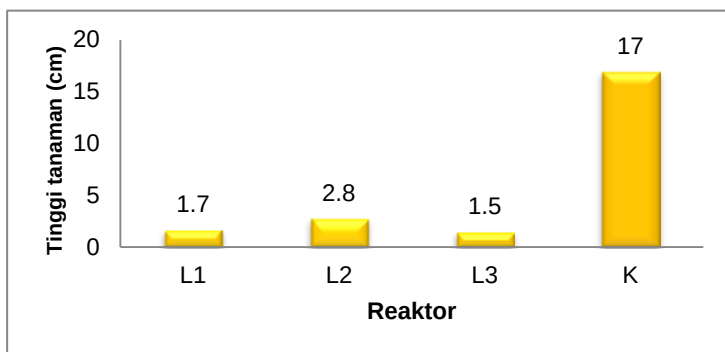
koloni bakteri pada pupuk organik cair menjadi tinggi. Dan jumlah koloni yang tinggi ini berbanding lurus dengan kenaikan tinggi tanaman cabai. Kemudian untuk kenaikan tinggi tanaman dengan pemberian pupuk dari bakteri starter cair dibandingkan dengan reaktor penambahan pupuk kimia dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut ini.



Gambar 4. 16 Kenaikan Tinggi Tanaman Cabai Starter Cair

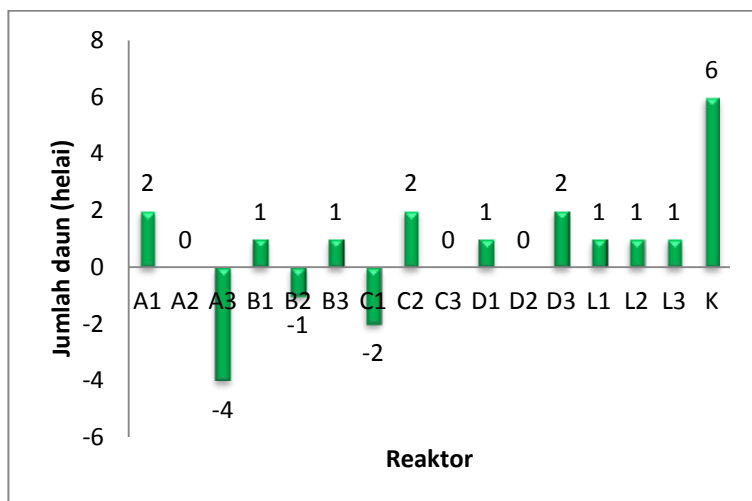
Pada kenaikan tinggi tanaman cabai dengan pemberian pupuk starter cair, kenaikan tertinggi pada reaktor D2. Meskipun pada jumlah koloni yang terhitung pada hasil TPC yang tertinggi di reaktor D1, tetapi kenaikan pada reaktor D2 bisa lebih tinggi. Hal ini bisa dikarenakan jumlah bakteri yang bekerja mengikat N_2 pada tanah di reaktor D2 bisa lebih efisien, meskipun jumlahnya tidak sebanyak D1. Sedangkan pada reaktor D1 sendiri, dengan jumlah koloni terbesar yaitu 48×10^8 tetap mampu menghasilkan kenaikan batang yang cukup tinggi.

Sedangkan untuk reaktor kontrol (lindi tanpa bakteri), rata – rata kenaikan tinggi tanaman masih dibawah kenaikan tinggi rata – rata pada pupuk dengan starter cair maupun serbuk. Hal ini bisa disebabkan kandungan jumlah koloni bakteri yang masih terlalu kecil, sehingga selama proses pertumbuhan bakteri yang ada kurang bisa membantu proses penyerapan unsur – unsur hara yang dibutuhkan. Kenaikan tinggi tanaman untuk reaktor lindi kontrol (tanpa penambahan bakteri) dibandingkan dengan pupuk kimia dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4. 17 Kenaikan Tinggi Tanaman Cabai Kontrol

Selain itu, diamati juga peningkatan jumlah daun. Dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4. 18 Peningkatan Pertumbuhan Daun Tanaman Cabai

Dari hasil tersebut, dapat dilihat terjadi penurunan jumlah daun dari awal pengamatan hingga hari ke-30. Meskipun sempat mengalami kenaikan pertumbuhan jumlah daun, namun ada tanaman yang daunnya banyak yang gugur. Hal ini disebabkan

beberapa hal, dimana penyebab utamanya adalah tanaman cabai yang terserang penyakit (hama). Berdasarkan ciri – ciri hama yang teramati, kemungkinan tanaman cabai terserang hama kutu persik/aphid hijau (*Myzus persicae* Sulz) dimana gejalanya adalah daun-daun menguning, pertumbuhan lambat, layu, serta ujung tanaman mati. Kutu daun yang berada pada permukaan bawah daun mengisap cairan daun muda dan bagian tanaman yang masih muda. Daun yang terserang akan tampak berbercak-bercak. Hal ini akan menyebabkan daun menjadi keriting. Pada bagian tanaman yang terserang akan didapati kutu yang bergerombol. Bila terjadi serangan berat daun akan berkerut-kerut (menjadi keriput), tumbuhnya kerdil, berwarna kekuningan, daun-daunnya terpuntir, menggulung kemudian layu dan mati (BPTP, 2014).

Selain itu, ada kemungkinan juga terserang penyakit Thrips dengan gejala didaun terdapat titik-titik putih keperakan bekas tusukan, kemudian berubah menjadi kecokelatan, daun melengkung keatas, pucuk daun seperti terbakar, dan tepi daun keriting (Rusmi dkk, 2016). Hama ini menyerang tanaman dengan menghisap cairan permukaan bawah daun (terutama daun-daun muda). Serangan ditandai dengan adanya bercak keperak-perakkan. Daun yang terserang berubah warna menjadi coklat tembaga, mengeriting atau keriput dan akhirnya mati. Pada serangan berat menyebabkan daun, tunas atau pucuk menggulung ke dalam dan muncul benjolan seperti tumor, pertumbuhan tanaman terhambat dan kerdil bahkan pucuk tanaman menjadi mati (BPTP, 2014).

Serangan hama tersebut menyebabkan tidak hanya pertumbuhan daun menjadi terhambat bahkan tidak tersisa sama sekali. Sehingga tidak bisa dianalisis terhadap pengaruh pemberian pupuknya. Dengan hama ini pula, menyebabkan pertumbuhan cabai secara umum juga terganggu, dimana batangnya ada yang tidak mengalami kenaikan lagi hingga kering dan mati.

Selain serangan hama pada tanaman uji cabai, pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman cabai juga dipengaruhi oleh faktor kebutuhan nutrisi tanaman dimana pada penelitian kali ini, unsur hara yang dapat dihitung berdasarkan kebutuhan N nya (amonium dan nitrat hasil penelitian). Menurut

Mutiarawati (2011), kebutuhan hara N pada cabai adalah $< 0,15 \text{ kg/m}^2$. Pada penelitian ini, area yang digunakan per tanaman adalah dengan menghitung luas ukuran polybag yang digunakan yaitu $40 \times 40 \text{ cm}$ atau sama dengan $0,16 \text{ m}^2$. Perhitungan kebutuhan N per tanaman untuk luas area penelitian (X) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{1 \text{ m}^2}{0,16 \text{ m}^2} &= \frac{0,15 \text{ kg/m}^2}{X} \\ X &= 0,15 \text{ kg/m}^2 \times 0,16 \text{ m}^2 \\ &= 0,024 \text{ kg} \\ &= 24.000 \text{ mg} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, kebutuhan N total per tanaman tiap luas area $0,16 \text{ m}^2$ adalah kurang dari 80.000 mg . Kemudian dihitung hasil kandungan N (amonium dan nitrat), tanpa ada N organik dan anorganik lainnya untuk salah satu reaktor uji dengan jumlah hasil amonium dan nitrat terkecil yaitu pada reaktor kontrol A2 (reaktor dengan pengenceran lindi 75x dan penambahan bakteri starter serbuk sebesar $0,5 \text{ gram}$). Jumlah amonium dan nitrat pada reaktor A2 adalah sebesar $112,8 \text{ mg/L}$. Dari nilai jumlah amonium dan nitrat terkecil ini akan dilihat, apabila nilai paling kecil ini sudah memenuhi, maka nilai jumlah amonium dan nitrat pada reaktor lainnya juga sudah memenuhi. Namun, apabila nilai terkecil ini belum memenuhi akan dicoba perhitungan untuk kandungan jumlah amonium dan nitrat terbesar yaitu pada reaktor L3 (lindi kontrol tanpa bakteri dengan pengenceran 100x). adalah sebesar $608,1 \text{ mg/L}$. Kebutuhan N yang diberikan pada tanaman dari reaktor A2 untuk 250 ml penyiraman tiap tanaman (Y) adalah :

$$\begin{aligned} Y &= 112,8 \text{ mg/L} \times 250 \text{ ml} \\ &= 28,2 \text{ mg} \end{aligned}$$

Sedangkan kebutuhan N yang diberikan pada tanaman dari reaktor L3 untuk 250 ml penyiraman tiap tanaman (Z) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z &= 608,1 \text{ mg/L} \times 250 \text{ ml} \\ &= 152,025 \text{ mg} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, didapat unsur N (jumlah dari amonium dan nitrat) yang diberikan ke tiap tanaman adalah paling kecil sebesar 28,2 mg dan paling besar adalah 152,025 mg tiap luas area 0,16 m². Sehingga, bisa dilihat bahwa nilai kandungan N (amonium dan nitrat) untuk seluruh reaktor uji masih jauh lebih kecil dibanding kebutuhan unsur hara N total untuk tanaman cabai berdasarkan literatur yang ada. Sehingga, ini bisa menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman cabai menjadi kurang maksimal.

Kemudian, nilai %N jumlah amonium dan nitrat dibandingkan dengan %N total pada pupuk kimia. %N terbesar pada pupuk organik lindi ada pada reaktor L3 dan terkecil pada reaktor A2. Dimana L3 memiliki kandungan %N sebesar 0,06% dan untuk reaktor A2 sebesar 0,01%. Sedangkan kandungan N total pada pupuk kimia sendiri adalah sebesar 16%. Sehingga unsur N pada pupuk organik lindi memang sudah ada, namun jumlahnya masih terlalu kecil dibandingkan dengan jumlah N pada pupuk kimia. Sehingga, dapat dilihat pada pertumbuhan tanaman cabai memang rata – rata pertumbuhan keseluruhan reaktor dengan pemberian pupuk organik cair lindi masih dibawah kenaikan pertumbuhan tanaman dengan penambahan pupuk kimia.

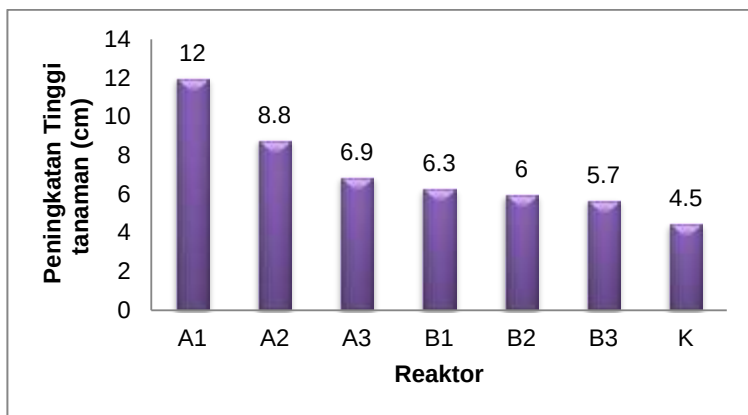
Dosis pupuk organik cair lindi yang diberikan ke tanaman sendiri seharusnya tiap reaktor memiliki dosis lebih besar daripada pupuk kimia yang ditambahkan. Peningkatan jumlah N pada reaktor lindi sendiri bisa dengan cara menambahkan jumlah bakteri starternya atau mengurangi konsentrasi pengenceran lindi sehingga bakteri lebih banyak tersedia dengan nutrisi yang seimbang agar proses degradasi bahan organik untuk meningkatkan amonium (melalui proses amonifikasi) dan nitrat (melalui proses nitrifikasi).

Amonium dan nitrat sendiri merupakan bagian kecil dari total nitrogen. Sehingga meskipun nilainya masih kurang dari jumlah total N kebutuhan tanaman cabai, namun ketersediaan amonium dan nitrat yang ada pada seluruh reaktor diharapkan mampu menjadi tambahan unsur hara bagi tanah yang akan diserap tanaman dengan bantuan penambahan bakteri penambat N yaitu *Azospirillum* sp.

4.5.2 Tanaman Terong (*Solanum melongena*)

Pada proses pembibitan tanaman terong (*Solanum melongena*) sempat terjadi ketidakberhasilan dalam menumbuhkan tanaman tersebut. Kesalahan yang terjadi saat pembibitan adalah peletakan lokasi pembibitan yang terlalu teduh dan kurang terkena sinar matahari. Sehingga pertumbuhan tanaman terhambat dan pada akhirnya tanaman mati, sehingga harus melakukan pembibitan ulang (*re-growth*) tanaman terong. Hingga saat ini, usia tanaman terong masih berumur 21 hari (awal pembibitan untuk *re-growth* pada tanggal 4 April 2017). Umur 30 hari, tanaman dari pembibitan telah siap memasuki masa tanah pada 4 Mei 2017. Kemudian, pemberian pupuk dilakukan pada H+2 minggu Hari Setelah Tanam (HST) yaitu sejak 18 Mei 2017 dan selesai pemupukan pada 18 Juni 2017. Gambar tanaman dapat dilihat pada lampiran 10.

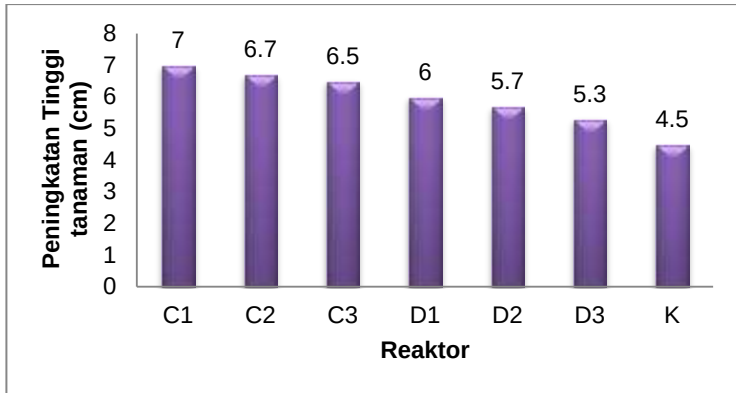
Pengamatan terhadap tinggi batang tanaman terong (untuk reaktor serbuk dibandingkan dengan reaktor pupuk kimia) dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut.



Gambar 4. 19 Kenaikan Tinggi Tanaman Terong Starter Serbuk

Pada Gambar 4.17 kenaikan tinggi batang tertinggi pada reaktor A1. Dimana pada reaktor A1 ini, mengandung jumlah koloni bakteri yang cukup kecil, namun jumlah bakteri yang ada bisa dengan maksimal menyerap kebutuhan unsur hara untuk tanaman. Kemudian untuk kenaikan tinggi tanaman dengan

pemberian pupuk dari bakteri starter cair dibandingkan pupuk kimia dapat dilihat pada Gambar 4.20.

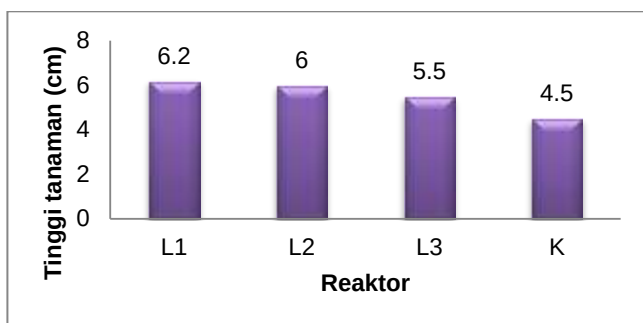


Gambar 4. 20 Kenaikan Tinggi Tanaman Terong Starter Cair

Pada kenaikan tinggi tanaman cabai dengan pemberian pupuk starter cair, kenaikan tertinggi pada reaktor C1. Meskipun pada jumlah koloni yang terhitung pada hasil TPC yang tertinggi di reaktor D1, tetapi kenaikan pada reaktor D2 bisa lebih tinggi. Hal ini bisa dikarenakan jumlah bakteri yang bekerja mengikat N_2 pada tanah di reaktor D2 bisa lebih efisien, meskipun jumlahnya tidak sebanyak D1. Sedangkan pada reaktor D1 sendiri, dengan jumlah koloni terbesar yaitu 48×10^8 tetap mampu menghasilkan kenaikan batang yang cukup tinggi.

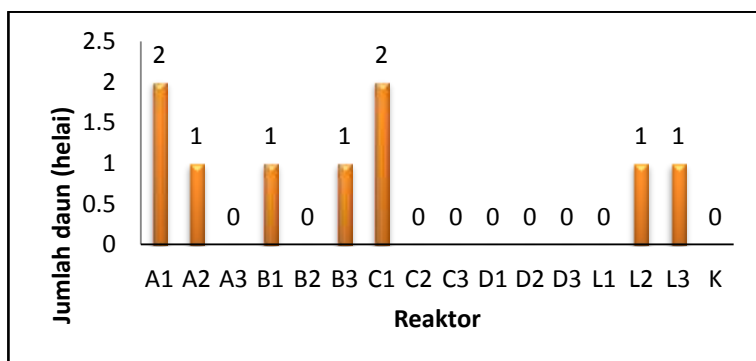
Sedangkan untuk reaktor kontrol (lindi tanpa bakteri), rata – rata kenaikan tinggi tanaman masih dibawah kenaikan tinggi rata – rata pada pupuk dengan starter cair maupun serbuk. Hal ini bisa disebabkan kandungan jumlah koloni bakteri yang masih terlalu kecil, sehingga selama proses pertumbuhan bakteri yang ada kurang bisa membantu proses penyerapan unsur – unsur hara yang dibutuhkan. Keberadaan bakteri penambat N yang ditambahkan pada reaktor baik dalam bentuk serbuk maupun cair memberikan pengaruh penambahan jumlah koloni bakteri yang lebih besar dibandingkan dengan reaktor kontrol dimana lindi hanya diberikan pengenceran tanpa ada penambahan bakteri. Kemampuan *Azospirillum* dalam menambat nitrogen dan

menghasilkan fitohormon serta kemampuan meningkatkan penyerapan nutrisi menyebabkan bakteri tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sebagai hasil asosiasi non simbiotiknya (Siddiqui, 2010; Tilak dkk, 2010). Kenaikan tinggi tanaman untuk reaktor lindi kontrol dibandingkan pupuk kimia dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Kenaikan Tinggi Tanaman Terong Kontrol

Selain itu, diamati juga peningkatan jumlah daun tanaman terong. Dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Peningkatan Pertumbuhan Daun Tanaman Terong

Pemberian pupuk selama 30 hari belum meningkatkan pertumbuhan daun lebih cepat, dibandingkan dengan pupuk kimia. Dikarenakan daun yang tumbuh dari terong memerlukan

waktu yang cukup lama dalam pemunculan tunas daun baru. Sehingga, peningkatan jumlah daun cukup rendah. Bahkan, ada yang sempat mati dikarenakan layu sehingga jumlah daun tidak bertambah.

Pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman terong juga dipengaruhi oleh faktor kebutuhan nutrisi tanaman dimana pada penelitian kali ini, unsur hara yang dapat dihitung berdasarkan kebutuhan N nya (amonium dan nitrat hasil penelitian). Menurut Mutiarawati (2011), kebutuhan hara N pada terong adalah $> 0,5 \text{ kg/m}^2$. Pada penelitian ini, area yang digunakan per tanaman adalah dengan menghitung luas ukuran polybag yang digunakan yaitu $40 \times 40 \text{ cm}$ atau sama dengan $0,16 \text{ m}^2$. Perhitungan kebutuhan N per tanaman untuk luas area penelitian (X) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{1 \text{ m}^2}{0,16 \text{ m}^2} &= \frac{0,5 \text{ kg/m}^2}{X} \\ X &= 0,5 \text{ kg/m}^2 \times 0,16 \text{ m}^2 \\ &= 0,08 \text{ kg} \\ &= 80.000 \text{ mg} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, kebutuhan N total per tanaman tiap luas area $0,16 \text{ m}^2$ adalah kurang dari 80.000 mg. Kemudian dihitung hasil kandungan N (amonium dan nitrat), tanpa ada N organik dan anorganik lainnya untuk salah satu reaktor uji dengan jumlah hasil amonium dan nitrat terkecil yaitu pada reaktor kontrol A2 (reaktor dengan pengenceran lindi 75x dan penambahan bakteri starter serbuk sebesar 0,5 gram). Jumlah amonium dan nitrat pada reaktor A2 adalah sebesar 112,8 mg/L. Dari nilai jumlah amonium dan nitrat terkecil ini akan dilihat, apabila nilai paling kecil ini sudah memenuhi, maka nilai jumlah amonium dan nitrat pada reaktor lainnya juga sudah memenuhi. Namun, apabila nilai terkecil ini belum memenuhi akan dicoba perhitungan untuk kandungan jumlah amonium dan nitrat terbesar yaitu pada reaktor L3 (lindi kontrol tanpa bakteri dengan pengenceran 100x). adalah sebesar 608,1 mg/L. Kebutuhan N yang diberikan pada tanaman dari reaktor A2 untuk 250 ml penyiraman tiap tanaman (Y) adalah :

$$\begin{aligned} Y &= 112,8 \text{ mg/L} \times 250 \text{ ml} \\ &= 28,2 \text{ mg} \end{aligned}$$

Sedangkan kebutuhan N yang diberikan pada tanaman dari reaktor L3 untuk 250 ml penyiraman tiap tanaman (Z) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z &= 608,1 \text{ mg/L} \times 250 \text{ ml} \\ &= 152,025 \text{ mg} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, didapat unsur N (jumlah dari amonium dan nitrat) yang diberikan ke tiap tanaman adalah paling kecil sebesar 28,2 mg dan paling besar adalah 152,025 mg tiap luas area 0,16 m². Sehingga, bisa dilihat bahwa nilai kandungan N (amonium dan nitrat) untuk seluruh reaktor uji masih jauh lebih kecil dibanding kebutuhan unsur hara N total untuk tanaman terong berdasarkan literatur yang ada. Sehingga, ini bisa menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman terong menjadi kurang maksimal.

Kemudian, nilai %N jumlah amonium dan nitrat dibandingkan dengan %N total pada pupuk kimia. %N terbesar pada pupuk organik lindi ada pada reaktor L3 dan terkecil pada reaktor A2. Dimana L3 memiliki kandungan %N sebesar 0,06% dan untuk reaktor A2 sebesar 0,01%. Sedangkan kandungan N total pada pupuk kimia sendiri adalah sebesar 16%. Sehingga unsur N pada pupuk organik lindi memang sudah ada, namun jumlahnya masih terlalu kecil dibandingkan dengan jumlah N pada pupuk kimia.

Namun, pada hasil penelitian meskipun jumlah %N pada pupuk organik cair lindi lebih rendah daripada pupuk kimia, namun pertumbuhan batang tanaman dengan penambahan pupuk organik cair lindi lebih tinggi rata – ratanya dibandingkan dengan pupuk kimia. Hal ini bisa disebabkan, kebutuhan N tanaman terong sudah cukup terbantu dengan adanya pengaruh penambahan bakteri *Azospirillum sp.* yang terkandung pada pupuk organik cair lindi, sehingga bakteritersebut bisa lebih efektif bekerja memfiksasi N₂ pada perakaran tanaman terong.

Dosis pupuk organik cair lindi yang diberikan ke tanaman sendiri seharusnya tiap reaktor memiliki dosis lebih besar daripada pupuk kimia yang ditambahkan. Peningkatan jumlah N

pada reaktor lindi sendiri bisa dengan cara menambahkan jumlah bakteri starternya atau mengurangi konsentrasi pengenceran lindi sehingga bakteri lebih banyak tersedia dengan nutrisi yang seimbang agar proses degradasi bahan organik untuk meningkatkan amonium (melalui proses amonifikasi) dan nitrat (melalui proses nitrifikasi).

Amonium dan nitrat sendiri merupakan bagian kecil dari total nitrogen. Sehingga meskipun nilainya masih kurang dari jumlah total N kebutuhan tanaman cabai, namun ketersediaan amonium dan nitrat yang ada pada seluruh reaktor diharapkan mampu menjadi tambahan unsur hara bagi tanah yang akan diserap tanaman dengan bantuan penambahan bakteri penambat N yaitu *Azospirillum sp.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, maka kesimpulan sementara penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Konsentrasi penambahan bakteri starter yang paling baik dalam menghasilkan pupuk cair lindi sesuai hasil penelitian yaitu B3 dan D1 karena kedua reaktor ini memiliki nilai rata – rata jumlah koloni, hasil amonium, dan nitrat tertinggi.
2. Berdasarkan interaksi antara faktor penambahan bakteri dan konsentrasi pengenceran lindi pada hasil uji signifikansi, menunjukkan bahwa reaktor B3 dan C3 memiliki pengaruh paling signifikan terhadap hasil peningkatan amonium dan nitrat pada akhir fermentasi. Namun reaktor yang memiliki pengaruh paling signifikan tersebut tidak memberikan hasil yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman, dimana laju pertumbuhan batang tertinggi pada cabai pada reaktor D2 dan tanaman terong pada reaktor A1.
3. Reaktor uji dengan penambahan bakteri starter serbuk yang memiliki jumlah koloni tertinggi adalah B3 dan untuk starter cair pada reaktor D1. Sehingga, penambahan bakteri starter dengan jumlah lebih besar untuk masing – masing jenis starter (1 gram dan 10 ml), memberikan pengaruh pada hasil jumlah koloni terbanyak di akhir fermentasi. Seharusnya, pemberian variasi B3 dan D1 pada tanaman memberikan respon cepat terhadap laju pertumbuhan daun dan tinggi tanaman, namun pada hasil pengamatan di lapangan menunjukkan hasil yang berbeda. Pertumbuhan tinggi batang tanaman cabai paling cepat terjadi dengan pemberian pupuk cair dari variasi D2, sedangkan untuk tanaman terong pertumbuhan tinggi batang tanaman terong paling cepat terjadi dengan pemberian pupuk serbuk dari variasi A1. Meskipun D2 dan A1 bukan merupakan reaktor dengan jumlah koloni terbesar, namun bakteri yang ada pada reaktor mampu memfiksasi N_2 dalam tanah dengan lebih

maksimal. Untuk jumlah daun cabai dan terong, tidak terlihat penambahan yang signifikan (hanya bertambah tunas daun) untuk rata – rata seluruh tanaman uji.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian ini, antara lain:

1. Kondisi pupuk organik lindi yang basa (pH lebih dari 8) karena penambahan bakteri starter serbuk, perlu diberikan perlakuan tertentu (penelitian lebih lanjut) untuk menurunkan pH agar memenuhi baku mutu standar kelayakan pupuk organik cair yaitu maksimal pH adalah 8.
2. Selama 16 hari proses pertumbuhan tanaman dari benih, tanaman uji kekurangan cahaya karena berada di tempat yang di sekitarnya terdapat pohon yang dapat menghalangi cahaya masuk ke tanaman. Kurangnya cahaya tersebut menyebabkan tanaman uji sedikit terhambat pertumbuhan awal. Berkaitan dengan hal tersebut, maka dapat dilakukan perlakuan peletakan tanaman yang mendapatkan cahaya cukup (mempelajari lagi cara menumbuhkan tanaman dari bibit hingga siap tanam).

DAFTAR PUSTAKA

- Avlenda, E. 2009. **Penggunaan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) Forsk.) dan genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch.) dalam pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit**. Tesis. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Balamurungan, D., Udayasooriyan, C., dan Kamaladevi, B. 2014. "Chromium (VI) Reduction by *Pseudomonas putida* and *Bacillus subtilis* Isolated from Contaminated Soils". **International Journal of Environmental Sciences**, 5(3): 522-529
- Damanhuri, T.P. 1993. **Pengelolaan Persampahan**. Jakarta: Erlangga
- Damsir, Suprihatin, Romli, Yani, Arie H. 2016. "Karakteristik Lindi Hasil Fermentasi Anaerobik Sampah Kota dalam Lisimeter dan Potensi Pemanfaatannya Menjadi Pupuk Cair". **Jurnal Teknologi Pertanian** 26 (2):125-133 (2016)
- Dharmayanti. 2013. "Pengaruh Pemberian Biourine dan Dosis Pupuk Anorganik (N,P,K) Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Pegok dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus sp.*)". **E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika** ISSN: 2301-6515 Vol. 2, No.3
- Esplugas, S., Contreas, S. dan Ollis, D. F. 2004. "Engineering aspects of the integration of chemical and biological oxidation: simule mechanistic models for the oxidation treatment". **Journal of Environmental Engineering**. 180:90.
- Fardiaz, S. 1992. **Mikrobiologi Pangan I**. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
- Ginting, R.C.B., Saraswati R., Husen E. 2006. **Mikroba pelarut fosfat**. Hlm 141-158 *dalam* R.D.M. Simanungkalit, D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik (Ed.). **Pupuk Organik dan Pupuk Hayati**. Bogor : Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Gusniwati, N. M., Fatia, R. Arief. 2008. "Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung dengan pemberian kompos alang-alang". **Jurnal Agronomi** 12 (2): 23-27

- Hartati, E. 2007. "Studi pengolahan kandungan ion logam (Fe, Mn, Cu, Zn) lindi sampah oleh zeolit". **Jurnal Sains MIPA**. 13(1).
- He, P. J., Feng, X. W., Qu, X., Li, G. J., dan Lee, D. J. 2005. **Effect of feed solutions on refuse hydrolisis and landfill leachate characteristic**. *Chemosphere*. 59 (6), 837-844.
- Indrakusuma. 2000. **Proposal Pupuk Organik Cair Supra Alam Lestari**. Yogyakarta : PT Surya Pratama Alam
- Kamaruddin, A., Abdul KL., Siregar N., Agustina E., Almansyah, M., Yamin, Edy, H., Purwanto A. 1995. **Energi dan Listrik Pertanian**. Bogor : Academic Development of The Graduate Program IPB.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia nomor 03/PRT/M/2013 tentang **Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah RUmah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga**
- Leiwakabessy, F.M. dan A. Sutandi. 2004. **Pupuk dan Pemupukan**. Diktat Kuliah. Departemen Tanah. Fakultas Pertanian. Bogor: IPB
- Lingga P. dan Marsono. 2005. **Petunjuk penggunaan pupuk**. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Maramis, A. 2008. **Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA**. Salatiga: Universitas Satyawacana
- Nurdin, Purnamaningsuh M., Zulzain I., dan Fauzan Z. 2009. "Pertumbuhan dan hasil jagung yang dipupuk N, P, dan K pada tanah vertisol Isimu Utara Kabupaten Gorontalo". **J.Tanah Trop**. 14 (1): 49-56.
- Nurhasanah. 2012. **Pengolahan Lindi dan Potensi Pemanfaatannya sebagai Pupuk Cair untuk Mendukung Pengembangan TPA Sampah Lestari**. Surabaya.
- Nurosid, dkk. 2008. **Kemampuan azospirillum sp. Jg3 dalam menghasilkan lipase Pada medium campuran dedak dan onggok dengan Waktu inkubasi berbeda**. Purwokerto : Departement of Microbiologi, Biology Faculty Jenderal Soedirman University

- Peraturan Menteri Pertanian Nomor
70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang **Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan pembenah Tanah.**
- Pranata, A.S. 2004. **Pupuk Organik Cair: Aplikasi dan Manfaatnya.** Jakarta: Agro Media Pustaka..
- Puspita, L., Effendi, Y., Ayunis, M. 2016. "Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Air Lindi Dari TPA Telaga Punggur Terhadap Pertumbuhan Morfometrik Tanaman Seledri (*Apium Graveolens* L)". **Jurnal Dimensi** 1(1): 1-11.
- Redaksi Agro Media. 2007. **Petunjuk Pemupukan.** Jakarta: Agro Media Pustaka
- Riansyah, E. dan Wesen, P. 2012. "Pemanfaatan Lindi Sampah Sebagai Pupuk Cair". **Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan** 4(1) : 10 – 18
- Rilawati, D. 2007. **Kajian Penggunaan Boisca untuk Pemanfaatan Air Lindi (Leachate) Menjadi Pupuk Cair.** Tesis. Surakarta : Prodi Lingkungan, Program Pasca Sarjan, Universitas Negeri Sebelas Maret
- Romli, M. 2012. **Makalah seminar (pth 1507) dampak negatif pupuk kimia terhadap kesuburan tanah.** Program studi hortikultura Departemen budidaya tanaman pangan Politeknik Negeri Lampung.
- Rosmarkam, Afandi, dan Nasih W.Y. 2002. **Ilmu Kesuburan Tanah.** Yogyakarta: Kanisius
- Royadi. 2006. **Analisis Pemanfaatan TPA Sampah Pasca Operasi Berbasis Masyarakat (Studi Kasus TPA Bantar Gebang, Bekasi).** Sekolah Pascasarjana Intitut Pertanian Bog or, Bogor.
- Samekto, R. 2008. "Bioteknologi dan keharaan tanaman (mikroorganisme, nitrogen dan fosfor)". **J. Inov. Pertan.** 7: 66-85.
- Setiadewi, N. dan Herumurti, W. 2012. **Pengaruh Stasiun peralihan antara terhadap pengelolaan sampah permukiman di kecamatan Tambaksari, Surabaya.** Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Lingkungan ITS
- Siddiqui, Z. A. (Ed.). 2010. **PGPR: Biocontrol and biofertilization.** Springer, Netherlands.

- Simanungkalit, R.D.M., R. Saraswati, R.D. Hastuti dan E. Husen. 2006. **Bakteri penambat nitrogen**. Hlm 113-140 *dalam* R.D.M. Simanungkalit, D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik (Ed.). **Pupuk organik dan pupuk hayati**. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Sukanto, H.. 2007. **Membuat Pupuk Kompos Cair**. Jakarta: Agro Media
- Syahrudin. 2011. **Respon Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) terhadap Pemberian Beberapa Macam Pupuk Daun pada Tiga Jenis Tanah**. Fakultas Pertanian – Universitas Palangkaraya. Palangkaraya.
- Tania, N, Astina, Budi. 2012. “Pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil jagung semi pada tanah podsolik merah kuning”. **Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian** 1 (1): 10-15.
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., and Samuel, V. 1977. **Integrated Solid Waste Management Issue**. McGraw Hill Inc. New York.
- Tcobanoglous, G., Vigil, S., 1993. **Integrated Solid Wastes Management Issues**. International Edition Mc Grow Hill, New York.
- Trihadiningrum, Y. 2012. **Mikrobiologi Lingkungan**. Surabaya: ITS Press
- Tilak, K. V. B. R., K. K. Pal, R. Dey. 2010. **Microbes for sustainable agriculture**. I.K. International Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, India.
- Widawati, S. dan Muharam, A. 2012. “Uji Laboratorium *Azospirillum* yang Diisolasi Dari Beberapa Ekosistem”. **J.Hort** 22, 3: 258 – 265
- Yuwono, D. 2000. **Pupuk Organik Cair**. Jakarta: Penebar Swadaya

Lampiran 1 Tahapan Uji Nitrat dan Amonium

Tahapan Uji Nitrat

1. Diambil erlenmeyer 50 mL, diisi masing-masing dengan variasi kadar lindi dan aquadest (blanko) sebanyak 2 ml.
2. Ditambahkan 2 ml larutan Brucin Asetat.
3. Ditambahkan 4 ml larutan Asam Sulfat (H^2SO_4) pekat.
4. Diaduk dan dibiarkan selama 10 menit.
5. Pada spektrofotometer, larutan dibaca dengan panjang gelombang $415\mu m^*$.
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi untuk mendapatkan nilai N.

Tahapan Uji Amonium

1. Diambil erlenmeyer 100 mL, diisi masing-masing dengan variasi kadar lindi dan aquadest (blanko) sebanyak 25 mL.
2. Ditambahkan 1 mL larutan nessler.
3. Ditambahkan 1,25 mL garam signet.
4. Diaduk dan dibiarkan selama 10 menit.
5. Pada spektrofotometer, larutan dibaca dengan panjang gelombang $386\mu m^*$.
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi untuk mendapatkan nilai amonium.

*Nilai panjang gelombang didapat dari panjang gelombang optimum kurva kalibrasi.

Lampiran 2 Tahapan Uji BOD

1. Disiapkan 1 buah labu takar 500 ml dan dituangkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran. Ditambahkan air pengencer hingga batas labu.
2. Disiapkan botol winkler 300 ml dan buah botol winkler 150 ml.
3. Dituangkan sampel dalam labu takar ke dalam botol winkler 300 ml dan 150 ml hingga tumpah.
4. Dituangkan air pengencer dalam labu takar ke dalam botol winkler 300 ml dan 150 ml hingga tumpah.
5. Dimasukkan botol winkler 300 ml ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari.
6. Botol winkler 150 ml dianalisis oksigen terlarut dengan prosedur sebagai berikut :
 - Ditambahkan 1 ml larutan mangan sulfat
 - Ditambahkan 1 ml larutan pereaksi oksigen
 - Botol ditutup dengan hati-hati agar tidak ada gelembung udara lalu dibalik-balikkan beberapa kali
 - Diarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
 - Ditambahkan 1 ml asam sulfat pekat, tutup dan dibalik-balikkan
 - Dituangkan 100 ml larutan ke dalam Erlenmeyer 250 ml
 - Dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,0125 N sampai warna menjadi coklat muda
 - Ditambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi dengan natrium tiosulfat hingga warna biru hilang
7. Setelah 5 hari, analisi kedua larutan dalam botol winkler 300 ml dengan analisis oksigen terlarut.
8. Dihitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus berikut:

$$OT \text{ (mgO}_2\text{/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}}$$

$$BOD_5^{20} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 \times P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

dimana:

X0 = oksigen terlarut sampel pada t = 0

X5 = oksigen terlarut sampel pada t = 5

B0 = oksigen terlarut blanko pada t = 0

B5 = oksigen terlarut blanko pada t = 5

P = derajat pengenceran

- Permanganat

1. Tuangkan sampel air sebanyak 100 mL dengan gelas ukur.
2. Tambahkan 2,5 mL Asam Sulfat 4 N bebas organik.
3. Tambahkan beberapa tetes larutan Kalium Permanganat (KMnO_4) 0,01 N hingga terjadi warna merah muda.
4. Panaskan hingga mendidih selama 1 menit.
5. Tambahkan 10 mL larutan Kalium Permanganat (KMnO_4) 0,01 N.
6. Panaskan hingga mendidih selama 10 menit.
7. Tambahkan 1 mL larutan Asam Oksalat 0,1 N dan tunggu sampai air menjadi jernih.
8. Titrasi dengan Kalium Permanganat (KMnO_4) 0,01 N sampai timbul warna merah muda.
9. Hitung nilai Permanganat dengan menggunakan rumus berikut:

$$F \text{ KMnO}_4 \text{ (mg/L)} = \frac{1000}{\text{volume sampel}} [(10+a) \times N] - (1 \times 0,1) \times 31,6 \times P$$

dimana:

a = mL titrasi larutan Kalium Permanganat (KMnO_4)

N = normalitas larutan Kalium Permanganat

P = pengenceran

- *Dissolved Oxygen*

- 1) Ambil sampel langsung dari lokasi sampel dengan cara memasukkan botol winkler ke dalam air sampai botol penuh dan tutup.
- 2) Tambahkan 1 mL larutan mangan sulfat.
- 3) Tambahkan 1 mL larutan Pereaksi Oksigen.
- 4) Botol ditutup lagi dengan hati-hati agar tidak ada udara terperangkap dari luar, kemudian balik-balikkan botol beberapa kali.

- 5) Biarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit.
- 6) Tambahkan 1 mL Asam Sulfat pekat, tutup dan balik-balikkan botol beberapa kali sampai endapan hilang.
- 7) Tuangkan air dalam botol sebanyak 100 mL dengan menggunakan gelas ukur 100 mL, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL.
- 8) Titrasi dengan larutan Natrium Tiosulfat 0,0125 N hingga warna menjadi coklat muda.
- 9) Tambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi lagi dengan Natrium Tiosulfat sampai warna biru hilang yang pertama kali (setelah beberapa menit akan timbul lagi).
- 10) Hitung Oksigen Terlarut dengan menggunakan rumus berikut:

dimana:

OT= oksigen terlarut

a = volume titrasi Natrium Tiosulfat

N = normalitas larutan Natrium Tiosulfat

Lampiran 3 Tahapan Uji COD

1. Dimasukkan 0,4 gr kristal Hg_2SO_4 ke dalam masing-masing erlenmeyer COD.
2. Dituangkan 20 mL air sampel dan 20 mL air aquadest (sebagai blanko) ke dalam masing-masing erlenmeyer COD.
3. Ditambahkan 10 mL larutan Kalium Dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,1 N.
4. Ditambahkan 30 mL larutan campuran H_2SO_4 dan Ag_2SO_4 .
5. Dialirkan air pendingin pada kondenser dan pasang erlenmeyer COD.
6. Dinyalakan alat pemanas dan refluks larutan tersebut selama 2 jam.
7. Dibiarkan erlenmeyer dingin dan tambahkan air aquadest melalui kondensor sampai volume 150 mL.
8. Dilepaskan erlenmeyer dari kondensor dan tunggu sampai dingin.
9. Ditambahkan 3-4 tetes indikator ferroin.
10. Dititrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan larutan standart Ferro Amonium Sulfat 0,05 N hingga warna menjadi merah-coklat.
11. Dihitung COD sampel dengan rumus berikut:

$$\text{COD (mgO}_2\text{/L)} = \frac{(a-b) \times N \times 8000}{\text{volume sampel}} \times f \times p$$

dimana:

a = mL FAS titrasi blanko

b = mL FAS titrasi sampel

N = normalitas larutan FAS

F = faktor (20 : titran blanko ke dua)

p = pengenceran

Lampiran 4 Tahapan Uji TPC (*Total Plate Count*)

- **Pembuatan Media**

1. Ditimbang NaCl 0,51 gram dalam *beaker glass* pada neraca analitik
2. Ditambahkan akuades hingga 60 ml dalam *beaker glass* 100ml
3. Larutan NaCl diambil sebanyak 9 ml untuk masing-masing tabung (ada 6 tabung reaksi)
4. Dimasukkan ke dalam 6 tabung reaksi kemudian diberi label 10^{-1} hingga 10^{-6}
5. Nutrient agar (NA) ditimbang sebanyak 0,8 gram dalam *beaker glass* 100 ml di neraca analitik kemudian ditambahkan akuades hingga 40 ml lalu dipanaskan
6. Larutan NA yang telah dipanaskan diambil sebanyak masing-masing 10 ml dan dituang ke dalam tabung reaksi
7. 6 tabung reaksi berisi NaCl, 3 tabung reaksi berisi NA, 3 cawan petri, 1 pipet ukur, 1 botol dibungkus dengan kertas coklat dan disumbat dengan kapas lemak
8. Disterilisasi dengan autoclave

- **Metode Tuang**

1. Media NA yang telah disterilisasi diencerkan dengan dipanaskan diatas kompor listrik dan dibiarkan hangat
2. Air sampel diambil dan disimpan dalam botol yang telah disterilisasi, kemudian diambil 1 ml. Air tersebut dituang ke dalam tabung reaksi yang berisi NaCl yang telah disterilisasi dengan label 10^{-1}
3. Larutan di tabung NaCl 10^{-1} diambil 1 ml dan dituang ke dalam tabung reaksi berisi NaCl 10^{-2} yang telah disterilisasi
4. Larutan di tabung NaCl 10^{-2} diambil 1 ml dan dituang ke dalam tabung reaksi berisi NaCl 10^{-3} yang telah disterilisasi
5. Larutan di tabung NaCl 10^{-3} diambil 1 ml dan dituang ke dalam tabung reaksi berisi NaCl 10^{-4} yang telah disterilisasi

6. Larutan di tabung NaCl 10^{-4} diambil 1 ml dan dituang ke dalam tabung reaksi berisi NaCl 10^{-5} yang telah disterilisasi
7. Larutan di tabung NaCl 10^{-5} diambil 1 ml dan dituang ke dalam tabung reaksi berisi NaCl 10^{-6} yang telah disterilisasi
8. Larutan NaCl berlabel 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , diambil sebanyak 0,1 ml untuk masing-masing cawan
9. Dituang dalam 3 cawan petri yang telah diberi label 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}
10. NA cair yang masih hangat dituang ke dalam cawan petri
11. Digoyang-goyangkan hingga rata di permukaan cawan (5x kanan-kiri, 5x depan-belakang), kemudian ditunggu hingga memadat
12. Cawan berisi NA dibalik lalu dibungkus dengan kertas coklat
13. Diinokulasi selama 24 jam dan 72 jam
14. Diamati pertumbuhan yang terbentuk dan dihitung dengan *colony counter*
15. Dihitung jumlah koloni dalam sampel dengan rumus:

$$\text{Koloni per ml} = \frac{\text{jumlah koloni per cawan}}{\text{ml sampel pada cawan}} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}}$$

Lampiran 5 Reaktor untuk Proses Fermentasi

					
Kontrol Lindi 50x	Kontrol Lindi 75x	Kontrol Lindi 100x			
					
A1	A2	A3	B1	B2	B3
					
C1	C2	C3	D1	D2	D3

Keterangan :

Kontrol lindi = Reaktor lindi yang telah diencerkan hingga 50x; 75x; 100x tanpa penambahan bakteri

Reaktor A1 = Reaktor lindi yang telah diencerkan hingga 50x dengan penambahan bakteri *Azospirillum* 0,5 gr

Reaktor A2 = Reaktor lindi yang telah diencerkan hingga 75x dengan penambahan bakteri *Azospirillum* 0,5 gr

Reaktor A3 = Reaktor lindi yang telah diencerkan hingga 100x dengan penambahan bakteri *Azospirillum* 0,5 gr

Reaktor B1 = Reaktor lindi yang telah diencerkan hingga 50x dengan penambahan bakteri *Azospirillum* 1 gr

Reaktor B2 = Reaktor lindi yang telah diencerkan hingga 75x dengan penambahan bakteri *Azospirillum* 1 gr

Reaktor B3 = Reaktor lindi yang telah diencerkan hingga 100x dengan penambahan bakteri *Azospirillum* 1 gr

Lampiran 6 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Selama Fermentasi Reaktor Serbuk

Tabel L. 1 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Serbuk

Reaktor	Pengamatan Hari ke-7	Pengamatan Hari ke-14	Keterangan
A1	30×10^6	120×10^5	Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 50x
A2	32×10^6	81×10^5	Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 75x
A3	32×10^8	30×10^6	Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 100x
B1	33×10^7	35×10^7	Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 50x
B2	151×10^8	31×10^7	Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 75x
B3	31×10^8	30×10^8	Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 100x

Contoh perhitungan jumlah koloni bakteri:

- Jumlah koloni yang teramati di cawan= 32 koloni
 - Pengenceran = 10^{-7}
 - Jumlah koloni bakteri (n)
- $$n = \frac{\text{jumlah koloni teramati}}{\text{volume sampel}} \times \frac{1}{\text{angka pengenceran}}$$
- $$= \frac{32 \text{ koloni}}{0,1 \text{ mL}} \times \frac{1}{10^{-7}} = 32 \times 10^8 \text{ koloni/mL}$$
- Log jumlah koloni bakteri = $\log (32 \times 10^8)$
= 9,5

Lampiran 7 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Selama Fermentasi Reaktor Cair

Tabel L. 2 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Reaktor Cair

Reaktor	Pengamatan Hari ke-7	Pengamatan Hari ke-14	Keterangan
C1	54×10^7	76×10^5	Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 50x
C2	54×10^7	155×10^6	Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 75x
C3	51×10^8	30×10^7	Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 100x
D1	42×10^6	48×10^8	Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 50x
D2	36×10^6	57×10^6	Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 75x
D3	66×10^6	64×10^6	Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 100x

Contoh perhitungan jumlah koloni bakteri:

- Jumlah koloni yang teramati di cawan= 54 koloni
 - Pengenceran = 10^{-6}
 - Jumlah koloni bakteri (n)
- $$n = \frac{\text{jumlah koloni teramati}}{\text{volume sampel}} \times \frac{1}{\text{angka pengenceran}}$$
- $$= \frac{54 \text{ koloni}}{0,1 \text{ mL}} \times \frac{1}{10^{-6}} = 54 \times 10^7 \text{ koloni/mL}$$
- Log jumlah koloni bakteri = $\log (54 \times 10^7)$
= 8,7

Lampiran 8 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Reaktor Kontrol

Tabel L. 3 Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Reaktor Kontrol

Reaktor	Akhir Fermentasi	Keterangan
L1	33×10^4	Lindi pengenceran 50x
L2	37×10^3	Lindi pengenceran 75x
L3	77×10^3	Lindi pengenceran 100x

Contoh perhitungan jumlah koloni bakteri:

- Jumlah koloni yang teramati di cawan= 33 koloni
- Pengenceran = 10^{-3}
- Jumlah koloni bakteri (n)

$$n = \frac{\text{jumlah koloni teramati}}{\text{volume sampel}} \times \frac{1}{\text{angka pengenceran}}$$

$$= \frac{33 \text{ koloni}}{0,1 \text{ mL}} \times \frac{1}{10^{-3}} = 33 \times 10^4 \text{ koloni/mL}$$
- Log jumlah koloni bakteri = $\log (33 \times 10^4)$
 $= 5,5$

Lampiran 9 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Reaktor Serbuk

Tabel L. 4 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Reaktor Serbuk

Reaktor Uji	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-7	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-14	Keterangan
A1			Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 50x
A2			Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 75x
A3			Penambahan bakteri 0,5 gr dan pengenceran 100x

Reaktor Uji	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-7	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-14	Keterangan
B1			Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 50x
B2			Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 75x
B3			Penambahan bakteri 1 gr dan pengenceran 100x

Lampiran 10 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Reaktor Cair

Tabel L. 5 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Reaktor Cair

Reaktor Uji	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-7	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-14	Keterangan
C1			Penambahan bakteri 5cc dan pengenceran 50x
C2			Penambahan bakteri 5cc dan pengenceran 75x
C3			Penambahan bakteri 5cc dan pengenceran 100x
D1			Penambahan bakteri 10cc dan pengenceran 50x

Lanjutan Tabel L.5 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Reaktor Cair

Reaktor Uji	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-7	Hasil Pengamatan TPC Hari ke-14	Keterangan
D2			Penambahan bakteri 5cc dan pengenceran 75x
D3			Penambahan bakteri 10cc dan pengenceran 100x

Lampiran 11 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi

Tabel L. 6 Hasil Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri Fermentasi Lindi

Reaktor Uji	Hasil Pengamatan Akhir Fermentasi		Keterangan
L1			Lindi pengenceran 50x
L2			Lindi pengenceran 75x
L3			Lindi pengenceran 100x

Lampiran 12 Hasil Uji BOD dan COD

Tabel L. 7 Hasil Analisis BOD dan COD Setelah Fermentasi (mg/L)

Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Serbuk					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
BOD*) (mg/L)	12,5	15,625	28,125	25	31,25	34,375
COD*) ($\frac{mg}{L} O^2$)	73,44	73,44	73,44	132,19	132,19	102,81

Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Cair					
	C1	C2	C3	D1	D2	D3
BOD*) (mg/L)	46,875	50	56,25	33,5	40,2	60
COD*) ($\frac{mg}{L} O^2$)	64,51	107,14	71,42	89,29	142,86	71,43

Parameter	Reaktor Kontrol		
	L1	L2	L3
BOD*) (mg/L)	75	10	25
COD*) ($\frac{mg}{L} O^2$)	124,99	133,33	133,33

*) Hasil Perhitungan

Contoh Perhitungan BOD Setelah Fermentasi:

$$\begin{aligned}
 BOD_5^{20} &= \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)]}{p} \\
 &= \frac{[(4,9 - 3,3) - (5 - 4)]}{0,015} = 40 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan COD Setelah Fermentasi:

$$\begin{aligned}
 COD \left(\frac{mg}{L} O^2 \right) &= \frac{(a-b) \times N \times 8000}{vol \text{ sampel}} \times f \times p \\
 &= \frac{(2,31 - 2,4) \times 0,05 \times 8000 \times 1 \times 2,35/2,1}{0,5} \\
 &= 73,44 \frac{mg}{L} O^2
 \end{aligned}$$

Lampiran 13 Hasil Uji Amonium dan Nitrat

Tabel L. 8 Hasil Analisis Amonium dan Nitrat Setelah Fermentasi

Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Serbuk					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Amonium*) mg/L	115,05	82,05	139,8	118	120,225	185,4
Nitrat*) mg/L	8,6	30,75	22	7,3	15,525	19,8
Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Cair					
	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Amonium*) mg/L	190,2	173,4	446,8	362	157,95	116
Nitrat*) mg/L	12,55	12,6	11,9	5,5	21,4	8,9
Parameter	Reaktor Kontrol					
	L1		L2		L3	
Amonium*) mg/L	180,3		213,075		324,6	
Nitrat*) mg/L	145,5		207,375		283,5	

*) Hasil Perhitungan

Contoh Perhitungan Amonium Setelah Fermentasi:

$$\begin{aligned}
 & \text{- Persamaan kurva kalibrasi: } y = 0,3895x - 0,1102 \\
 & \text{Amonium:} \quad y = 0,3895x - 0,1102 \\
 & \quad \quad \quad 0,338 = 0,3895x - 0,1102 \\
 & \quad \quad \quad x = 1,15 \\
 & \text{Nilai amonium} \quad = 1,15 \text{ (nilai} \\
 & \text{pengenceran)} \quad = 1,15 (2) (50) \\
 & \quad \quad \quad = 115,05 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan Nitrat Setelah Fermentasi:

$$\begin{aligned}
 & \text{- Persamaan kurva kalibrasi: } y = 0,4558x + 0,0108 \\
 & \text{Nitrat:} \quad y = 0,4558x + 0,0108 \\
 & \quad \quad \quad 0,05 = 0,4558x + 0,0108 \\
 & \quad \quad \quad x = 0,086 \\
 & \text{Nilai amonium} \quad = 0,086 \text{ (nilai} \\
 & \text{pengenceran)} \quad = 0,086 (2)(50) \\
 & \quad \quad \quad = 8,6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Lampiran 14 Hasil Analisis Suhu dan pH Hasil Fermentasi

Tabel L. 9 Hasil Analisis Suhu dan pH Setelah Fermentasi

Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Serbuk					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Suhu (°C)	31	31,5	31	31	31	31
pH	12,2	11,79	11,24	12,02	11,98	11,49
Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Cair					
	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Suhu (°C)	31	31,5	31	32	32	31
pH	6,97	6,98	7,08	7,52	6,72	6,74
Parameter	Reaktor Kontrol					
	L1		L2		L3	
Suhu (°C)	31		31		31,5	
pH	7,99		7,42		7,41	

Tabel L. 10 Hasil Analisis pH Sebelum Pemberian ke Tanaman Uji

Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Serbuk					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Suhu (°C)	31	31,5	31	31	31	31
pH	8,69	8,06	7,85	9,11	8,92	8,74
Parameter	Reaktor Fermentasi Bakteri <i>Azospirillum</i> Cair					
	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Suhu (°C)	31	31,5	31	32	32	31
pH	6,97	6,98	7,08	7,52	6,72	6,74
Parameter	Reaktor Kontrol					
	L1		L2		L3	
Suhu (°C)	31		31		31,5	
pH	7,99		7,42		7,41	

Lampiran 15 Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Uji

1. Pertambahan Tinggi Tanaman

Tabel L. 11 Hasil Pengamatan Pertambahan Tinggi Tanaman Cabai Hingga Hari Ke-30

Reaktor	Pertumbuhan Hari ke- (dalam cm)											Selisih Kenaikan (cm)	Rata - rata kenaikan (tiap jenis reaktor) (cm)	
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
A1	3.7	3.7	3.7	4.5	5	5.5	6	7.2	7.7	8	8.3	4.6	4.2	4.62
A2	4.1	4.2	4.3	4.6	5.3	6.5	7	8.3	9	9.5	9.5	5.4		
A3	4.9	5	5	5.8	6.3	6.7	7	7.3	7.5	7.5	7.5	2.6		
B1	4.5	4.5	4.5	5.3	5.8	6.3	7	7	7.7	8	8	3.5	5.0	
B2	4.4	4.5	4.5	4.5	4.7	5.5	6	7	8.5	9.5	10	5.6		
B3	4	4	4	4.6	5.5	6	6.6	7	8.5	9	10	6		
C1	3.5	3.5	3.7	4.5	4.5	5.1	5.5	6.5	7.2	7.5	7.5	4	3	4.33
C2	4	4	5	5	5.2	5.2	5.2	5.2	5.5	6	6	2		
C3	4	4	4	5	5.5	5.7	5.7	6	7	7	7	3		
D1	7	7	7	8.1	8.6	10.5	10.6	10.7	11	11.2	12	5	5.6	

Reaktor	Pertumbuhan Hari ke- (dalam cm)											Selisih Kenaikan (cm)	Rata - rata kenaikan (tiap jenis reaktor) (cm)	
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
D2	4	4	4.2	5.3	6.5	6.8	7.2	9.5	10.2	10.5	10.5	6.5		
D3	3.5	3.5	3.5	4.2	4.9	5.5	5.5	6.5	7	8.2	9	5.5		
L1	3.3	3.3	3.3	3.8	4.3	4.6	4.6	4.6	4.7	5	5	1.7	2	2.00
L2	4.4	4.5	4.5	5	5.3	6	6	6.5	6.6	7.1	7.2	2.8		
L3	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	5.3	5.5	5.8	6	6	1.5		
K	3	3	3	5	7.2	10.4	12	15.5	17	19	20	17		

Tabel L.12 Hasil Pengamatan Pertambahan Tinggi Tanaman Terong Hingga Hari Ke-30

Reaktor	Pertumbuhan Hari ke- (dalam cm)											Selisih Kenaikan (cm)	Rata - rata kenaikan (tiap jenis reaktor) (cm)	
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
A1	8.5	9	10	12	15.5	16	16.5	17.5	18.4	20	20.5	12	9.2	7.6
A2	8	8	8.5	10.3	11	12.5	13	14	14.5	16.3	16.8	8.8		
A3	5.3	5.3	6	7	8.5	10.5	10.5	10.8	11.5	12	12.2	6.9		

Reaktor	Pertumbuhan Hari ke- (dalam cm)											Selisih Kenaikan (cm)	Rata - rata kenaikan (tiap jenis reaktor) (cm)	
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
B1	7	7	7	8	9	10.3	11.3	12	13	13	13.3	6.3	6.0	
B2	6	6.3	6.5	7.2	8	9.5	9.7	10	10.2	11.5	12	6		
B3	7	7	7.5	8.5	9	10	10.2	10.5	11.3	12.5	12.7	5.7		
C1	6	6	6	7	8.3	9.5	10	10.5	11.3	12.5	13	7	6.7	6.2
C2	6.5	6.6	6.6	7	8	10.5	10.5	10.5	12	12.8	13.2	6.7		
C3	5.5	6.2	6.3	7.5	8.5	10.2	10.5	11	11.5	11.8	12	6.5		
D1	6.5	7	7	9	9.5	10.8	11	11	11.3	12	12.5	6	5.7	
D2	5.5	6	6.2	7	7.8	8.5	8.5	8.5	9	10.5	11.2	5.7		
D3	5.2	5.3	5.3	5.5	6	7	7.8	9	9.8	10	10.5	5.3		
L1	7	7.6	8	8.5	10	11.2	12.2	13	13	13	13.2	6.2	5.9	5.9
L2	8.5	9	9	9.2	10.4	12	13.2	14	14	14.2	14.5	6		
L3	6	6.2	6.3	6.4	7	8	8.4	9	10	11	11.5	5.5		
K	6.8	7	7	7.2	7.8	8.5	8.7	9	9.5	11	11.3	4.5		

2. Pertambahan Jumlah Daun

Tabel L.13 Hasil Pengamatan Pertambahan Jumlah Daun Cabai Hingga Hari Ke-30

Reaktor	Pertumbuhan Hari ke- (dalam helai)											Selisih Kenaikan (helai)	Rata - rata kenaikan (tiap jenis reaktor) (helai)
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		
A1	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	5	2	1
A2	4	4	4	4	5	5	6	5	5	6	4	0	
A3	4	4	4	4	5	5	6	5	5	3	0	-4	
B1	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5	1	1.0
B2	5	5	5	5	6	5	5	4	5	5	4	-1	
B3	4	4	4	4	5	5	5	2	3	4	5	1	
C1	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	3	-2	1
C2	3	3	4	4	4	5	5	4	4	4	5	2	
C3	4	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	0	
D1	3	3	4	5	5	5	4	4	4	4	4	1	1
D2	4	5	5	5	5	6	6	6	6	4	5	0	
D3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	5	6	2	

Reaktor	Pertumbuhan Hari ke- (dalam helai)											Selisih Kenaikan (helai)	Rata - rata kenaikan (tiap jenis reaktor) (helai)	
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
L1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1.0
L2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	1		
L3	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	1		
K	3	3	5	6	6	8	8	8	8	8	9	6		

Tabel L.13 Hasil Pengamatan Pertambahan Jumlah Daun Terong Hingga Hari Ke-30

Reaktor	Pertumbuhan Hari ke- (dalam helai)											Selisih Kenaikan (helai)	Rata - rata kenaikan (tiap jenis reaktor) (helai)	
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
A1	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	2	1	0.8
A2	4	4	4	5	5	6	5	4	4	5	5	1		
A3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0		
B1	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	1	0.7	

Lampiran 16 Foto Tanaman Uji



Gambar L.1 Tanaman Cabai



Gambar L.2 Tanaman Cabai yang Terkena Hama Penyakit



Gambar L.3 Tanaman Terong

Lampiran 17 Hasil Uji Koloni Bakteri *Azospirillum*

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
LABORATORIUM
PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
SURABAYA – JAWA TIMUR

REPORT
 Certificate of Analysis

Code: 06662/KI/V-2017
 Sample Sender: Peneliti
 Sample Name: Mm. TL ITS Surabaya
 Test: Lindi
 Sample Brand: Bakteri *Azospirillum*
 Sample Identity: Cairan keoksidan
 Sample Accepted: 17 Mei 2017

Chemical laboratory test result is:

Kode	Bakteri <i>Azospirillum</i> /g	Kode	Bakteri <i>Azospirillum</i> /g
A1	$1,2 \cdot 10^6$	D1	$1,4 \cdot 10^5$
2	$8,1 \cdot 10^5$	2	$1,1 \cdot 10^6$
3	$5,8 \cdot 10^5$	3	$6,4 \cdot 10^5$
B1	$2,0 \cdot 10^6$	E1	$4,0 \cdot 10^2$
2	$1,7 \cdot 10^6$	2	$3,4 \cdot 10^2$
3	$1,5 \cdot 10^6$	3	$2,1 \cdot 10^2$
D1	$7,6 \cdot 10^5$	F	$9,6 \cdot 10^5$
2	$5,2 \cdot 10^5$		
3	$3,1 \cdot 10^5$		


 Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 34
 Telp 08155551317, Bank BCA – Bank Jatim
 Surabaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Dania Dwi Dimiati lahir di Malang pada tanggal 4 April 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001 – 2007 di SDN Lesanpuro 4 Malang. Kemudian dilanjutkan di SMPN 5 Malang pada tahun 2007 – 2010. Adapun pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 5 Malang pada tahun 2010 – 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada Tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3313 100 011.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL dan aktif sebagai asisten praktikum Remediasi Badan Air dan Pesisir (RBAP) dan Mikrobiologi Lingkungan. Dalam bidang organisasi kemahasiswaan, penulis terdaftar sebagai pengurus aktif Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS, Surabaya. Penulis menjabat sebagai staf bidang komunikasi dan informasi departemen Hubungan Luar (Hublu) periode kepengurusan 2014 – 2015 dan kepala bidang *Creative News* di departemen Komunikasi dan Informasi (Kominfo) periode kepengurusan 2015 – 2016. Serta aktif di BEM FTSP sebagai staf departemen Dalam Negeri pada periode kepengurusan 2014 – 2015. Pengalaman kerja lapangan yang pernah dijalani penulis adalah melakukan Kerja Praktik (KP) di PT.Pembangkit Jawa-Bali (PJB) UP.Paiton, Probolinggo di divisi Lingkungan pada tahun 2016. Berbagai pelatihan serta seminar di bidang teknik lingkungan juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri, salah satunya pelatihan ISO 14001:2015. Penulis dapat dihubungi via email daniadimiati@gmail.com.